

УДК 502/504:631.674(477)

В.И. КРЕМЕНСКОЙ, М.В. ВЕРДЫШ

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма», г. Симферополь, Республика Крым, Россия

СТОЧНЫЕ ВОДЫ КАК ПЕРСПЕКТИВНЫЙ РЕСУРС ПОВЫШЕНИЯ ВОДОБЕСПЕЧЕННОСТИ РЕСПУБЛИКИ КРЫМ

В статье приведен опыт использования сточных вод для нужд орошения в зарубежных странах. Проведен анализ состояния отведения и очистки сточных вод в Республике Крым. Рассмотрены результаты использования сточных вод в Крыму в предыдущий период. Изучены возможности использования сточных вод в современных условиях с применением новых технологий очистки и техники полива. Определены перспективные районы внедрения орошения на сточных водах. Приведены особенности технологии выращивания сельскохозяйственных культур при использовании сточных вод на орошение сельскохозяйственных культур, а также их влияние на состояние почвы.

Орошение, оросительная система, сточные воды, очистные сооружения, подпочвенное орошение.

Введение. Сточные воды – воды, загрязненные бытовыми и производственными отходами, удаляемые с территорий населенных пунктов и промышленных предприятий системами водоотведения [1]. Использование хозяйственно-бытовых сточных вод в земледелии и сельском хозяйстве достаточно широко применяется, особенно в странах с засушливым климатом. Это позволяет экономить водные ресурсы, минеральные и органические удобрения, увеличивать производство продуктов питания. Полив зеленых насаждений очищенными сточными водами широко распространен в США, Германии, Израиле, Латинской Америке, Австралии, средиземноморских и арабских странах, в Северной Африке и Индии. Полив осуществляют как внутрипочвенно, с помощью сети подземных оросителей, так и поверхностно. К примеру, значительная часть стоков Мехико используется для ирригации более 80 тыс. га земли, занятой люцерной, маисом, ячменем, овсом и другими сельскохозяйственными культурами [2]. В Тунисе на нужды сельскохозяйственного и ландшафтного орошения используется 30...45% всех очищенных сточных вод. Вода после очистки используется на площади более 8 тыс. га для орошения зерновых, технических, цитрусовых и других культур, кроме овощных. За использование очищенных сточных вод взимается плата в размере 0,01 долл/м³ (2009 г.) в виде налога на воду. В будущем площадь земель, орошаемых сточными водами, планируется довести до 30 тыс. га [3].

Ввиду прекращения подачи воды по Северо-Крымскому каналу актуальной

является проблема поиска альтернативных источников водоснабжения, способных частично решить проблему нехватки воды для нужд орошаемого земледелия. Кроме повышения урожайности сельскохозяйственных культур, использование сточных вод для полива сельскохозяйственных культур дает возможность утилизировать сточные воды под воздействием жизнедеятельности почвенных микроорганизмов, воздуха, солнечных лучей, обработки почвы и других факторов.

Результаты и обсуждения. Анализ существующей в Республике Крым ситуации с использованием сточных вод показал, что практически во всех городах и поселках сложилась сложная обстановка с их отведением и очисткой. По данным на 2014 год, на территории полуострова функционируют 116 канализационно-очистных сооружений общей мощностью 280,26 млн м³/год. Крупнейшие по производительности очистные сооружения – в г. Симферополе (170 тыс. м³/сут.), также большие очистные расположены в городах: Ялта – 80 тыс. м³/сут., Евпатория – 78 тыс. м³/сут. Наиболее широко представлены в Крыму очистные станции малых городов и поселков мощностью 0,5...10 тыс. м³/сут. (44 шт.) и сельских населенных пунктов мощностью 100...500 м³/сут. (41 шт.). 68...85% объема сточных вод сбрасывается в Черное и Азовское моря, озеро Сиваш, реку Салгир и прочие водные источники, что негативно влияет на экологическое состояние водных объектов. В 2014 г. объем сточных вод, сброшенных в поверхностные водные источники, составил 120,6 млн м³.

Основным источником сточных вод являются коммунально-бытовые стоки, на долю которых приходится более 80% сброса сточных вод в поверхностные источники [4]. Наибольшие объемы сточных вод сбрасываются в городах: Симферополь –

44,16 млн м³, Ялта – 20,54 млн м³, Евпатория – 9,49 млн м³, Феодосия – 9,16 млн м³, а также в Красноперекопском районе – 13,51 млн м³. Динамика объемов общего водоотведения в Крыму приведена на рисунке 1.



