

Раздел 4. Экологическая безопасность

УДК: 556.18: 626/62 DOI: 10.37279/2413-1873-2021-21-147-160

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗРАБОТКИ КОМПЛЕКСА МЕР ПО РЕШЕНИЮ ПРОБЛЕМ ДЕФИЦИТА ВОДЫ В КРЫМУ

Николенко И.В., Копачевский А.М.

Академия строительства и архитектуры, ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского»
295493, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 181
e-mail: nikoshi@mail.ru

Аннотация. Представлены глобальные факторы возникновения проблем дефицита водных ресурсов, а также основные направления действий для их решения. Описана схема процесса образования и усиления водного дефицита при реализации экстенсивных методов водопользования. Рассмотрены проблемы возникновения дефицита водных ресурсов на Крымском полуострове. Выполнен анализ режимов водопотребления г. Симферополя. Показаны особенности и эффективность применения интенсивных методов водопользования в процессах снижения и устранения водного дефицита в различных странах. Представлены основные направления решения проблем водного дефицита Крыма с применением интенсивных методов водопользования

Предмет исследования: современные тенденции решения проблем дефицита воды, сравнение экстенсивных и интенсивных способов водопользования, анализ проблем возникновения дефицита водных ресурсов на Крымском полуострове, концептуальная модель внедрения интенсивных методов водопользования.

Материалы и методы исследования: Факторы возникновения проблем дефицита водных ресурсов и способы их решения на основе анализа международных директивных документов, а также Водная стратегия Российской Федерации. Оценка показателей многолетних изменений годовых притоков в водохранилища естественного стока, которые являются источниками водоснабжения г. Симферополя, а также годовых расходов на коммунально-бытовое водоснабжение города. Создание схем процессов снижения и устранения водного дефицита интенсивными методами, а также совмещения экстенсивных и интенсивных методов решения проблем дефицита водных ресурсов.

Ключевые слова: водные ресурсы, дефицит, водохранилище, экстенсивные и интенсивные методы, водосбережение, водоэффективность.

ВВЕДЕНИЕ

Крымский полуостров в 2020 году столкнулся с серьезной проблемой нехватки пресной, в том числе и питьевой воды. Часть населенных пунктов были переведены на график подачи воды включая города Симферополь, Ялту, Алушту, а также более 20 малых населенных пунктов. В крупных вододефицитных городах также была прекращена централизованная подача горячей воды. Кроме перекрытия Северо-Крымского канала в 2014 году, к объективным факторам возникновения дефицита водных ресурсов на полуострове относят циклические изменения климатических условий по атмосферным осадкам, глобальные изменения климата, испарения с открытых поверхностей водных объектов, нерациональное использование водных ресурсов, в том числе применение водоемких технологий в сельскохозяйственном производстве, а также отсутствие комплексных мероприятий по водосбережению и водоэффективности. Кроме этого, большое влияние оказывает техническое состояние сооружений, оборудования, сетей систем водоснабжения и водоотведения, поддержание, которого долгие годы недостаточно финансировалось, а также длительный период реализации проектных решений, который обусловлен процедурами в

соответствии с действующей законодательной базой.

Существуют и субъективные факторы возникновения дефицита водных ресурсов в Крыму. Среди них – отсутствие системы управления общественными, экономико-хозяйственными и социальными взаимоотношениями на основе трехуровневого водного баланса для полуострова Крым, с учетом всех источников водных ресурсов и их потребителей, для позитивных, негативных и наиболее вероятных прогнозируемых условий. Огромные потери водных ресурсов в водообильные годы, путем сброса в море пресной воды поверхностного стока, сброс сточных вод без их повторного использования для сельскохозяйственных и технических целей, потери в системах водоснабжения, связанные с конструктивными, технологическими и эксплуатационными причинами, отсутствие разработок долгосрочных и сверхдолгосрочных стратегий внедрения многократного и(или) последовательного использования (рециклинга) воды для сельскохозяйственных, промышленных и рекреационных предприятий. Негативно влияет на ситуацию отсутствие финансирования научно-исследовательских, поисковых и опытно-конструкторских работ по решению региональных проблем дефицита водных ресурсов. Немаловажный фактор не только для сегодняшнего дня, но для будущего развития водохозяйственного

комплекса Крыма - отсутствие специалистов и их подготовки по решению на современном уровне проблем водodefицита - гидроинформатике и акватронике.

Дефицит водных ресурсов является глобальной мировой проблемой. В большинстве исследований по проблемам водопользования констатируется, что в настоящее время не менее 40% населения мира живет в районах, испытывающих среднюю или острую нехватку воды. [1, 2]. В поисках лучшего уровня жизни и экономической выгоды современное общество продолжает рассматривать воду только как ресурс, который свободно падает с неба, изобильный, неисчерпаемый и невосприимчивый к вредным антропогенным воздействиям [3]. Если нынешние тенденции водопользования сохранятся, то к 2025 году запасы воды на душу населения во всем мире сократятся более чем на треть. На Всемирных форумах по водным ресурсам было определено 10 важнейших мировых факторов возникновения дефицита водных ресурсов [4].

Если двадцатый век был веком плотин, скважин, дефицита водных ресурсов, их истощения, то двадцать первый век должен быть веком водной этики с пополнения запасов пресной воды, то есть временем, когда мир применяет свою изобретательность, чтобы жить в равновесии с природой [5]. С практической точки зрения такая водная этика является частью кодекса устойчивого развития, который предполагает совершенно новый подход к прогрессу в водохозяйственном комплексе, который гармонизирует экономические цели с экологическими критериями.

Несмотря на то, что вода является только частью глобальной системы природопользования, но в ней основное влияние имеют локальные системы управления, то есть то как водные ресурсы используются и управляются на местном и региональном уровнях [2, 3]. Поэтому в данной работе рассмотрены основные проблемы и направления разработки комплекса мер по решению проблем дефицита водных ресурсов в Крыму.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ И ПРОБЛЕМЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

На Всемирных форумах по водным ресурсам определены важнейшие глобальные факторы возникновения их дефицита. Основными являются нерациональное и неправильное использование пресной воды, что приводит к ненужному и к чрезмерному использованию в областях, где ее не требуется так много. Загрязнение пресной воды из-за плохой санитарии и отсутствия очистных сооружений. Чрезмерное использование грунтовых вод в сельскохозяйственных отраслях, для которых в мире уходит до 70% пресной воды, тоже приводит к дефициту воды. На возникновение дефицита воды во многих регионах влияет изменение климата – меняются естественные условия испарения воды и места выпадения

осадков. Указан и такой фактор, как коррупция, то есть злоупотребление полномочиями должностных лиц, от которых зависит принятие необходимых решений в водной отрасли вопреки законным интересам общества и государства. Отрицательно на ситуацию с водой влияет отсутствие учреждений, которые способны принимать своевременные технологические решения по вопросам очистки и рационального использования воды, а также отсутствие финансовых средств и специалистов для постройки инфраструктуры, необходимой для эффективного обращения с водными ресурсами. Способствуют дефициту воды и несоответствие ее цены эффективности водопользования, качеству и реальным затратам. В результате нерациональное и неправильное использование пресной воды приводит к ее ненужному и к чрезмерному использованию.

Второй Всемирный форум по водным ресурсам в 2002 г. сформулировал семь основных направлений действий для решения проблем по дефициту пресной воды. Это - удовлетворение базовых потребностей людей в безопасной питьевой воде и в благоприятных санитарно-гигиенических условиях; обеспечение продовольственной безопасности путем эффективного использования водных ресурсов; защита экосистем и обеспечение их целостности путем устойчивого управления водными ресурсами; совместное использование различными хозяйствующими субъектами; защита от опасностей, связанных с водой, путем управления рисками; управление водными ресурсами на основе определения ценности воды в экономическом, социальном, экологическом, культурном аспектах, а также установление допустимой цены на воду для незащищенных слоев населения и рациональное управление водными ресурсами при общественном контроле и соблюдении интересов всех слоев населения.

На Третьем Всемирном форуме по водным ресурсам (2003 г.) эти направления были дополнены еще четырьмя: развитие более экологически безопасных аграрных и промышленных технологий; учет ключевой роли воды в выработке энергии для обеспечения растущих потребностей в ней; значение воды для урбанизирующего мира и, что немаловажно, обеспечение для всех доступности информации о водных ресурсах и водопользовании.

