

УДК 330.15: 477.75

ПРОБЛЕМЫ ПРЕОДОЛЕНИЯ ДЕФИЦИТА ВОДНЫХ РЕСУРСОВ В РЕСПУБЛИКЕ КРЫМ: АДАПТАЦИЯ ЗАРУБЕЖНОГО ОПЫТА

Мираньков Д. Б.

Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского, Симферополь, Российская Федерация

E-mail: inecondep@mail.ru

В статье определен уровень обеспеченности водными ресурсами и дана оценка их состояния в Республике Крым. Определены проблемы, с которыми столкнулся полуостров в результате прекращения подачи воды по Северо-Крымскому каналу. Проанализирован передовой зарубежный опыт в преодолении дефицита водных ресурсов как с точки зрения снижения спроса на воду, так и повышения ее генерации. Представлено экономическое обоснование использования мер преодоления локального дефицита водных ресурсов в Республике Крым, а также проведена оценка эффективности их внедрения.

Ключевые слова: дефицит водных ресурсов, Республика Крым, зарубежный опыт.

ВВЕДЕНИЕ

С древнейших времен пути развития человечества предопределялись использованием различных видов природных ресурсов. Одним из таких основополагающих и жизненно необходимых ресурсов является пресная вода. Эксплуатация данного ресурса началась задолго до формирования индустриального общества, и с каждым годом нагрузка на него возрастает. Вода используется абсолютно во всех технологических процессах, является неотъемлемой частью, обеспечивающей жизнедеятельность живых существ, а ее доступность в будущем будет определять возможность дальнейшего развития человечества и роста экономики.

Уже сейчас во многих регионах мира наблюдаются проблемы с доступностью пресной воды. Причиной этому являются значительные диспропорции в распределении источников пресной воды по Земле, а также неравномерная плотность населения. Следствием этого стало то, что в современном мире более 4 млрд человек проживают в районах с нехваткой этого ресурса. И при неизменных обстоятельствах этот показатель будет ухудшаться, поскольку население с каждым годом растёт, соответственно растут и потребности, в особенности в продуктах питания, что неизменно ведёт к значительному росту нагрузки на водные ресурсы, поскольку до 70% всей используемой пресной воды приходится на отрасли сельского хозяйства.

Крымский полуостров обеспечен водными ресурсами неравномерно и недостаточно. Так, по запасам местных водных ресурсов Республика Крым считается малообеспеченным регионом. Ситуация с обеспечением пресной водой хозяйства Крыма обострилась в 2014 году, когда произошло прекращение подачи днепровской воды по Северо-Крымскому каналу, обеспечивавшего до 85% нужд промышленности, сельского хозяйства и населения в пресной воде. С проблемой дефицита воды столкнулись степные регионы республики, в особенности те, по

которым проходил «водная артерия канала». По сравнению с 2013 г. уровень забора воды в этих районах снизился в 5 раз.

В связи с этим необходимо в кратчайшие сроки выявить возможные пути снижения риска возникновения дефицита пресной воды, а также способы уменьшения возможных потерь в случае его наступления. При этом некоторые регионы мира с засушливым климатом и недостатком собственных источников пресной воды уже успешно внедрили передовые методики и технологии, позволившие значительно сократить текущее потребление пресной воды и организовать производство данного ресурса.

Таким образом, целью статьи является выявление перспективных мер, направленных на преодоление дефицита пресной воды в Республике Крым, с последующей оценкой эффективности их внедрения на основе мирового опыта.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

В 2014 г. Крым впервые за пятьдесят лет столкнулся с острым дефицитом водных ресурсов, который возник в результате прекращения подачи воды по Северо-Крымскому каналу, обеспечивавшим промышленность, сельское хозяйство и прочих потребителей до 85% ранее используемой для различных хозяйственных нужд пресной воды [1]. Это стало причиной сокращения потребления воды в 3 раза (с 768,63 млн м³ в 2013 г. до 261,67 млн м³ в 2017 г.), при этом для орошения было использовано только 4% всей потребленной в 2017 г. пресной воды. Основное потребление воды осуществлялось отраслями промышленности, электроэнергетики и муниципального хозяйства. (таблица 1).

Таблица 1

Общие показатели использования пресной воды в Республике Крым (млн м³)

Показатели	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.
Отобрано воды	1624,30	1553,78	310,32	253,46	292,96	301,33
Потери при транспортировке	690,00	695,30	82,27	17,69	10,57	12,3
Использовано воды на нужды:	814,63	768,63	216,67	232,73	259,37	261,67
С/х водоснабжение	4,36	2,36	1,66	0,55	0,68	0,65
Орошение	566,90	520,70	16,02	12,97	10,4	11,1
Производственные	99,94	102,10	56,74	116,89	144,90	146,18
Питьевые и хозяйственно-бытовые	н/д	123,90	99,39	102,32	88,54	91,58
Сброс сточных вод	267,37	244,50	174,94	154,25	157,5	153,55
В том числе очищенных	56,42	56,29	50,25	98,28	95,1	28,77

Источник: составлено автором на основании [2].

Как видно из приведённой таблицы, в результате перекрытия подачи воды по Северо-Крымскому каналу объём орошения по сравнению с 2013 г. сократился в 47 раз. Результатом стало сокращение площади орошаемых земель со 130 тыс. га до 13 тыс. га в 2017 г. (на 90%), а также последовавшее за этим снижение объёма

сельскохозяйственного производства практически на 20% в 2017 г. по сравнению с 2014 г. (с 71,36 до 57,5 млрд рублей).

Согласно данным таблицы 1, в 2017 году общий объем забора воды составил 301,33 млн м³, в том числе:

- поверхностная вода – 177,67 млн м³;
- подземная вода – 123,66 млн м³.