Рис. 1. Динамика объемов сточных вод в Крыму (2000-2014 гг.)

В 70-90-е гг. в Крыму были проведены опыты по изучению влияния сточных вод на урожайность сельскохозяйственных культур и внедрены технологии орошения сточными водами в условиях производства. Результаты полевых опытов, производственной проверки и внедрения технологии использования городских сточных вод на сельскохозяйственных полях орошения Сакского, Симферопольского и Ленинского районов свидетельствовали о том, что орошение сточными водами обеспечивает повышение урожайности всех культур в севообороте в 2...4 раза. В условиях полевых опытов при орошении сточными водами г. Евпатории в зависимости от применяемых мелиоративных приемов урожайность кукурузы на силос составила 520...680 ц/га, озимой пшеницы – 43...72 ц/га, кормовой свеклы – 1930...2430 ц/га, без орошения – соответственно 211, 20 и 460 ц/га. В бывшем колхозе имени Горького Сакского района на участке внутрипочвенного орошения очищенными сточными водами на площади 50 га за 9 лет эксплуатации системы урожайность сельскохозяйственных культур составила: озимого ячменя – 41 ц/га; кукурузы на зеленую массу – 400 ц/га; люцерны на зеленую массу за 2 укоса – 360 ц/га; люцерны на семена – 6 ц/га. При орошении сточными

водами г. Симферополя в комплексе с мелиоративными и агротехническими мероприятиями урожайность кукурузы на зеленую массу увеличилась на 200...250 ц/га, озимой пшеницы – на 18...20 ц/га, многолетних трав – на 200...300 ц/га [5]. В опытном хозяйстве Крымского научно-исследовательского центра Института гидротехники и мелиорации в селе Желябовка Нижнегорского района на системе внутрипочвенного орошения сада и виноградника на площади 2,8 га проводился полив очищенной сточной водой круглогодично. За 12 лет эксплуатации системы урожайность винограда сорта Ркацителли составила от 70 до 158 ц/га. В 1991 г. в Крыму для нужд орошения использовалось около 17 млн м³ очищенных сточных вод в хозяйствах Симферопольского, Сакского и Ленинского районов.

Опыт применения орошения сточными водами в Крыму и в других районах показывает, что для выращивания на сельскохозяйственных полях орошения желательны культуры с высоким водопотреблением, выносом солей и биогенных веществ с урожаем, а также с возможностью максимальной механизации работ по уходу и уборке урожая. В соответствии с санитарно-гигиеническими и ветеринарными требованиями на орошаемых сточными водами уго-

дьях разрешается выращивать технические культуры, зерновые на фураж, кормовые, древесно-кустарниковые, в том числе декоративные и полезащитные насаждения. Выращивание плодовых культур, продукция которых идет на переработку, согласовывается со службами санитарно-эпидемиологического надзора с учетом санитарного качества сточных вод и санитарно-эпидемиологического состояния конкретного объекта. Не допускается орошение сточными водами овощей, бахчевых и ягодных культур.

Проектирование, строительство, эксплуатация оросительных систем с применением сточных вод и сельскохозяйственных полей орошения, а также качественный состав сточных вод, инженерно-технические мероприятия по охране водных ресурсов и почвы должны осуществляться с учетом требований СанПиН 2.1.7.573-96 «Гигиенические требования к использованию сточных вод и их осадков для орошения и удобрения», ГОСТ 17.1.2.03-90 «Охрана природы. Гидросфера. Критерии и показатели качества воды для орошения», НТП-АПК 1.30.03.02-06 «Нормы технологического проектирования оросительных систем с использованием сточных вод», СНИП 2.06.03-85 «Мелиоративные системы и сооружения». Количество и размеры взвешенных частиц и механических включений принимают с учетом технических требований оросительной сети и техники полива. Принимается режим орошения, рекомендуемый в данной зоне с учетом ограничений, связанных с содержанием в воде минеральных солей и питательных веществ, а также карантинного срока между уборкой урожая и последним поливом, составляющим для условий Республики Крым не менее 10 дней. Наиболее эффективными, с точки зрения санитарно-экологической безопасности, являются оросительные системы с закрытой сетью, с применением внутрипочвенного способа полива с подачей воды через систему трубок-увлажнителей, заложенных на глубину 0,25...0,35 м. Внутрипочвенное внесение сточных вод исключает поверхностное загрязнение почвы патогенными микроорганизмами, а при правильном режиме орошения глубина промачивания не превышает 1 м, что исключает возможность загрязнения грунтовых вод, если они расположены на большей глубине.