На ежегодном Всемирном экономическом форуме в Давосе (Швейцария) в 2016 году для человечества было выделено 5 глобальных рисков в 21-ом веке [5, 6]:

- неспособность смягчить последствий изменения климата;
- неспособность приспособиться к изменению климата, экстремальным погодным явлениям;
- неспособность приспособиться к продовольственным кризисам;
- неспособность приспособиться к глубокой социальной нестабильности;

- водный кризис.

Главным глобальным риском для всего мирового сообщества в течение следующих десятилетий выделяется водный кризис.

Не менее важным является вывод ведущих ученых в области водных ресурсов, которые еще в 2008 году в журнале «*Science*» доказали, что в 21-ом веке изменилась «стационарность», как основополагающая концепция, согласно которой гидрологические системы изменяются и колеблются в пределах известного набора границ на основе многолетних наблюдений [7]. Поэтому события прошлого перестают быть надежным проводником в будущее для его прогнозирования. С другой стороны, следует предположить, что изменилась не «стационарность» гидрологических процессов, а выявилось увеличение изменчивости в связи с увеличением периода наблюдений и влияние дополнительных факторов, которые ранее не наблюдались или не учитывались.

Перспектива глобального потепления, вызванного накоплением в атмосфере углекислого газа и других поглощающих тепло газов, вводит в глобальную водную систему новые неуправляемые факторы. Подобно одностороннему фильтру, парниковые газы позволяют солнечной энергии проходить через атмосферу, но они задерживают длинноволновое излучение Земли. В результате, следует ожидать, что температура Земли будет повышаться, что, в свою очередь, изменит весь гидрологический цикл, то есть изменит известные фундаментальные константы переноса воды между водными объектами, воздухом и землей, которые положены в основу долгосрочных прогнозов. При нагревании воздуха происходит его расширение и удерживается больше влаги. Это, в свою очередь, увеличивает испарение и осадки, что, как правило, делает жаркие сухие районы более сухими, а прохладные влажные - более влажными. Более теплая атмосфера, которая удерживает больше влаги, может привести к более сильным дождям, при скачке температуры или давления. Это увеличивает вероятность появления экстремальных погодных явлений: катастрофических наводнений и засух. Согласно исследованию ООН, между 2005 и 2014 годами на Земле в среднем происходило 335 стихийных бедствий, связанных с погодой, что почти вдвое превышает уровень, зафиксированный в прошлом веке с 1985 по 1995 год [8].

Основным способом обеспечения растущих потребностей, связанных с увеличением численности населения, улучшением их условий жизни и питания, ростом промышленного производства и энергетики многие годы были экстенсивные способы решения дефицита водных ресурсов. То есть рост потребности в водных ресурсах обеспечивается увеличением объемов забора свежей воды из доступных водных объектов, без учета или без соответствующей оценки

воздействия на системно взаимосвязанные факторы, влияющие на водообильность природных источников воды [2]. Экстенсивный способ водопользования не только инициирует образование контура положительной обратной связи дефицита водных ресурсов, но и закрепляет его - вырваться из порочного круга становится все труднее, в том числе с учетом глобальных изменений природно-климатических факторов и повышения антропогенной нагрузки. В результате, системно экологические взаимосвязанные факторы подвергаются косвенному негативному влиянию и своим изменением уменьшают водообильность имеющихся источников воды [4].

Схема процесса образования и усиления водного дефицита показана на рис. 1. Из анализа приведенной схемы следует, что дефицит пресной воды может нарастать, если процесс экологической деградации, вызванной экстенсивными способами решения проблем этого дефицита не будет остановлен. Экстенсивные методы организации и планирования работы водного хозяйства по целому ряду признаков соответствует уровню развития, характерном для прошлого века, что в результате приводит к невысокой эффективности водопользования, низкому качеству обеспечения населения питьевой водой во многих водохозяйственных системах потребителей различных видов, а также к неудовлетворительному состоянию наиболее значимых эксплуатируемых природных водных объектов. Внедрение экстенсивных методов водопользования как правило проходит без учета вредных побочных эффектов как в настоящем, так и в будущем. Новые экстенсивные проектные решения для удовлетворения растущего спроса, где бы он ни возникал, могут создавать условия истощения водных ресурсов, ухудшения качества воды, увеличение нагрузки на водные объекты. Если истощаются запасы подземных и поверхностных вод для удовлетворения сегодняшних потребностей и желаний, то должны оцениваться риски и последствия для будущих поколений. Отсюда следует вывод: необходимым условием преодоления проблем водного дефицита является создание и внедрение новых методов и подходов решения.

Эффективным способом выхода из замкнутого круга экстенсивных методов является повышение эффективности водопользования и водосбережение, которые в современном глобальном мире должны стать основными вариантами решения проблем дефицита воды. Как пишет С. Постел в "*Последнем оазисе*", с помощью современных технологий и методов, которые применяются и доступны сегодня, сельское хозяйство может сократить свои потребности в воде на 10...50%, промышленность - на 40...90%, а города - до 30% без ущерба для экономики и качества жизни [3].



Рис. 1. Процесс формирования и усиления водного дефицита при реализации экстенсивных методов водопользования
Fig. 1. The process of formation and strengthening of water deficit in the implementation of extensive methods of water use

В вопросах рационального использования водных ресурсов в РФ была разработана Водная стратегии Российской Федерации на период до 2020 года, а также Федеральная целевая программа «Развитие водохозяйственного комплекса Российской Федерации в 2012-2020 годах» [9, 10]. Несмотря на то, что Российская Федерация принадлежит к числу государств, наиболее обеспеченных водными ресурсами (10% мирового речного стока), в этих документах указаны основные проблемы, которые существенно влияют на эффективность водопользования. Обеспеченность водными ресурсами составляет 30,2 тыс. куб. м на человека в год в целом по стране, что значительно превышает установленный ООН критический минимум, необходимый для удовлетворения потребностей, - 1,7 тыс. куб. метров. Территория Российской Федерации характеризуется значительной неравномерностью распределения водных ресурсов их основных промышленных и сельскохозяйственных потребителей, а также неравномерностью плотности населения, что создает риски возникновения локальных водных дефицитов в некоторых регионах. Водоёмкость валового внутреннего продукта Российской Федерации составляет около 2,6 м³/тыс. рублей, что, значительно превышает аналогичные показатели большинства стран с развитой экономикой.

Главные положения российской Водной стратегии направлены на обеспечение комплексных

решений проблем, основными из которых являются: нерациональное использование водных ресурсов; наличие в отдельных регионах Российской Федерации дефицита водных ресурсов; несоответствие качества питьевой воды, потребляемой значительной частью населения, гигиеническим нормативам, а также ограниченный уровень доступа населения к централизованным системам водоснабжения. Основными факторами, оказывающими негативное влияние на уровень рациональности использования водных ресурсов, являются применение устаревших водоемких технологий, недостаточная степень оснащённости водозаборных сооружений системами приборного учета, а также высокий уровень потерь воды при транспортировке и распределении. Согласно анализа водопользования в Российской Федерации было показано, что более 72% сточных вод, подлежащих очистке, сбрасываются недостаточно очищенными, почти 17% - загрязненными без очистки, и только 11% - очищенными до установленных нормативов [9].

Дефицит водных ресурсов в отдельных регионах Российской Федерации проявляется в основном в маловодные периоды. Возникновение дефицита обусловлено следующими причинами: неравномерность распределения водных ресурсов по территории Российской Федерации; ограниченность регулирующих возможностей водохранилищ для удовлетворения ресурсной потребности всех видов потребителей;

недостаточная комплексность использования водных ресурсов на отдельных водохозяйственных участках [10].