Значительную часть поверхностного стока воды в Крыму обеспечивают 22 крупных водохранилища общим объемом 334,2 млн м³. В зависимости от источника наполнения их подразделяют на:

- водохранилища естественного стока;
- наливные водохранилища Северо-Крымского канала.

Объем 14-ти водохранилищ естественного стока составляет 188,9 млн м³, что составляет примерно 20% всего поверхностного стока Крыма. Эти водохранилища заполняются во время осенне-зимнего периода и во время весенних паводков, иногда – летом при ливнях. Совокупная площадь данных водохранилищ составляет 1594,2 га. По итогам 2017 г. объемы воды в водохранилищах естественного стока составили 145,6 млн м³ или 77,1% от проектного объема (таблица 2).

Таблица 2

Основные характеристики водохранилищ естественного стока

Название	Площадь, га	Полный объем, млн м ³	Наполняемость поквартально, 2017 г., %			
			I кв.	II кв.	III кв.	IV кв.
Альминское	86,0	6,2	52,2	92,4	74,7	75,2
Аянское	42,0	3,9	100	90,8	20,1	100
Балановское	40,7	5,0	74,7	99,6	77,9	70,4
Бахчисарайское	99,5	6,89	63,8	63,0	28,4	3,8
Белогорское	225,0	23,3	77,5	74,2	20,6	45,8
Загорское	156,0	27,85	72,0	72,1	66,7	72,3
Изобильненское	61,0	13,25	95,8	95,6	80,3	87,4
Кутузовское	9,40	1,11	100	98,1	60,8	90,1
Льговское	27,8	2,2	65,2	82,1	75,1	71,2
Партизанское	220,0	34,4	84,9	84,3	63	80
Симферопольское	317,0	36,0	91,1	92,5	72,2	81,0
Старокрымское	43,0	3,15	47,3	60,8	56,1	48,5
Счастливенское	70,0	11,8	94,7	89,6	39,4	62,5
Тайганское	196,8	13,8	7,5	23,8	20,9	9,6
ВСЕГО	1594,2	188,85	76,4	79,2	55,4	65,8

Источник: [2]

Из водохранилищ естественного стока осуществляется водоснабжение населенных пунктов Южного берега Крыма и г. Симферополь. Из водохранилищ, наполняемых из системы Северо-Крымского канала осуществляется водоснабжение населенных пунктов восточного Крыма. Наиболее вододефицитным регионом является северный Крым, а также частично восточный Крым – г. Керчь, Феодосийско-Судакский регион, населенные пункты Ленинского района. Наполнение наливных водохранилищ осуществляется путем переброски объемов воды из Белогорского и Тайганского водохранилищ по руслу реки Биюк-Карасу через

построенный комплекс гидротехнических сооружений в Северо-Крымский канал с дальнейшей перекачкой в наливные водохранилища.

Наливные водохранилища Северо-Крымского канала имеют совокупный объём 145,35 млн м³, а их общая площадь составляет 2020 га. Объём воды в наливных водохранилищах на конец 2017 г. составил 25,5 млн м³ или 17,6% (таблица 3).

Таблица 3

Основные характеристики наливных водохранилищ Северо-Крымского канала

Название	Площадь, га	Полный объём, млн м ³	Наполняемость поквартально, 2017 г., %			
			I кв.	II кв.	III кв.	IV кв.
Зеленоярское	51	3,02	64,4	63,3	62,6	79,0
Ленинское	212	7,7	34,9	44,9	25,1	28,8
Межгорное	400	50,0	3,7	3,4	3,1	20,8
Самарлинское	135	8,0	41,3	40,3	36,3	34,9
Сокольское	65	2,26	50,9	53,1	49,1	50,9
Станционное	270	24,0	28,6	29,1	22,2	21,8
Феодосийское	242	15,37	54,7	66,9	48,7	34,8
Фронтное	645	35,0	10,7	10,2	5,2	4,5
ВСЕГО	2020	145,35	20,6	22,2	16,5	15,2

Источник: [2]

Несмотря на значительные объёмы пресной воды, на которые рассчитаны крымские водохранилища, по факту суммарный объём воды, содержащийся в них, практически никогда не превышает 190 млн м³, который набирается там в самый благоприятный с точки зрения доступных водных ресурсов II квартал.

В настоящее время важнейшим источником водоснабжения в Крыму становятся подземные воды, обеспечивающие более 40% общего забора воды. По состоянию на 01.01.2018 г. на полуострове вода добывалась из 1204 артезианских скважин [2]. Объём забора воды в 2017 г. составил 123,66 млн м³. Данный показатель в 3 раза превысил максимально допустимый, который составляет 40 млн м³ в год [1]. Последствием этого стало несоответствие объёмов поступающей в подземные источники воды и воды, изымаемой из них. В результате отмечается значительный рост минерализации, содержания хлоридов и общей жесткости практически по всем скважинам. При сохранении темпов минерализации воды, она скоро станет недоступной к использованию без дополнительной обработки, что несёт значительные риски, поскольку на подземные воды возлагаются надежды в контексте решения крымского дефицита пресной воды.

Таким образом, начиная с 2014 г., ситуация с водоснабжением в Крыму значительно ухудшилась. В связи с острой нехваткой воды в последние годы наблюдается снижение дебета природных источников, а также понижение уровня водоносных подземных горизонтов и ухудшение качества добываемой воды. Ситуацию усугубляет высокий уровень потерь воды и износа сетей и трубопроводов в коммунальном водоснабжении Крыма. Средний процент потерь на сетях водоснабжения по Республике Крым составляет 52,2 %. Только в жилищном фонде величина потерь воды достигает в среднем по региону 8–27 % от общего водопотребления, а в отдельных городах – 40-60 %.

Доля аварийных и ветхих сетей от общей протяженности трубопроводов питьевого назначения по Республике Крым составляет 63 %, износ водопроводных

очистных сооружений – 75 %, износ канализационных очистных сооружений – 82 %, износ запорно-регулирующей арматуры – до 74 %.

В результате прекращения подачи воды по Северо-Крымскому каналу в Республике Крым действительно возникла угроза острой нехватки пресной воды на нужды всех потребителей. Столь резкое сокращение доступных ресурсов пресной воды привело к ощутимым потерям товаропроизводителей. В абсолютных цифрах потери только сельскохозяйственных производителей составили 9,56 млрд рублей. Помимо физических потерь, под угрозой оказалась инвестиционная привлекательность Крыма, а также, в долгосрочной перспективе, возможность осуществления хозяйственной деятельности в целых районах полуострова.

На современном этапе можно выделить два пути решения проблемы дефицита пресной воды, которые являются взаимодополняющими и в комплексе способны многократно усиливать эффект своего применения, – это минимизация потребления и генерация воды из дополнительных источников. К первому можно отнести снижение потребления конечным пользователем, а также снижение потерь в системах накопления и распределения. Ко второму относятся различные технологии опреснения и повторное использование сточных вод.

Несмотря на то, что основными потребителями водных ресурсов выступают сельское хозяйство и промышленность, тем не менее, в контексте крымской проблемы целесообразно также рассмотреть и методы снижения потребления воды населением. При этом целесообразно изучить передовой опыт вододефицитных стран и регионов мира, а также возможности его адаптации в крымских условиях.

После прекращения подачи воды по Северо-Крымскому каналу в Республике Крым в среднем в год на одного жителя полуострова приходится 75 м³ пресной воды, что по данному показателю ставит Крым на один уровень с такими странами, как Саудовская Аравия, Йемен, Израиль и Иордания. В таблице 4 приведены основные показатели, позволяющие сравнить эффективность использования водных ресурсов указанных стран с Крымом.

Таблица 4

Краткая характеристика стран, схожих с Крымом по объему возобновляемых водных ресурсов

Показатель	Крым	Саудовская Аравия	Йемен	Израиль	Иордания
Территория, тыс. км ²	27,00	2149,69	528,08	22,07	89,34
Население, тыс. чел.	2284,77	34540,56	26832,22	8380,40	7594,55
Объем производства в сельском хозяйстве (с/х), млн долл. США	1268,48	14322,80	3371,83	7719,24	1361,42
Доля с/х в ВВП, %	32,5	1,9	7,8	2,5	3,8
Пресной воды на душу населения, м ³	367,7/75	78	80	91	92
Объем использования внутренних возобновляемых источников пресной воды, %	22,25	100	100	100	100
Производительность с/х на единицу воды, долл. США/м ³	7,40	5,32	1,57	10,12	1,95

Источник: составлено автором на основании данных [3–9].

По состоянию на начало 2018 г. из совокупного объема доступных в Крыму источников пресной воды (в среднем ежегодно 800 млн м³) используется только 22,25% с учётом подземных вод. В обозначенных странах объем использования внутренних возобновляемых источников составляет 100%, при этом непокрытая этим источником потребность в пресной воде обеспечивается, в основном, за счет технологий опреснения. Важно также учитывать, что в данных странах повсеместно распространены технологии минимизации расхода воды при ведении хозяйственной деятельности, что, в отличие от Крыма, делает невозможным увеличение объема доступной воды за счет снижения её расхода.

Учитывая, что проблема дефицита пресной воды для Российской Федерации в целом неактуальна, так как даже самые стрессовые с этой точки зрения регионы обладают достаточными для поступательного развития запасами пресной воды, Крыму необходимо искать возможные способы решения данной проблемы за рубежом. Здесь наибольший интерес заключается в изучении опыта Израиля как наиболее успешного примера, а также на основании схожести некоторых показателей. Тем не менее, не следует пренебрегать и достижениями других регионов.

Особенностью метода снижения потребности в пресной воде путём снижения её расхода заключается в высокой экономической эффективности по сравнению с организацией дополнительной генерации, а также в отсутствии необходимости строительства капитальных сооружений. Данный метод в той или иной форме применялся во многих странах, а его результаты часто превосходили все ожидания.

Исходя из структуры потребления пресной воды в Крыму, при которой на нужды домашних хозяйств приходится более 35 %, что в абсолютном выражении составляет 91,58 млн м³ пресной воды в год, целесообразно сосредоточить внимание на рассмотрении возможных решений, направленных на экономию дефицитного ресурса. При этом показательным является опыт вододефицитных регионов США.

Например, в г. Альбукерке, штат Нью-Мексико, властями была разработана и внедрена программа по сбережению воды. Ее основными шагами стали введение летней надбавки к основному тарифу в размере 25% от основной в случае, если летнее потребление воды превышало зимнее в 2 раза. Вырученные средства были направлены в специально сформированный фонд, из которого впоследствии осуществлялись поощрительные выплаты гражданам, внедрившим у себя те или иные водосберегательные технологии (например, установка двухрежимных смывных бачков, посудомоечных машин, аэраторов и т. п.). Кроме того, из данного фонда финансировались различные мероприятия, призванные увеличить грамотность населения касательно проблемы сбережения воды. Данные меры позволили сократить потребление воды населением на 18 %, то есть ежегодно население стало потреблять на 25,2 млн м³ воды меньше [10].

Актуальным для Крыма является опыт одного из городов в штате Пенсильвания, где была решена проблема нехватки воды из-за высоких потерь в распределительных сетях. До 70 % закачиваемой в водопроводы воды терялись из-за различных протечек и изношенности системы. На 1 тыс. человек ежегодно тратилось до 214,26 тыс. м³ пресной воды. Методом решения проблемы стала установка детекторов утечек, что

позволило снизить их количество на 95%. Это привело к сокращению потребления воды на 60 %, затрат на электроэнергию на 61 %, затрат на различные фильтры и химические компоненты на 47 %. В абсолютных значениях экономия составила 250 тыс. долл. США ежегодно [10].