Указанные проблемы явились основными при возникновении дефицита водных ресурсов в 2020 г. на Крымском полуострове. Наиболее сложная ситуация сложилась с водоснабжением г. Симферополя, которое с сентября 2020 года было переведено по графикам на режимную подачу. На рис. 2 представлены зависимости притоков в водохранилища естественного стока, которые являются источниками водоснабжения г. Симферополя за 1986-2020 год. Система хозяйственно-питьевого водоснабжения г. Симферополя обеспечивается водой из трех водохранилищ естественного стока, суммарным

полным объемом 74,3 млн. м³, в том числе: Симферопольского, с проектным полным объемом – 36 млн. м³, Партизанского – 34,4 млн.м³ и Аянского – 3,9 млн м³. Фактический суммарный объем водохранилищ, обеспечивающих водоснабжение г. Симферополя, и который можно использовать по их регламентам составляет **66,5 млн.м³**. Фактический объем водохранилищ отличается от полного на величину мертвого объема, который для каждого водохранилища коммунально-бытового водоснабжения устанавливаются по санитарно-технические требованиям и условиям обеспечения необходимого качества воды. Фактические объемы водохранилищ реально еще уменьшаются по причине испарения и фильтрации воды.

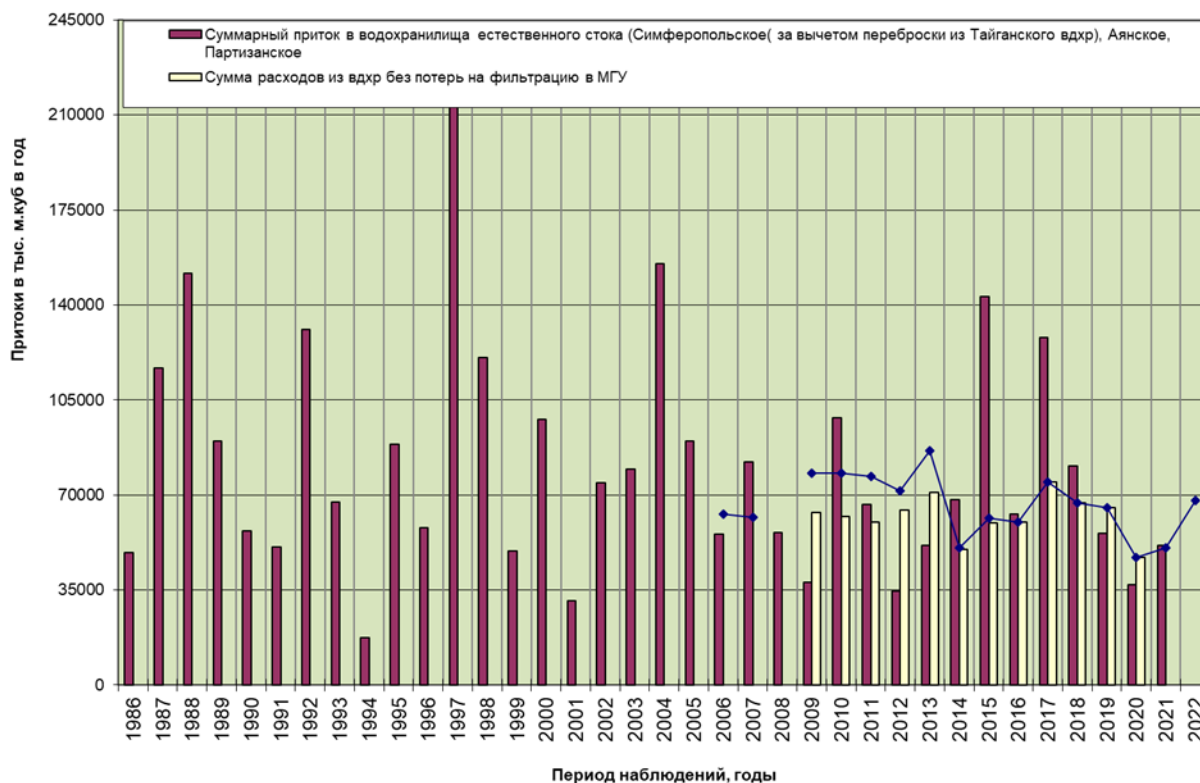


Рис. 2. Годовые притоки в водохранилища естественного стока, которые являются источниками водоснабжения г. Симферополя за период 1986 – 2020 г.

Fig. 2. Annual inflows into natural runoff reservoirs, which are sources of water supply for Simferopol for the period 1986 - 2020.

Источниками наполнения указанных водохранилищ является реки Салгир и Альма с притоками, а также река Аян. Бассейны этих рек расположены на части северных склонов Крымских гор. Весной данные реки, как правило, полноводны и дают существенный приток воды, а летом в жару они мелеют. За рассмотренный период значительно отличаются абсолютные экстремальные максимальные и минимальные значения суммарных годовых притоков в водохранилища естественного стока, которые являются источниками водоснабжения г. Симферополя. За рассмотренный период минимальные притоки были в 1994 году – 17,4 млн. м³, а максимальные в 1997 году – 215,2 млн. м³. Поэтому ежегодная степень заполнения водохранилищ существенно зависит от

количества суммарных осадков, времени года, а также температурных режимов. Если рассматривать годовой расход на коммунально-бытовое водоснабжение г. Симферополя (светлые диаграммы) то за 12 последних лет (2009-2020 годы) средний расход получен на уровне 62 млн. м³. Анализ годовых притоков (темные диаграммы) за рассмотренные 34 года показал, что за этот период годовые притоки в водохранилища 17 раз были больше значения среднего расхода, и соответственно 17 раз меньше. Небольшая разница между средним годовым расходом водохранилищ на коммунально-бытового водоснабжение г. Симферополя (62 млн. м³) и фактическим суммарным объемом водохранилищ, обеспечивающих водоснабжение города

(66,5 млн. м³) без учета испарения и фильтрации) обуславливают высокую зависимость от циклических изменений климатических условий по атмосферным осадкам и температурам и вызывают высокие риски дефицита воды.

Годовой расход воды из водохранилищ естественного стока г. Симферополя за 12 рассмотренных лет различается: максимальное значение в 2017 году составило 74,7 млн. м³, а минимальный в 2020 – 46,8 млн. м³. Можно отметить, что наиболее высокие риски дефицита воды в г. Симферополе возникают при двух и более маловодных годах подряд, когда суммарные притоки в водохранилища меньше среднего годового расхода водохранилищ на коммунально-бытового водоснабжение, как это было в 2008 – 2009 и 2012 – 2013 годах. При этом в течении пяти многоводных и средневодных лет по осадкам (2014 - 2018) накопленные запасы воды в водохранилищах и их притоки обеспечивали коммунально-бытового водоснабжение г. Симферополя в полном объеме.

Линией над диаграммами показаны значения годовых расходов на водоснабжение г. Симферополя с учетом суммы расходов из водохранилищ и дополнительной подачи воды из Межгорного гидроузла (МГУ), который наполнялся водами Северо-Крымского канала. В результате средняя дополнительная подача воды из МГУ за пять рассмотренных лет (2009-2013), в течении которых было три маловодных составила 13,8 млн. м³.

В настоящее время в целях обеспечения устойчивого водоснабжения Республики Крым и г. Севастополя реализуются мероприятия комплексного плана, утвержденного распоряжением Правительства РФ № 2668 от 16.10.2020 г. Выполнение мероприятий этого комплексного плана, обеспечивает важные оперативные решения по преодолению проблем водного дефицита Республики Крым и г. Севастополя. Реализация всех мероприятий комплексного плана обеспечит увеличение годовых объемов водоснабжения на 100 млн. м³, что составляет до 50% от максимального дефицита водных ресурсов в маловодные годы. Следует отметить, что мероприятия, обеспечивающие 85% увеличения годовых объемов водоснабжения основаны на экстенсивных методах водопользования, за счет строительства новых подземных и поверхностных водозаборов, применения опреснения морской воды, что в результате решает текущие проблемы устойчивого водоснабжения Республики Крым и г. Севастополя, но в будущем может способствовать процессам формирования и усиления водного дефицита.