Одним из шагов, способствующих уменьшению объемов потребления воды населением, является снижение доли питьевой воды в системах водоснабжения, поскольку на её очистку до соответствия предъявляемым питьевой воде требованиям тратится значительный объём ресурсов. При этом непосредственно для питья и употребления в пищу используется только 10 % всей потребляемой домашним хозяйством воды (рис. 1).

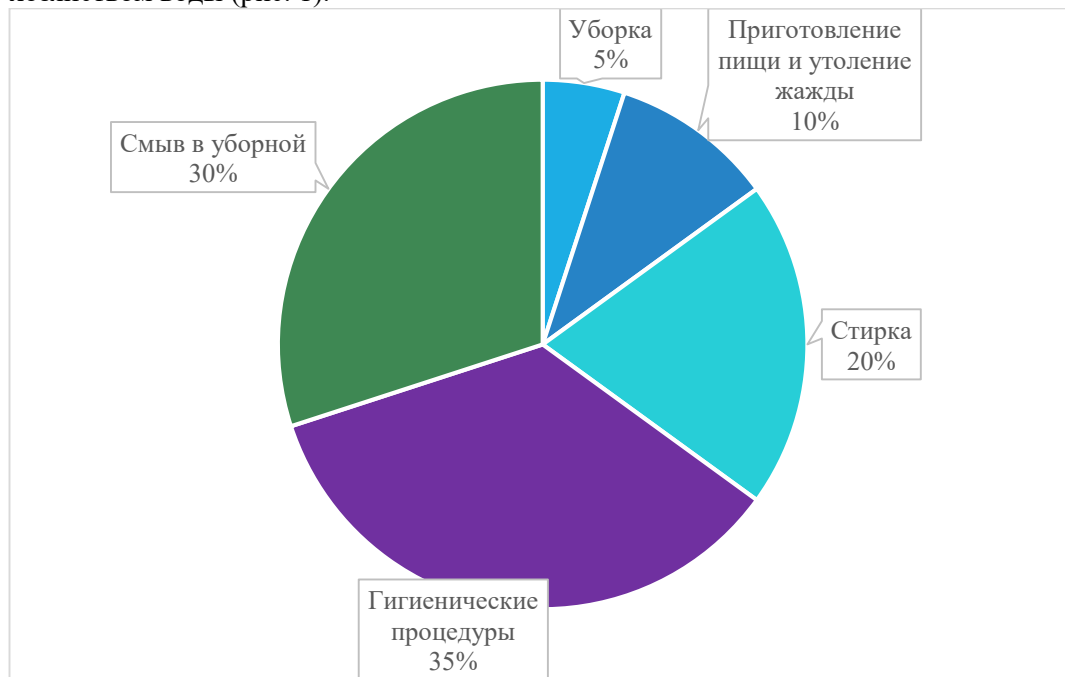


Рис. 1. Структура потребления пресной воды домохозяйством, состоящим из 4-х человек [11].

Учитывая дороговизну получения питьевой воды по сравнению с технической, имеет смысл рассмотреть вариант, при котором в системы водоснабжения будет подаваться техническая, а питьевая в необходимом объёме будет поставляться в пластиковой таре. Либо высвободившиеся ресурсы будут целесообразнее израсходовать на стимулирование установок очистки воды у каждого потребителя отдельно.

Таким образом, применение описанных методик позволяет снизить потребление воды на величину от 18 % до 60 %, не требуя при этом высоких затрат. Данные программы реализовывались в 90-х годах XX столетия, а затраты на внедрение подобных программ составляли в районе 1,5 млн долл. США. С учётом инфляции стоимость обозначенных проектов в текущем году составила бы 2,2 млн долл. США,

что в рублях составляет 147,2 млн руб. При этом важно учитывать, что данные затраты осуществлялись в течение всего времени реализации проекта, что составило 10 лет. Однако данное значение не является окончательным, поскольку необходимо в расчетах учитывать также количество населения/территорию, на которой реализовывается тот или иной проект, чтобы точно определить необходимое количество ресурсов в масштабах Крыма.

Для осуществления данной инициативы предлагается использовать следующий алгоритм:

1) Обеспечить информирование населения о существовании предпосылок к дефициту пресной воды.

2) Обеспечить установку счетчиков на воду, при этом разработав удобный для потребителя механизм, где основная нагрузка по организации ложится на поставщика. В случае неспособности потребителя оплатить установку счётчика данная задача должна быть взята на себя государством. В среднем, установка счетчика снижает потребление воды потребителем на 15 %.

3) Проверка и замена изношенных систем водораспределения, установка систем определения протечек. Наравне с предыдущим, данный шаг составит одну из наибольших долей в структуре затрат на реализацию проекта. Однако он необходим, поскольку пренебрежение им может нивелировать все достигнутые с помощью других шагов положительные эффекты.

4) Введение двойного тарифа на воду, когда при превышении пороговых значений объёма потребленной воды тариф за каждый последующий кубометр увеличен.

5) За счёт средств, полученных от реализации 4 шага, предлагается стимулировать установку водозэффективных устройств, таких как аэраторы, специальные душевые насадки, посудомоечные машины и т. д.

Таким образом, реализация подобной инициативы в Крыму позволила бы сэкономить при самом благоприятном раскладе 24 млн м³ пресной воды хорошего качества в год только за счет домохозяйств. При обозначенной цене реализации проекта стоимость каждого 1 м³ пресной воды составит 5,225 рублей, что на 85% ниже цены за кубометр воды, реализуемой населению в Симферополе [12]. Эта вода, в случае перенаправления на орошение, позволила бы дополнительно снабжать водой 22,49 тыс. га, что на 170,3% больше площади орошаемых земель в 2017 году. Также использование этой воды для замещения добываемой из водоносных пластов позволило бы значительно снизить скорость засоления и наступления экологической и экономической катастрофы.

Зарубежный опыт снижения потерь воды из-за испарения в водохранилищах может значительно поспособствовать улучшению ситуации в Крыму, поскольку здесь расположено водохранилищ, суммарная площадь которых составляет 3614,0 га. Для жаркого лета в Крыму характерны большие объёмы испаряемой воды. Здесь ярким примером служит проект, реализованный также в США. Там для решения проблемы испарения были применены специальные пластиковые шары черного цвета, которыми была покрыта поверхность водохранилищ Элизиан и Иванхо в Калифорнии [13]. Около 96 млн шаров диаметром 10 см каждый и стоимостью 0,36

долл. США позволили снизить испарение воды с поверхности водохранилищ площадью 0,7 км² на 85%. Стоимость всего проекта составила 34,5 млн долл. США, однако это позволило снизить потери воды на 1,1 млн м³ в год, а за весь срок эксплуатации экономия составит 250 млн долл. США. Аналогичные по сути проекты также были реализованы и в юго-восточной части Испании на резервуарах, предназначенных для сбережения воды на нужды сельского хозяйства. Однако там для защиты от испарения были использованы тканевые материалы. Это позволило снизить потери воды на 70–80 % [14]. Стоимость внедрения данной системы составила от 26832 евро до 43332 евро в зависимости от технических особенностей объекта. Операционные расходы и расходы на содержание варьировались в диапазоне 100-400 евро/га в год. Проект является выгодным в условиях дефицита воды, также присутствует косвенный эффект, заключающийся в уменьшении концентрации солей в воде, что снизило скорость уменьшения плодородности почв.

Если использовать значения испарения, которые наблюдались в США на водоёмах, для которых разрабатывался проект с использованием черных шаров, в Крыму ежегодно с водохранилищ испаряется 30,7 млн м³ воды. Применение технологии, используемой за рубежом, позволило бы снизить это значение до 4,6 млн м³, сэкономив 26,1 млн м³ пресной воды. С учетом разницы площадей, но без учета других факторов, в Крыму реализация аналогичного проекта обойдётся в 1,8 млрд долл. США. В таком случае, каждый сэкономленный кубометр воды обошелся бы в 3,9 тыс. руб. за год. Поэтому данный проект является экономически нецелесообразным в реалиях Крыма.

На этом фоне опыт по борьбе с потерями вследствие испарения в Испании кажется более привлекательным. Если просто перенести достигнутые результаты на крымские условия, то в результате данного проекта при благоприятном развитии можно сохранить до 30,7 млн м³. При этом на каждый сохранённый кубометр за год потребуется 75 рублей, что находится в пределах нормы. Но здесь существует проблема, поскольку в Испании проект реализовывался на множестве водохранилищ малой площади (до 0,3 га), поэтому вопрос масштабируемости на крупные водохранилища Крыма по-прежнему остаётся не изучен. Вполне возможно, что при применении технологий данного проекта, его стоимость из расчета на сохранённый 1 м³ воды возрастёт многократно.

Применение передовых технологий в сельском хозяйстве позволит также снизить потребление воды в этой сфере. Компромиссным способом снижения потребления пресной воды сельским хозяйством является применение так называемого контролируемого дефицита орошения. Суть данного метода заключается в снабжении растений объёмом воды меньшим, чем им необходимо. При этом важно полностью осознавать процессы, происходящие с растением на той или иной стадии роста в зависимости от объёма доступной воды. Поэтому при рассмотрении практического применения этой системы необходимо проводить дополнительные практические исследования.

В сельском хозяйстве также существует проблема испарения воды с поверхности орошаемых земель, что значительно повышает потребность растений в пресной воде. Частично решить проблему помогает так называемое мульчирование, суть которого

заключается в покрытии почвы вокруг культур каким-либо материалом. Данный метод целесообразно применять в комбинации с методом контролируемого дефицита орошения. Проведенный в Испании эксперимент показал, что в сочетании с методом контролируемого дефицита орошения при снижении объёма орошения на 50% урожайность кукурузы снизилась на 25%, что характеризует этот способ как эффективный. Результаты приведены на рис. 2.

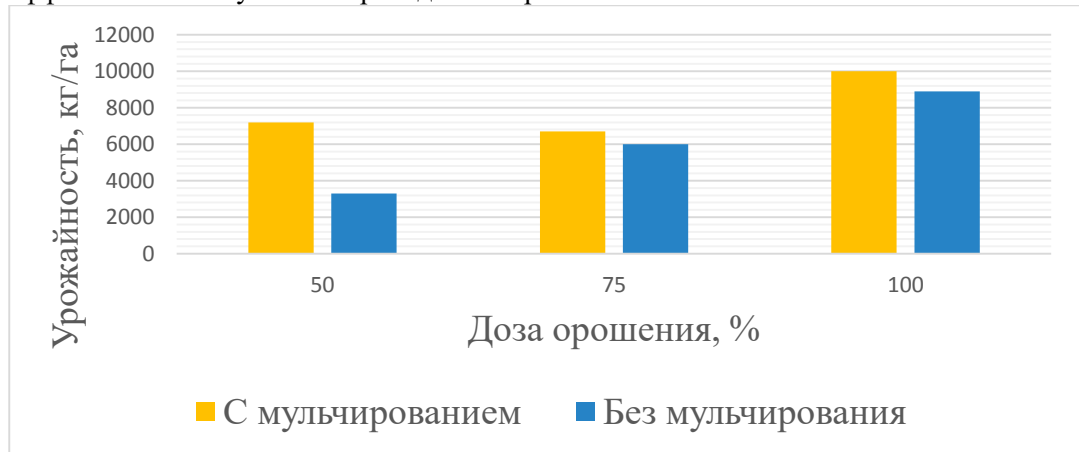


Рис. 2. Эффективность комбинирования методов контролируемого дефицита орошения и мульчирования с использованием материала при влажности 14%.