ИНТЕНСИВНЫЕ МЕТОДЫ РЕШЕНИЙ ПРОБЛЕМ ДЕФИЦИТА ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

Разработка ресурсосберегающих технологий - важнейшее современное направление научно-технического развития. Охрана и рациональное использование водных ресурсов - обязанность, которую необходимо исполнять не только ради будущих, но и нынешнего поколения. Сокращение объемов потребления водных ресурсов, являются основой интенсивных способов водопользования, которые обеспечиваются современными технологиями по водосбережению у основных групп потребителей, что позволяет более рационально использовать водные ресурсы. Как показывает практика многих стран с дефицитом воды, в большинстве случаев интенсивные методы оказываются экономически в несколько раз более выгодным, чем строительство новых инфраструктур по увеличению объемов потребления и обеспечивают дополнительные источники воды, как показано на рис. 3. Сокращение объемов потребления воды, за счет более эффективное использование различными потребителями, уменьшает водопотребление, что фактически создает новый источник водоснабжения. Уменьшение водопотребления приводит к снижению антропогенной нагрузки на водные объекты, что создает условия к сохранению водных ресурсов и к улучшению качества воды. В результате увеличиваются объемы доступных водных ресурсов, что снижает риски от возникновения условий водных дефицитов. Не менее актуальным интенсивным методом водопользования является обеспечение доступа к потреблению дополнительных неиспользуемых водных ресурсов за счет увеличения объемов сбора ливневых, сбросовых, и талых вод, очистки сточных вод.

К интенсивным методам водопользования для повышения его эффективности также является оценка распределения водных ресурсов между потребителями на основе анализа экономической, социальной и экологической эффективности их потребления для экономики регионов. Исходным моментом разработки интенсивных методов является анализ структуры распределения водопотребления по его основным потребителям. В мире основной объем потребления водных ресурсов приходится на сельское хозяйство, что составляет не менее 60% от общего объема используемых водных ресурсов, на промышленность приходится не менее 20%, а остальное жилищно-коммунальное хозяйство и другие сферы потребления. В зависимости от уровня развития, природно-климатических условий стран эти соотношения изменяются. Для слаборазвитых в основном аграрных стран на долю сельского хозяйства может приходиться до 80...90% потребления водных ресурсов, для стран Европы и Северной Америки доля промышленного потребления водных ресурсов

может достигать 60...80% . Поэтому разработка стратегий по внедрению интенсивных методов водопользования во многом должна определяться его структурой [8].



Рис. 3. Процесс снижения и устранения водного дефицита интенсивными методами

Fig. 3. The process of reducing and eliminating water deficit by intensive methods

Водосбережение, которое возможно в сельском хозяйстве, представляет собой большой и в основном неиспользуемый новый источник водоснабжения. Сокращение во всем мире потребностей в ирригации только на 10% позволяет получить дополнительные объемы воды, чтобы удвоить водопотребление жилищно-коммунального хозяйства (ЖКХ) [11]. Стимулирование более широкого внедрения водосберегающих методов и технологий с проведением правовых, социальных и экономических (институциональных) изменений, необходимых для более эффективного управления, приведет к сокращению дефицита и уменьшит экологический ущерб водным ресурсам, а также поможет сельскохозяйственным производителям получить больше пользы от имеющихся водных ресурсов.

Новые технологии позволяют решать многие проблемы водопользования сельского хозяйства в условиях дефицита водных ресурсов, в том числе снимают некоторые из возникающих в настоящее время ограничений. Селекция и отбор сортов сельскохозяйственных культур, более солеустойчивых, засухоустойчивых и водосберегающих, помогут увеличить производство сельскохозяйственных культур по мере сокращения запасов пресной воды для сельского хозяйства. Проведение научно-исследовательской работ позволяют установить, как лучше приспособить урожай к различным качествам воды. В сельском хозяйстве Израиля многие овощные, зерновые и технические культуры поливают водой более чем в

два раза более соленой, чем рекомендовано для питья [12].

Эффективность орошения во всем мире оценивается менее чем в 40%, поэтому большая часть воды, которая используется для аграрного сектора экономики, может даже не приносит пользы сельскохозяйственным культурам. Поэтому наибольший выигрыш в обозримом будущем принесет более эффективное орошение сельскохозяйственных культур, что может высвободить ресурсы для расширения орошаемых земель, избегая при этом высоких затрат и ущерба окружающей среде, связанных с новыми проектами освоения водных ресурсов. Кроме того, более эффективное управление водными ресурсами может увеличить производство на существующих орошаемых землях. В большинстве случаев существуют средства, позволяющие производителям сельхозпродукции экономично сократить потребление воды на 10...50%. Самые большие технологические успехи в повышении эффективности орошения произошли в тех странах, где нехватка воды представляет серьезную угрозу для всего сельского хозяйства. Особых успехов в развитии технологии орошения в последние десятилетия достигнуты в Израиле – наполовину пустынной стране, в которой разработаны технологии, методы и научные возможности в области ирригации, являющиеся неоценимыми для большей части мира в эпоху водных дефицитов. Опыт показывает, что при более эффективном управлении водными ресурсами урожайность часто увеличивается, эрозия уменьшается, а плодородные пахотные земли менее подвержены засолению или истощению питательных веществ. Поэтому инвестиции в эффективность орошения, как правило, являются инвестициями в продуктивность сельскохозяйственных культур и почв[5].

Почвы мира содержат примерно в восемь раз больше воды, чем все реки вместе взятые. Этот почвенный резервуар является основным источником воды для лесов, пастбищ и пахотных земель; количество воды, содержащееся в почве, существенно влияет на продовольственную безопасность в ближайшие десятилетия. Способность почвы удерживать воду является сложной функцией ее структуры и состава. Роль органического вещества, и в частности органического углерода, может значительно варьироваться в зависимости от типа почвы. В работе [13] показано что, начиная с низких уровней органического углерода, увеличение содержания углерода увеличивает задержку воды в грубых почвах, но уменьшает ее в мелкозернистых почвах. При более высоких уровнях органического углерода практически все почвы способны удерживать больше воды. Увеличение органического углерода на 1% позволяет верхним 30 сантиметрам почвы дополнительно удерживать не менее 1,6 см воды, то есть 160 кубометров воды на гектар. Улучшение состояния почвы имеет решающее значение для повышения устойчивости сельского хозяйства к

изменению климата. Например, сохранение всего 1 см воды за счет увеличения содержания углерода в почвах пашни Крыма, которая составляет 250 тысяч га, наполнит почвенный резервуар дополнительными 25 млн. кубометров, то есть объемом, эквивалентный 10% от годовой потребности всего сельского хозяйства.

В сельском хозяйстве многих стран с дефицитом водных ресурсов активно используются интенсивные методы водопользования, которые основаны не только на современной ирригации, но и на внедрении принципов природоохранного сельского хозяйства, как набора методов, включающих минимальную или частичную обработку почвы, покровное земледелие, сохранение растительных остатков на земле, диверсификацию культур, смешанную посадку деревьев и культур, интеграцию животноводства с растениеводством и др. В результате интенсивные методы водопользования позволяют производителям сельхозпродукции экономично сократить потребление воды на 10...50%. Многие засушливые регионы мира в сельскохозяйственном производстве в настоящее время обрабатывают и повторно используют свои сточные воды для защиты от засухи и для увеличения либо пополнения запасов водных ресурсов [5].

На долю промышленного производства приходится почти 25% объемов мирового водопотребления. В большинстве промышленно развитых стран основным потребителем воды являются промышленные предприятия, на долю которых приходится 50...80% общего потребления, по сравнению с 10...30% в большинстве развивающихся стран, где промышленное использование значительно уступает сельскому хозяйству. С появлением новых промышленных стран, в которых за последние десятилетия произошёл качественный скачок социально-экономических показателей, их потребности в воде для энергетики, промышленности, добычи полезных ископаемых и обработки сельскохозяйственной продукции значительно увеличиваются, изменяя структуру водопользования [11]. Главным отличием промышленного водоснабжения, от сельскохозяйственного, является то, что фактически в технологических процессах потребляется небольшая часть промышленной воды. Большая ее часть используется для очистки, охлаждения, обработки и других видов технологических процессов, которые нагревают и (или) загрязняют воду. Меньшая часть воды в промышленном водоснабжении потребляется как сырье или материал технологического процесса. Это особенность создает возможность рециркуляции промышленной воды на предприятии заводе или в технологическом процессе, тем самым получая больше продукции с каждого кубометра, потребляемой воды [14].

В большинстве промышленно развитых стран мира в настоящее время действуют жесткие правила и

нормативы, чтобы промышленность обеспечивала определенные стандарты качества воды, прежде чем выпускать сточные промышленные воды в окружающую среду. В результате, наиболее эффективным и экономичным способом соблюдения этих норм и требований, а также предотвращения рисков загрязнения окружающей среды является многократная переработка и повторное использование воды в промышленном производстве. Сопоставление качества воды с ее целевым использованием открывает совершенно новый способ мышления и управления водой, который может превратить промышленные сточные воды из проблемы утилизации в ценный новый источник водоснабжения, а также экономический стимул для внедрения рециклинга.

В последние десятилетия прошлого века Япония, США и Германия и другие промышленно развитые страны добились поразительных успехов в эффективности промышленного водоснабжения. В ответ на все более строгие правила борьбы с загрязнением окружающей среды основные инвестиции в промышленное водосбережение, были направлены на разработку систем по рециркуляции охлаждающей и технологической воды. Они включали широкий диапазон инженерных конструкций и затрат, в которых создавались как наименее затратные, простейшие способы рециркуляции, так и самые сложные и дорогостоящие. Многие усовершенствования технологических процессов включали замену арматуры для снижения расходов, переход от непрерывного потока к прерывистому, последовательное повторное использование технологической воды в зависимости от ее параметров качества и контроль утечек [15]. В середине прошлого века производственные предприятия США расходовали каждый литр подаваемой им воды в среднем 1,8 раза, уровень рециркуляции в настоящее время достигнул 17 раз. Япония за два десятилетия прошлого века более чем утроила производительность промышленного водоснабжения. Стоимость японской продукции с каждого кубометра воды, поставляемой в промышленность составила 77 долларов США. В Германии рост промышленного производства происходит при сохранении объемов промышленного водопотребления. В Швеции строгие требования по контролю за загрязнением привели к широкому внедрению рециркуляции в целлюлозно-бумажной промышленности, крупнейшем водопользователе страны. За двадцать лет прошлого века в период между началом шестидесятых и концом семидесятых годов эта промышленность сократила потребление воды вдвое, одновременно удвоив производство, то есть в четыре раза увеличив производительность воды [16].

Эти успехи были достигнуты за счет стимулирования промышленных водопотребителей к внедрению водосберегающих технологий. В большинстве промышленных предприятий решения

о рециклинге принимались на основе анализа объемов и структуры водопотребления с оценкой затрат на получение воды и ее очистку перед сбросом с затратами на добавление оборудования для очистки и повторного использования сточных вод внутри предприятия. Во многих отраслях промышленности рециклинг компенсирует затраты не только за счет снижения объемов потребления «свежей» воды, но и за счет извлечения ценных материалов, таких как никель, медь и хром из гальванических операций или волокно при производстве бумаги. По мере роста затрат на водоснабжение и очистку сточных вод оборотное промышленное водоснабжение становится все более рентабельным. А в регионах с дефицитом водных ресурсов промышленные предприятия все чаще прибегают к рециклингу, чтобы защитить производственные процессы от возможного изменения режимов и сокращения объемов поставок воды [3]. Сингапур, страна-город, который стал мировым лидером по вопросам водосбережения и эффективности потребления водных ресурсов, ввел налог на водосбережение для отраслей, использующих более определенных объемов воды. Новые заводы, которые потребляют более 500 м³ воды в месяц, должны получить одобрение города до того, как они начнут работать. Специалисты работают с ними на этапах проектирования, чтобы помочь им включить в свою деятельность сохранение, переработку и, где это возможно, использование воды более низкого качества [15].

Таким образом, основой интенсивных методов промышленного водопользования в современном мире является обеспечение того, чтобы новые промышленные предприятия с самого начала в технологические процессы включали рециркуляцию. Существенное снижение объемов промышленного водоснабжения позволяет уменьшить дорогостоящие инвестиции в водоснабжение ЖКХ, уменьшить забор воды из подземных и поверхностных источников, снизить конкуренцию за воду различных потребителей, а также позволит предотвратить загрязнение окружающей среды от достижения уровней, опасных для людей и дикой природы. Замкнутые циклы промышленного водоснабжения и водоотведения не только технически возможно, но и имеет все больший экономический, социальный и экологический смысл.

Несмотря на то, что города по всему миру занимают всего 2% поверхности Земли, но в них проживает более половины населения планеты и создается большая часть ее экономической активности. Потребление воды в городских коммунальных хозяйствах составляет до 20% объемов мирового водопотребления. Для удовлетворения высококонцентрированных потребностей, города систематически и планомерно уходили все дальше от своих границ для обнаружения и использовать новые источники воды. Урбанизация стала одной из основных причин

роста дефицита водных ресурсов в мире. Опыт интенсивного развития водного хозяйства показывает, что управление объемами потребления, а не постоянное стремление удовлетворить их является более надежным путем к водной безопасности с обеспечением экономии финансовых ресурсов и защиты окружающей среды. Так как меры по повышению эффективности использования воды приносит постоянную экономию воды и тем самым позволяет отсрочить или избежать необходимости строительства дорогостоящих новых гидротехнических, водозаборных и очистных сооружений. Поэтому водосбережение является одним из наиболее экономически эффективных и экологически обоснованных способов сбалансирования городского водного бюджета [5]. Для многих городов и их районов невозможно сбалансировать потребление и доступные водные ресурсы без сохранения и более эффективного использования воды.

Учитывая существенное влияние на социально-экономические условия жизни населения в каждом случае успешные усилия по ограничению водопользования коммунального хозяйства включают определенную комбинацию экономических стимулов, правил и информационно-пропагандистской работы с общественностью, которые в совокупности способствуют использованию водосберегающих технологий и моделей поведения. Эти меры синергетически объединяют и усиливают друг друга, и вместе они представляют собой надежный и предсказуемый вариант водоснабжения. Следует отметить, что по мере роста дефицита водных ресурсов, водосберегающие технологии становятся наименее дорогостоящим и наиболее экологически безопасным способом удовлетворения потребностей коммунального хозяйства городов в воде по сравнению с традиционными инженерными подходами, ориентированными на увеличение объемов из доступных источников.

Одним из традиционных шагов по водосбережению, который могут предпринять коммунальные хозяйства любого города является повышение цены на воду, чтобы лучше отразить ее истинную стоимость. Правильное ценообразование дает потребителям сигнал о том, насколько дорога вода, и позволяет им реагировать соответствующим образом. Повышение тарифов на водоснабжение, как правило, не бывает популярным, так как на удельную стоимость воды в коммунальном хозяйстве влияют объемы ее поставки. Поэтому даже при существенном уменьшении объемов потребления воды, жители могут увидеть увеличение своих счетов за воду за счет необоснованного увеличения тарифов. Анализ влияния ценообразования, проведенный в ряде стран, включая Австралию, Канаду, Израиль и США, показал, что потребление воды в домашних хозяйствах падает в 2,5...3 раза в меньшей степени, чем рост цены на воду. Поэтому только

экономические стимулы не могут и не будут мотивировать всех потребителей к сохранению воды [3, 5, 11, 15].

Эффективное коммунальное водосбережение можно обеспечить комплексом мер по интенсивному водопользованию, который включает экономически обоснованное ценообразование, законодательное и нормативное регулирование, комплексную модернизацию, аудит потребителей воды, обнаружение и устранение утечек, образовательные программы и информирование общественности.

Национальные и региональные стандарты по водосбережению устанавливают технологические нормы, обеспечивающие определенный уровень эффективности встроенных в новые строительные объекты, сооружения, оборудование и услуги. Национальные стандарты эффективности использования воды, которые были установлены в рамках Закона об энергетической политике США 1992 года, требовали от производителей сантехники сократить объем воды, используемой туалетами, писсуарами, кранами и душевыми насадками, а все новые и реконструированные дома, а также большинство коммерческих зданий и сооружений были обязаны устанавливать эти эффективные приспособления во всех ремонтных работах и новом строительстве, эффективно обеспечивая сохранение городской и жилой инфраструктуры [17]. Эти стандарты обеспечили постепенное снижение за двадцать лет среднего потребления воды в жилых помещениях США на 30% [5, 18]. Дальнейшим развитием политики водосбережения в США стали внедрение новых стандартов по эффективности воды для стиральных машин и посудомоечных машин, а также запуск в 2006 году Программы маркировки эффективности воды на бытовые техники под названием WaterSense. Помимо сокращения внутреннего и наружного водопользования потребителями, комплексные усилия были также направлены на ограничения потерь воды в системах ее распределения. Дополнительная комплексная модернизация городских распределительных сетей, обнаружение и устранение утечек обеспечивают коммунальное хозяйство не только экономии воды, но и быструю окупаемость инвестиций. В некоторых случаях обнаружение и устранение утечек может быть одной из самых экономически эффективных мер во всей стратегии водосбережения. В результате, в ближайшее десятилетие до 2030 года, ожидается, что потребление воды в помещении на одного человека в США сократится, по крайней мере на 37% [19].