Источник: [15]

Ещё одним плюсом является возможность его применения повсеместно, но наибольшая эффективность достигается в местах с обильным выпадением осадков в зимний и засухами в весенне-летний периоды.

В реалиях крымской проблемы дальнейшее изучение контролируемого дефицита орошения и мульчирования с использованием различных синтетических материалов может снизить потребность в воде, необходимой для орошения, на 50 %, при этом урожайность снизится на 30 %. Если результаты будут совпадать с результатами, полученными в Испании, то в этом случае представляется возможным орошать в 2 раза больше территорий при неизменном потреблении воды. При этом объем производимой продукции составит 140 % от первоначального. Либо же при сохранении объема урожая можно сохранить до 29 % воды, используемой для орошения. Стоимость же за материал составит 600-800 евро. При таких условиях, каждый сохранённый кубометр воды обходится в 67,50-90 руб. и данное значение будет снижаться в зависимости от возможности многократного использования материала для мульчирования. Однако данная стоимость не окончательная и может увеличиться на величину затрат, необходимую на изучение воздействия контролируемого дефицита орошения и мульчирования на культуру, в отношении которых данных исследований не велось. Поэтому экономическая целесообразность под вопросом.

Одним из потенциально эффективных методов также является научно-обоснованное планирование орошения, учитывающее потребности культур к поливу

в зависимости от периода роста. Этот метод был успешно внедрён в Великобритании, Греции и Франции. Для его успешного применения необходимо наличие крепкой научной базы и создание системы информирования о научных результатах и необходимых к проведению шагов. Так, во Франции для информирования фермеров используются брошюры, содержащие всю необходимую информацию касательно циклов полива. В Греции была создана сеть датчиков на большинстве сельскохозяйственных угодий, при помощи которых производился мониторинг почв, объединенных в единую информационную систему. Информирование потребителей воды осуществлялось посредством СМС-уведомлений о необходимости увеличения либо снижения интенсивности полива. Затраты на систему составили 2000 евро на датчики и 380 евро ежегодно на обеспечение деятельности информационной системы. Это позволило снизить потребление воды на 9-20% в зависимости от культуры [16].

Внедрение подобной системы обойдётся, основываясь на греческом опыте, в 150000 руб. на создание самой системы, а также по 28500 рублей ежегодно на обеспечение её функционирования. Помимо этого, будут присутствовать дополнительные затраты на датчики, устанавливаемые фермерами в своих угодьях. Стоимость одного датчика составляет 22500 руб., а срок службы доходит до 10 лет. Совокупность рекомендованных к применению мер позволит сократить потребление пресной воды на 30 %.

Касательно индустриального сектора, как уже отмечалось, основная проблема использования пресной воды заключается в высоких потерях в сетях распределения. К сожалению, единого метода решения, который можно было бы внедрить на большинстве производств, не существует, поэтому оценка текущего положения и поиск подходящего решения необходимо осуществлять на каждом предприятии отдельно. Установка систем автоматического прекращения и возобновления подачи воды способствует уменьшению потребления воды до 15 %, повторное использование промывочной воды снижает потребление до 50 %, а внедрение систем циркуляции воды замкнутого цикла снижает потребление воды до 90%, однако данная система является весьма затратной с долгим сроком окупаемости [17]. Кроме того, одним из способов экономии воды на производстве является уменьшение давления в системах распределения, поскольку на каждый 1% сниженного давления приходится 0,5% сниженного потребления воды. Также похожая ситуация и с градирнями, где на каждый сниженный 1% нагрузки на данную структуру приходится до 1% снижения в потребности воды для охлаждения. Несомненным преимуществом данных методов является отсутствие каких-либо вложений, а также сопутствующая экономия электроэнергии. Однако далеко не на каждом производстве техпроцесс позволяет подобное применять.

Рассмотрев возможные варианты снижения потребления и потерь пресной воды, можно обратиться к изучению возможностей дополнительной генерации пресной воды. Здесь необходимо выделить две основные методики, которые уже опробованы и используются во многих стрессовых регионах мира. Речь идёт об опреснении воды, а также о повторном использовании сточных вод.

По состоянию на конец 2017 года в мире представлено 17 000 опреснительных заводов совокупной мощностью 71,6 млн м³ в день. По сравнению с 2008 годом прирост мощности составил 12,3%. Кроме того, 244 опреснительных установок (дополнительно 9,1 млн м³ в день) находятся в стадии строительства. Всего технологии опреснения морской воды применяются в 150 странах мира. Средний объем производства пресной воды составляет около 38 млн тонн в год [18].

Рассматривая возможности по дополнительной генерации пресной воды, самым эффективным примером является опреснительный завод «Сорек» в Израиле. Способный производить до 227,8 млн м³ пресной воды в год, его стоимость составила всего 500 млн долл. США. Вода с данного завода реализуется по цене 0,58 долл. США за м³, что равняется 38,81 рублей. Это значение лишь на 10,9% выше, чем установленный для населения Симферополя тариф на водоснабжение. Для предприятий и государственных органов цена ещё выше. При норме рентабельности в 20% завод окупит себя за 20 лет (без учёта дисконтирования), а в дальнейшем будет приносить прибыль в размере 1,4 млрд рублей в год. Один подобный завод позволит обеспечить водой всех потребителей Северного Крыма, а на его продукцию будет существовать гарантированный спрос из-за промышленных предприятий, для которых пресная вода является неотъемлемой составной частью производства. Однако первоначальный объем инвестиций составляет 28,5 млрд руб., что превышает текущий объем средств, выделенный на реализацию программ по борьбе с угрозами дефицита воды, в 8,6 раз. Тем не менее, технологии, применяемые на израильском заводе, масштабируемы, поэтому целесообразным является изучение возможности создания менее масштабных предприятий в отдельных районах полуострова для обеспечения текущих потребностей. Данный проект является целесообразным и должен быть более подробно изучен, поскольку строительство подобного завода позволило бы значительно улучшить ситуацию с пресной водой в Крыму. Перспективным представляется вариант реализации этого проекта в форме государственно-частного партнёрства.