Применение интенсивных методов водопользования стали одним из эффективных способов развития водного хозяйства многих стран: Австралия, Мексика, Китай, Канада, Дания, которые включили национальные стандарты в свою стратегию сохранения водных ресурсов [5]. Для эффективного водосбережения существуют также проверенные методы сокращения орошения газонов

и ландшафтов, устранения утечек в системах распределения коммунальных услуг, а также превращения местных сточных и ливневых вод в новые источники снабжения. Сокращение ландшафтного орошения особенно важно, потому такое использование воды является «невозвратным», так как она при поливе испаряется или через растения возвращается в атмосферу, а поэтому становится недоступной для повторного использования или возвращения в водные объекты.

В Китае проживает 19% мирового населения, но на территории имеется только 7% мировых запасов возобновляемой пресной воды, что периодически создает огромный дефицитом воды, который периодически чередуется катастрофическими наводнениями. Поэтому для снижения рисков наводнений и превращения сточных ливневых вод в новые источники снабжения, Китай принял креативный термин «*губчатые города*» для более разумного управления городскими водными ресурсами. По этому грандиозному проекту города должны действовать как губки, поглощая всю дождевую воду, не позволяя ей стекать по улицам и тротуарам, с последующей очисткой и пополнением местных источников воды [20]. Сингапур, город-государство в Юго-Восточной Азии, имеет зависимость от импорта пресной воды, поэтому придерживается стратегии использования самых дешевых вариантов обеспечения водными ресурсами. К таким в первую очередь относится сбор ливневых вод, которые составляют важную часть водоснабжения. Через сеть стоков и каналов агентство по водоснабжению направляет две трети городского стока в 17 водохранилищ, где он затем очищается и добавляется в питьевое снабжение. Снижение утечек и потерь в городских системах распределения до 5% от спроса, является одним из самых низких показателей в мире [21]. Кроме сбора ливневых вод и устранения утечек Сингапур продвинулся вперед в области рециркуляции и прямого повторного использования своих сточных вод, которые могут удовлетворить до 30% текущего спроса страны [22].

Достиж водного баланса при дефиците водных ресурсов региона применением только интенсивных методов достаточно непросто. Несмотря на множество фактических данных, свидетельствующих о том, что сбережение и эффективность водопользования являются одними из наиболее экономичных и экологически обоснованных альтернатив, они часто воспринимаются как незначительные дополнения к пакету водоснабжения. Переход к более эффективным, экологически обоснованным, устойчивым моделям водопользования требует серьезных изменений в том, как вода оценивается, распределяется и управляется. Лимит временных и финансовых ресурсов, неспособность адекватно учесть потенциал сохранения, повторного использования и разумного управления для экономически эффективного сокращения объемов потребления часто приводит к тому, что

предлагаются, а в некоторых случаях реализуются ненужные и дорогостоящие новые проекты водоснабжения.

Экономика, законодательная база, практика и политика, формирующие сегодня водопользование, редко способствуют сбалансированной реализации всех трех основных принципов устойчивого

использования ресурсов - эффективности, социальной справедливости и экологической целостности. Обеспечение водного баланса можно достичь оптимальным совмещением экстенсивных и интенсивных способов решения проблем дефицита водных ресурсов, как показано на рис. 4.

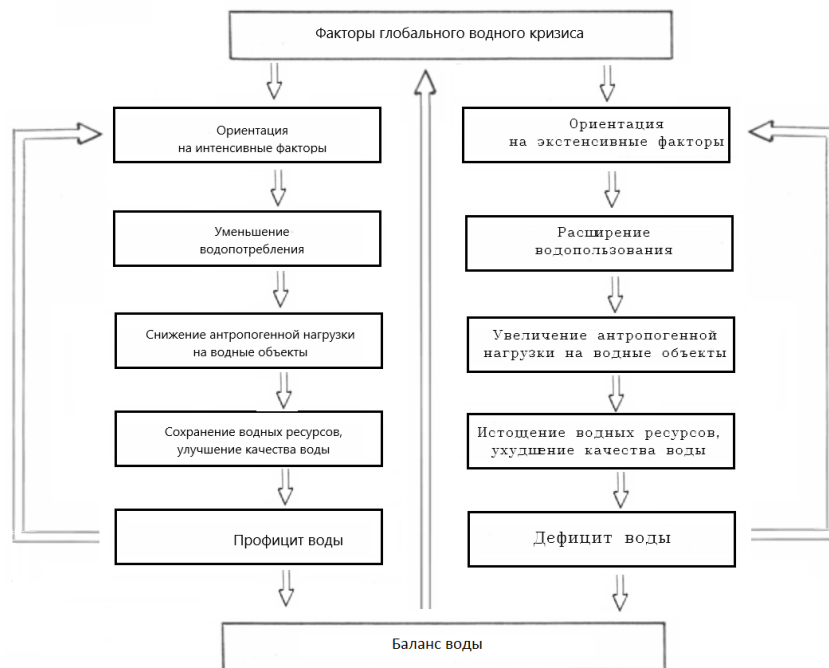


Рис. 4. Интегральная схема совмещения экстенсивных и интенсивных методов решения проблем дефицита водных ресурсов

Fig. 4. Integrated circuit for combining extensive and intensive solution methods water scarcity problems

Современный мировой опыт в области моделирования и оптимизации систем водопользования основан внедрении новых наук - гидроинформатика и акватроника, которые успешно развиваются и имеют самостоятельный характер. Их основой являются математические методы оптимизации, математическое моделирование, геоинформационные системы, методы обработки данных, теория графов и др., для применения в задачах обоснования перспективных схем развития систем водоснабжения и водоотведения, а также стимулирования потребителей к внедрению водосберегающих технологий. По мере того как вода становится все более дефицитной, устойчивое развитие зависит от повышения ее продуктивности, то есть получения большей ценности от объемов водопользования, при сохранении достаточного количества воды в поверхностных и подземных источниках водоснабжения для поддержания нормального функционирования природных систем.

Проведенный анализ убедительно показывает, что 21-й век в связи с реальной проблемой глобального водного кризиса стал переходом к интенсивным способам и новым технологиям решения проблем водного дефицита. Примеры Израиля и Сингапура, которые столкнулись с неблагоприятными климатическими условиями по осадкам, экзистенциальными рисками отсутствия

подачи воды из водотоков соседних стран, показали насколько эффективно применяются интенсивные способы решения проблем дефицита водных ресурсов.

Таким образом, разработка научно-обоснованной концептуальной модели внедрения интенсивных методов водопользования с применением доступных новых технологий водопользования, систем его автоматизации и управления должны быть основой комплексных стратегических планов развития Крымского полуострова и важным дополнением к применяемым экстенсивным способам. Для рассмотренного выше примера (рис. 2) с анализом годовых притоков в водохранилища естественного стока, которые являются источниками водоснабжения г. Симферополя, следует, что мероприятия по водосбережению за счет применения современных доступных технологий и методов, направленных на сокращение потребности в воде города на 22% позволяет исключить режимы дефицита без ущерба для экономики и качества жизни. При сокращении потребности на 22% анализ годовых притоков (рис.2 темные диаграммы) за рассмотренные 34 года, показал, что за этот период годовые притоки в водохранилища 25 раз были бы больше значения среднего расхода, и соответственно 9 раз меньше, что существенно снижает риски водного дефицита.

Внедрение современных компьютерных систем контроля и автоматизации технологических процессов в структурных элементах систем водоснабжения позволяют снизить утечки и потери воды в городских системах распределения до 10% от ее спроса. Разработка и внедрение технологических схем очистки воды поверхностных источников, подвергшихся антропогенному воздействию, а также сбросовых ливневых и талых вод позволяет существенно увеличить объемы доступных водных ресурсов. Обоснования режимов рационального использования водных ресурсов регионов на основе долгосрочного прогнозирования характеристик атмосферных осадков с определением оптимальных характеристик систем сбора и очистки поверхностных стоков, с увеличением площадей зеленых насаждений в водосборных бассейнах рек Крыма позволило гарантированно решать проблемы дефицита. Регенерация и повторное использование сточных вод, с отказом от традиционных схем выпуска очищенных сточных вод в морское побережье и открытые водоемы позволяет ежегодно увеличивать водный баланс Крыма на 200 млн. м³ воды, которая может использоваться как техническая для ЖКХ, в сельском хозяйстве и промышленности, а также для пополнения поверхностных и подземных водных ресурсов.

ВЫВОДЫ

С учетом вышеизложенного, предлагается в основных направлениях разработки комплекса мер по решению проблем дефицита воды в Крыму использовать интенсивные способы на основе следующего комплекса задач:

1. Разработка комплекса мероприятий решения стратегических задач по внедрению водосбережения и водоеффективности на основе разработки системы долгосрочных целевых показателей для основных потребителей водных ресурсов: сельского хозяйства, ЖКХ, промышленности, энергетики, а также санаторно-рекреационного направления.

2. Создание перспективной научно-обоснованной балансовой схемы водного хозяйства Крыма при максимально возможном использовании местных водных ресурсов, в том числе повторного использования очищенных сточных вод.

3. Разработка и внедрение технологических схем очистки воды поверхностных источников, подвергшихся антропогенному воздействию, а также сбросовых ливневых и талых вод.

4. Регенерация и повторное использование сточных вод, с превращением их в ценный водный ресурс с обоснованием эффективных технологических схемы глубокой очистки, доочистки и обеззараживания городских сточных вод с целью их повторного использования в сельском хозяйстве и промышленности, с отказом от традиционных схем с выпуском очищенных

сточных вод в морское побережье и открытые водоемы Крыма.

5. Создание моделей прогнозирования запасов водных ресурсов Крыма на основе на основе долгосрочного прогнозирования характеристик атмосферных осадков с применением нейронных моделей водопользования, с территориальным и сезонным перераспределением водных ресурсов для снижения вероятности рисков дефицита.

6. Разработка систем адаптивного управления и регулирования местного и регионального водопользования с целью снижения потерь, повышения надежности и эффективности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Данилов-Данильян В.И. Потребление воды: экологические, экономические, социальные и политические аспекты / В.И. Данилов-Данильян, К.С. Лосев; Ин-т водных проблем РАН. - М.: Наука, 2006. - 221 с.

2. В.И. Данилов-Данильян. Водные ресурсы мира и перспективы водохозяйственного комплекса России. - М.: ООО «Типография Левко», Институт устойчивого развития/Центр экологической политики России, 2009. - 88 с.

3. S. Postel. The last oasis. Facing water scarcity. - London: Earthscan Publications Ltd., Worldwatch Institute, 1992. - 226 p.

4. Данилов-Данильян В.И., Хранович И.Л. Управление водными ресурсами. Согласование стратегий водопользования. - М.: Научный мир, 2010. - 232 с.

5. S. Postel. Replenish. The Virtuous Cycle of Water and Prosperity. - NY, Island Press, 2017 - 339 p.

6. Global Risks Report 2016 //World Economic Forum, 2016. - 103 p.

7. Milly C. and etc. Stationarity Is Dead: Whither Water Management? / C. D. Milly, J. Betancourt, M. Falkenmark, R. M. Hirsch, Z. W. Kundzewicz, D. P. Lettenmaier. // Science 01 Feb 2008: Vol. 319, Issue 5863, pp. 573-574 DOI: 10.1126/science.1151915

8. The Human Cost of Weather Related Disasters 1995-2015 // United Nations, Office for Disaster Risk Reduction and the Centre for Research on the Epidemiology of Disasters, 2015. - 30 p.

9. Водная стратегия Российской Федерации на период до 2020 года. Распоряжение Правительства РФ от 27 августа 2009 г. N 1235-р. Электронный ресурс: режим доступа <http://government.ru/docs/10049/> (дата обращения 07.03.2021 г.)

10. Постановление Правительства РФ от 19.04.2012 N 350 (ред. от 31.05.2017) "О федеральной целевой программе "Развитие водохозяйственного комплекса Российской Федерации в 2012-2020 годах". Электронный ресурс: режим доступа: <http://government.ru/docs/37156/> (дата обращения 07.03.2021 г.)

11. Shiklomanov I.A. Global Water Resource// Nature & Resources, Vol. 26, No. 3., 1990.
12. Saline Agriculture: Salt-Tolerant Plants for Developing Countries. - U.S. National Research Council, Washington, D.C.: National Academy Press, 1990. – 320 p.
13. Edwards J.H., C.W. Wood, D.L. Thurlow, and M.E. Ruf. 1999. Tillage and crop rotation effects on fertility status of a Hapludalf soil. Soil Sci. Soc. Am. J. 56:1577-1582. Электронный ресурс: режим доступа: http://soilquality.org/indicators/total_organic_carbon.html. (дата обращения 15.03.2021 г.)
14. Wayne Solley et al., Preliminary Water Use Estimates in the United States During 1990. - U.S. Geological Survey, OpenFile Report 92-63, Washington, D.C., July 1992.
15. William W. Wade et al., Cost of Industrial Water Shortages. - Spectrum Economics Inc., San Francisco, Calif.: 1991.
16. Opie R., Germany's Double Bill. - World Water and Environmental Engineer, April 1991;
17. Vickers A., Bracciano D. Low-Volume Plumbing Fixtures Achieve Water Savings.// American Water Works Association (Opflow), July 2014. <https://doi.org/10.5991/OPF.2014.40.0047>.
18. Vickers A. Water-Use Efficiency Standards for Plumbing Fixtures: Benefits of National Legislation // Journal of the AWWA 82, no.5(1990): 51 – 54.
19. DeOreo, William B., Mayer P., Dziegielewski B, et al. Residential End Uses of Water, Version 2. Denver, CO: Water Research Foundation, 2016.
20. Shepard W (2016). Can 'Sponge Cities' Solve China's Urban Flooding Problem? Hg. v. Cityscope. Электронный ресурс: режим доступа: <http://citiscopes.org/story/2016/can-sponge-cities-solve-chinas-urban-flooding-problem>., (дата обращения 28.07.2016г.)
21. PUB, Singapore's National Water Agency, website at www.pub.gov.sg. viewed November 21-22, 2016.
22. Tang A., From Open Sewage to High-Tech Hydrohub, Singapore Leads Water Revolution// Reuters, August 2, 2015. <http://www.reuters.com/article/us-singapore-water>.
4. Danilov-Danil'yan V.I., Hranovich I.L. Upravlenie vodnymi resursami. Soglasovanie strategij vodopol'zovaniya. - M.: Nauchnyj mir, 2010. - 232 s.
5. S. Postel. Replenish. The Virtuous Cycle of Water and Prosperity. – NY, Island Press, 2017 – 339 p.
6. Global Risks Report 2016 //World Economic Forum, 2016. – 103 p.
7. Milly C. and etc. Stationarity Is Dead: Whither Water Management?/ C. D. Milly, J. Betancourt, M. Falkenmark, R. M. Hirsch, Z. W. Kundzewicz, D. P. Lettenmaier.// Science 01 Feb 2008: Vol. 319, Issue 5863, pp. 573-574 DOI: 10.1126/science.1151915
8. The Human Cost of Weather Related Disasters 1995–2015// United Nations, Office for Disaster Risk Reduction and the Centre for Research on the Epidemiology of Disasters, 2015. – 30 p.
9. Vodnaya strategiya Rossijskoj Federacii na period do 2020 goda. Rasporyazhenie Pravitel'stva RF ot 27 avgusta 2009 g. N 1235-r. Elektronnyj resurs: rezhim dostupa <http://government.ru/docs/10049/> (дата обращения 07.03.2021 г.)
10. Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 19.04.2012 N 350 (red. ot 31.05.2017) "O federal'noj celevoj programme "Razvitie vodohozyajstvennogo kompleksa Rossijskoj Federacii v 2012 - 2020 godah". Elektronnyj resurs: rezhim dostupa <http://government.ru/docs/37156/> (data obrashcheniya 07.03.2021 г.)
11. Shiklomanov I.A. Global Water Resource// Nature & Resources, Vol. 26, No. 3., 1990.
12. Saline Agriculture: Salt-Tolerant Plants for Developing Countries. - U.S. National Research Council, Washington, D.C.: National Academy Press, 1990. – 320 p.
13. Edwards J.H., C.W. Wood, D.L. Thurlow, and M.E. Ruf. 1999. Tillage and crop rotation effects on fertility status of a Hapludalf soil. Soil Sci. Soc. Am. J. 56:1577-1582. Elektronnyj resurs: rezhim dostupa: http://soilquality.org/indicators/total_organic_carbon.html. (data obrashcheniya 15.03.2021 г.)
14. Wayne Solley et al., Preliminary Water Use Estimates in the United States During 1990. - U.S. Geological Survey, OpenFile Report 92-63, Washington, D.C., July 1992.
15. William W. Wade et al., Cost of Industrial Water Shortages. - Spectrum Economics Inc., San Francisco, Calif.: 1991.
16. Opie R., Germany's Double Bill. - World Water and Environmental Engineer, April 1991;
17. Vickers A., Bracciano D. Low-Volume Plumbing Fixtures Achieve Water Savings.// American Water Works Association (Opflow), July 2014. <https://doi.org/10.5991/OPF.2014.40.0047>.
18. Vickers A. Water-Use Efficiency Standards for Plumbing Fixtures: Benefits of National Legislation// Journal of the AWWA 82, no.5(1990): 51 – 54.
19. DeOreo, William B., Mayer P., Dziegielewski B, et al. Residential End Uses of Water, Version 2. Denver, CO: Water Research Foundation, 2016.
20. Shepard W (2016). Can 'Sponge Cities' Solve China's Urban Flooding Problem? Hg. v. Cityscope. Электронный ресурс: режим доступа:

REFERENCES

1. Danilov-Danilyan V. I. Potreblenie vody: environmental, economic, social and political aspects / V. I. Danilov-Danilyan, K. S. Losev; Institute of Water Problems of the Russian Academy of Sciences, Moscow: Nauka, 2006. - 221 p.
2. Danilov-Danilyan V. I. Vodnie resursy mira i perspektivy vodohozyajstvennogo kompleksa Rossii. – M.: OOO «Tipografiya Levko», Institut ustojchivogo razvitiya/Centr ekologicheskoy politiki Rossii, 2009. — 88 s.
3. S. Postel. The last oasis. Facing water scarcity. – London: Earthscan Publications Ltd., Worldwatch Institute, 1992. – 226 p.
4. Danilov-Danil'yan V.I., Hranovich I.L. Upravlenie vodnymi resursami. Soglasovanie strategij vodopol'zovaniya. - M.: Nauchnyj mir, 2010. - 232 s.
5. S. Postel. Replenish. The Virtuous Cycle of Water and Prosperity. – NY, Island Press, 2017 – 339 p.
6. Global Risks Report 2016 //World Economic Forum, 2016. – 103 p.
7. Milly C. and etc. Stationarity Is Dead: Whither Water Management?/ C. D. Milly, J. Betancourt, M. Falkenmark, R. M. Hirsch, Z. W. Kundzewicz, D. P. Lettenmaier.// Science 01 Feb 2008: Vol. 319, Issue 5863, pp. 573-574 DOI: 10.1126/science.1151915
8. The Human Cost of Weather Related Disasters 1995–2015// United Nations, Office for Disaster Risk Reduction and the Centre for Research on the Epidemiology of Disasters, 2015. – 30 p.
9. Vodnaya strategiya Rossijskoj Federacii na period do 2020 goda. Rasporyazhenie Pravitel'stva RF ot 27 avgusta 2009 g. N 1235-r. Elektronnyj resurs: rezhim dostupa <http://government.ru/docs/10049/> (дата обращения 07.03.2021 г.)
10. Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 19.04.2012 N 350 (red. ot 31.05.2017) "O federal'noj celevoj programme "Razvitie vodohozyajstvennogo kompleksa Rossijskoj Federacii v 2012 - 2020 godah". Elektronnyj resurs: rezhim dostupa <http://government.ru/docs/37156/> (data obrashcheniya 07.03.2021 г.)
11. Shiklomanov I.A. Global Water Resource// Nature & Resources, Vol. 26, No. 3., 1990.
12. Saline Agriculture: Salt-Tolerant Plants for Developing Countries. - U.S. National Research Council, Washington, D.C.: National Academy Press, 1990. – 320 p.
13. Edwards J.H., C.W. Wood, D.L. Thurlow, and M.E. Ruf. 1999. Tillage and crop rotation effects on fertility status of a Hapludalf soil. Soil Sci. Soc. Am. J. 56:1577-1582. Elektronnyj resurs: rezhim dostupa: http://soilquality.org/indicators/total_organic_carbon.html. (data obrashcheniya 15.03.2021 г.)
14. Wayne Solley et al., Preliminary Water Use Estimates in the United States During 1990. - U.S. Geological Survey, OpenFile Report 92-63, Washington, D.C., July 1992.
15. William W. Wade et al., Cost of Industrial Water Shortages. - Spectrum Economics Inc., San Francisco, Calif.: 1991.
16. Opie R., Germany's Double Bill. - World Water and Environmental Engineer, April 1991;
17. Vickers A., Bracciano D. Low-Volume Plumbing Fixtures Achieve Water Savings.// American Water Works Association (Opflow), July 2014. <https://doi.org/10.5991/OPF.2014.40.0047>.
18. Vickers A. Water-Use Efficiency Standards for Plumbing Fixtures: Benefits of National Legislation// Journal of the AWWA 82, no.5(1990): 51 – 54.
19. DeOreo, William B., Mayer P., Dziegielewski B, et al. Residential End Uses of Water, Version 2. Denver, CO: Water Research Foundation, 2016.
20. Shepard W (2016). Can 'Sponge Cities' Solve China's Urban Flooding Problem? Hg. v. Cityscope. Электронный ресурс: режим доступа:

<http://citiscope.org/story/2016/can-sponge-cities-solve-chinas-urban-flooding-problem.>, (data obrashcheniya 28.07.2016г.)

21. PUB, Singapore's National Water Agency, website at www.pub.gov.sg. viewed November 21-22, 2016.

22. Tang A., From Open Sewage to High-Tech Hydrohub, Singapore Leads Water Revolution// Reuters, August 2, 2015. <http://www.reuters.com/article/us-singapore-water>.

THE MAIN DIRECTIONS OF THE DEVELOPMENT OF A SET OF MEASURES TO DECISION THE PROBLEMS OF WATER SCARCITY IN THE CRIMEA

Nikolenko I.V., Kopachevsky A.M.

Academy of Construction and Architecture of the V.I. Vernadsky Crimean Federal University

Abstract. The article presents the global factors of water scarcity problems, as well as the main directions of actions to solve them. The scheme of the process of formation and strengthening of water scarcity in the implementation of extensive methods of water use is described. The problems of water scarcity on the Crimean Peninsula are considered. The analysis of water consumption regimes in Simferopol is carried out. The features and effectiveness of the use of intensive methods of water use in the processes of reducing and eliminating water scarcity in different countries are shown. The main directions of solving the problems of water scarcity in the Crimea with the use of intensive methods of water use are presented.

The subject of the study: current trends in solving water scarcity problems, comparison of extensive and intensive methods of water use, analysis of the problems of water scarcity on the Crimean Peninsula, a conceptual model for the introduction of intensive methods of water use.

Materials and methods of research: Factors of water scarcity problems and ways to solve them based on the analysis of international policy documents, as well as the Water Strategy of the Russian Federation. Assessment of indicators of long-term changes in annual inflows to reservoirs of natural runoff, which are sources of water supply in Simferopol, as well as annual expenditures on municipal water supply in the city. Creating schemes of processes for reducing and eliminating water scarcity by intensive methods, as well as combining extensive and intensive methods for solving water scarcity problems.

Key words: water resources, scarcity, reservoir, extensive and intensive methods, water conservation, water efficiency.