Несмотря на перспективность данной технологии, у нее есть и ряд недостатков. Помимо высоких затрат на электроэнергию и долгой окупаемости, одним из основных является производство концентрированного соляного раствора, который необходимо утилизировать. В случае обратного слива в море это приведёт к росту засоленности воды и снижению эффективности опреснительных установок. При создании свалок этого концентрата на территории Крыма это может привести к просачиванию в подземные воды и ухудшению, в свою очередь, их состояния.

Еще одним источником пополнения водных запасов Крыма может стать известная с советских времен технология искусственного вызывания осадков или осаждения облаков. Тем более, что во времена СССР подобный полигон существовал в Крыму. Данная технология позволяет увеличить количество дождей на 30-40%, что, по подсчетам ученых, составляет около 2 млрд м³ воды в год, в то время как по Северо-Крымскому каналу Крым получал около 1,5 млрд м³ воды в год [19]. Таким образом, использование технологий искусственного осаждения осадков позволит наполнить все горные водохранилища. Кроме того, это будет способствовать увлажнению всей горнолесной местности, где подпитываются верховья рек Крыма.

Осадки, вызванные искусственным путем, смогут пополнить запасы подземных вод, что в свою очередь позволит сельхозпроизводителям осуществлять повышенный отбор и бережное капельное орошение. Мировой опыт доказывает высокую эффективность данной технологии. В особенности примечателен опыт Китая, который в 2015-2016 годах, используя искусственное выпадение осадков, получил 53 км³ воды на площадь 470 тыс. км².

Развертывание системы искусственного выпадения осадков в Крыму оценивается в 500 млн рублей, при этом стоимость 1 м³ воды составит около 5-7 рублей [19].

Однако у данной технологии есть и существенный недостаток. Искусственное вызывание осадков невозможно применять на таких больших площадях, как Крымский полуостров, тем не менее есть возможность его использования локально, в определенных местностях, где наиболее остро ощущается дефицит воды.

Если рассматривать возможные варианты дополнительного использования сточных вод, то здесь основным препятствием является то, что для расширения сфер их применения необходимы крупные капиталовложения в очистные сооружения. В этой связи целесообразнее рассмотреть возможность дополнительной очистки сточных вод на уже существующих мощностях до уровня, позволяющего использовать их в сельском хозяйстве. В настоящее время такие работы активно ведутся, в том числе и учеными Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Следует отметить, что данная технология не нова для Крыма, разработки велись и ранее. Однако в связи с тем, что по Северо-Крымскому каналу поступало достаточно воды, научные изыскания приостановили. В настоящее время дальнейшая разработка подобных технологий имеет важное значение.

Возможности использования технологии очистки сточных вод достаточно широкие. На сегодняшний день в Крыму ежедневно происходит сброс 700 тыс. м³ воды, которая в дальнейшем не используется. Применение технологии очистки позволит направить воду в водоемы для дальнейшего удовлетворения сельскохозяйственных нужд. В целом, при успешной реализации технология очистки и доочистки воды позволит использовать в сельском хозяйстве ежегодно до 40 млн м³ воды [20].

Следует отметить, что несмотря на перспективность подобных решений, проект все же имеет и ряд недостатков. Так, согласно действующим СанПиН, например, запрещено использование очищенных сточных вод для орошения овощных культур, картофеля и ягодников. Но их можно применять для орошения лесополос, лесопитомников, в том числе и питомников по выращиванию плодовых деревьев [20]. Кроме того, необходима модернизация канализационно-очистных сооружений для обеспечения необходимого уровня очистки воды, что может быть весьма затратным. В настоящее время пилотный проект реализуется в Советском районе Республики Крым, а результаты применения очищенной воды в орошении различных культур будут в начале 2019 г. Таким образом, применение очищенных сточных вод как перспективного альтернативного источника воды, хоть и не позволит полностью устранить дефицит водных ресурсов, но будет способствовать сглаживанию его негативных последствий.

ВЫВОДЫ

Проблема дефицита пресной воды действительно угрожает Крыму, и жители, и бизнес республики уже понесли ощутимые потери. Тем не менее, применение комплексного подхода будет способствовать не только значительному снижению объёмов потребления дефицитного ресурса, но и наращиванию собственного его производства по конкурентоспособной цене.

Для сокращения спроса на воду предлагается использование следующих мер:

- более рациональное использование водных ресурсов потребителями, а также устранение огромных потерь воды при водоснабжении;

- перераспределение воды путем межсекторальных или внутриотраслевых перебросок и использование ее для наиболее продуктивных целей.

В то же время в целях увеличения предложения водных ресурсов в Крыму целесообразно провести следующие мероприятия:

- увеличение накопления воды, предусматривающее реконструкцию и техническое перевооружение гидротехнических сооружений;

- использование технологии искусственного выпадения осадков с целью наполнения водохранилищ в наиболее вододефицитных районах Крыма;

- рециркуляция и повторное использование воды путем создания экологически обоснованных систем, учитывающих весь водный цикл для различных потребителей воды;

- борьба с загрязнением, что сможет увеличить объемы потребляемых водных ресурсов;

- межбассейновая переброска и опреснение воды, что позволит устранить локальные дефициты воды в вододефицитных районах Республики Крым.

На сегодняшний день в мире уже было реализовано обширное количество различных программ и внедрен широкий спектр технологий, которые целесообразно использовать в крымских условиях. Поэтому реализация подобных проектов будет способствовать решению проблемы дефицита пресной воды в Крыму, что, помимо социального эффекта, позволит значительно увеличить инвестиционную привлекательность отдельных районов полуострова.

Исследование выполнено в рамках поддержанного Государственным Советом Республики Крым гранта молодым ученым Республики Крым за проект «Использование мирового опыта в преодолении дефицита водных ресурсов в Республике Крым» (Постановление Президиума Государственного Совета Республики Крым от 6 февраля 2018 г. № n593–1/18).

Список литературы

1. Обеспеченность населения и экономики Крыма водными ресурсами в условиях отсутствия поступления в Крым днепровской воды по Северо-Крымскому каналу // Государственный комитет по водному хозяйству и мелиорации Республики Крым [Электронный ресурс]. URL: <http://gkvod.rk.gov.ru/rus/info.php?id=617266>

2. Доклад «О состоянии и охране окружающей среды на территории Республики Крым в 2017 году // Министерство экологии и природных ресурсов Крыма. – Омск, 2018. – 585 с.

3. World Data Bank. International Bank for Reconstruction and Development. [Электронный ресурс]. URL: http://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.TOTL?year_high_desc=true

4. Республика Крым. Вода России. [Электронный ресурс]. URL: http://water-ff.ru/Регионы_России/2536/Республика_Крым
5. Обеспеченность населения и экономики Крыма водными ресурсами в условиях отсутствия поступления в Крым днепровской воды по Северо-Крымскому каналу // Государственный комитет по водному хозяйству и мелиорации Республики Крым [Электронный ресурс]. URL: <http://gkvod.rk.gov.ru/rus/info.php?id=617266>
6. Итоги социально-экономического развития Республики Крым // Министерство экономического развития Республики Крым. [Электронный ресурс]. URL: http://minek.rk.gov.ru/file/macro_2017_v13022018.pdf
7. Israel Economy GDP Structure // Israel Ministry of Foreign Affairs [Электронный ресурс]. URL: <http://mfa.gov.il/MFA/AboutIsrael/Economy/Pages/ECONOMY%20Sectors%20of%20the%20Economy.aspx>
8. Dr. W. R. White. World Water: Resources, usage and the role of man-made reservoirs // Foundation for Water Research. 2013. P. 49–61. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.fwr.org/wwtrstrg.pdf>
9. Hamdy A. Water use efficiency in irrigated agriculture: an analytical review in WASAM ED project for Water Use Efficiency and Water Productivity for the Mediterranean area, presented at the 4th workshop in Jordan // European Journal of Economy. 2015. P. 34–61 [Электронный ресурс]. URL: https://www.researchgate.net/profile/Marcello_Mastrorilli/publication/222527389_Water_use_efficiency_of_crops_cultivated_in_the_Mediterranean_region_Review_and_analysis/links/0a85e530f154a3b1ff000000/Water-use-efficiency-of-crops-cultivated-in-the-Mediterranean-region-Review-and-analysis.pdf
10. Whitman C. T. How Efficiency Programs Help Water Utilities Save Water and Avoid Costs // Water Case studies [Электронный ресурс]. URL: <https://www.epa.gov/sites/production/files/2017-03/documents/ws-cases-in-water-conservation.pdf>
11. Angela Morelli. Water Footprint Network [Электронный ресурс]. URL: <http://thewaterweeat.com/>
12. ГУП РК Вода Крыма. Тарифы для населения [Электронный ресурс]. URL: <http://voda.crimea.ru/tarify>
13. В Лос-Анджелесе с засухой борются с помощью черных шаров // Корреспондент.net. 2015. 13 августа [Электронный ресурс]. URL: <http://korrespondent.net/world/3551090-v-los-andzhelese-s-zasukhoi-boruitsia-s-pomoschui-chemnykh-sharov>
14. Martinez–Alvarez V. Experimental assessment of shade-cloth covers on agricultural reservoirs for irrigation in south-eastern Spain // Spanish Journal of Agricultural Research. 2010. P. 5–15 [Электронный ресурс]. URL: http://www.futurewater.nl/wpcontent/uploads/2011/04/Martinez_Alvarez_et_al_2010.pdf
15. Fernandez J. E., Daryanto S., Wang L., Jacinthe P. Can ridge-furrow plastic mulching replace irrigation in dryland wheat and maize cropping systems? 2015. P. 73–133 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.sciencedirect.com/science/journal/03783774>
16. Fereres E. Deficit irrigation for reducing agricultural water use [Электронный ресурс]. URL: https://oup.silverchair-cdn.com/oup/backfile/Content_public/Journal/jxb/58/2/10.1093/jxb/erl165/2/erl165.pdf?Expires=1495506540&Signature
17. Cost-effective water saving devices and practices – for industrial sites // Data Booklet. 2013. P. 3–26. [Электронный ресурс]. URL: http://www.wrap.org.uk/sites/files/wrap/GG523_industrial%20Cost-effective%20water%20saving%20devices%20and%20practices%20-%20for%20industrial%20sites.pdf
18. International Desalination Association [Электронный ресурс]. URL: <http://idadesal.org/>
19. В Крыму потратят миллионы на искусственные осадки // Новости Крыма. [Электронный ресурс]. URL: <https://crimea-news.net/problemi/item/1000-v-krymu-potratjat-milliony-na-iskusstvennye-osadki.html>
20. Доочистим и польем? // Российская газета [Электронный ресурс]. URL: <https://rg.ru/2018/11/05/reg-ufo/krymskie-uchenye-predlozhili-ispolzovat-stochnuuiu-vodu-dlia-poliva.html>

Статья поступила в редакцию 26.11.2018