При планировании размещения участков, орошаемых сточными водами, и выра-

щивании сельскохозяйственных культур на сельскохозяйственных полях орошения необходимо внедрение специально разработанных севооборотов, проведение агротехнических и мелиоративных мероприятий и ведение систематического гидрогеолого-мелиоративного контроля на орошаемых сточными водами участках [6, 7].

Многолетний опыт орошения сточными водами городов, расположенных в зоне степи Украины (Одессы, Кривого Рога, Донецка), показывает положительное влияние сточных вод на содержание органического вещества в почве. По сравнению с неорошаемыми участками его содержание в пахотном слое повышается в отдельных случаях на 0,3...1%. Также отмечается повышение содержания поглощенного натрия. При этом прослеживается прямая зависимость между содержанием натрия в оросительной воде и почвенном поглощающем комплексе. Увеличение объемной массы на 0,1...0,3 г/см³ объясняется изменением в структуре почвы и ее уплотнением при поливах, что особенно заметно при орошении водами с повышенной минерализацией.

В 2015 г. в Республике Крым были проведены исследования качества сточных вод г. Симферополя и коллекторно-дренажных вод Джанкойского района, а также технологии очистки сточных вод, разработанные ООО «Сибводразработка». Результаты исследований показали возможность достижения глубокой очистки сточных вод. Полученная вода по своим показателям (рН – 6...8; сумма солей – около 200...1000 мг/дм³, общая жесткость – от 2 до 10 мг-экв/дм³, сульфаты – не более 500 мг/дм³, хлориды ≈ 500 мг/дм³) может быть использована для полива зерновых, а также кормовых и технических культур.

Согласно данным по объемам очищенных сточных вод за вегетационный период в 2014 г. с учетом потерь при транспортировке и средней оросительной нормы для разрешенных к поливу сточными водами сельскохозяйственных культур были рассчитаны площади сельскохозяйственных угодий, которые могут орошаться сточными водами (табл. 1). Полученные данные свидетельствуют, что при полном использовании ресурса сточных вод Республики Крым и условии дополнительной очистки, а также ответственности санитарно-гигиеническим и экологическим нормам возможен полив около 18 тыс. га сельскохозяйственных угодий.

**Перспективные площади орошения очищенными сточными водами
в Республике Крым**

Наименование города, района	Объем сточных вод за вегетационный период, тыс. м ³	Возможные площади орошения сточными водами, га
Бахчисарайский район, в т.ч. г. Бахчисарай	511	153,2
Белогорский район, в т.ч. г. Белогорск	142	42,6
Джанкойский район, в т.ч. г. Джанкой	837	251,1
Кировский район	56	16,7
Красногвардейский район	1289	386,6
Красноперекопский район, в т.ч. г. Красноперекопск	6758	2027,3
Ленинский район	2782	834,5
Нижнегорский район	-	-
Первомайский район	349	104,6
Раздольненский район	-	-
Сакский район, в т.ч. г. Саки	-	-
Симферопольский район, в т.ч. г. Симферополь	22083	6624,9
Советский район	-	-
Черноморский район	126	37,8
г. Судак	669	200,7
г. Алушта	2116	634,7
г. Евпатория	4750	1424,9
г. Керчь	3994	1198,1
г. Феодосия	4580	1373,9
г. Ялта	10270	3081,0
Всего по Республике Крым	61312	18392,6

Наиболее перспективными районами внедрения орошения сточными водами являются пригородные зоны г. Симферополя и прибрежных городов Ялты, Евпатории, Керчи, Феодосии, Алушты, а также некоторые районы степной части Крыма. На возможных площадях полива в горной части Республики Крым и на Южном берегу сточные воды при условии строгого соблюдения всех санитарно-экологических норм могут использоваться для полива технических сортов винограда, а также ландшафтного орошения декоративных насаждений вне рекреационных зон. В степной и предгорной частях Крыма сточные воды могут применяться для полива интенсивных зерно-кормовых севооборотов, насыщенных силосными культурами (кукурузой, сорго), однолетними и многолетними травами, бобовыми культурами с целью обеспечения устойчивой кормовой базы для животноводства. Также в этой зоне сточные воды могут использоваться для полива технических культур (подсолнечника, рапса, горчицы), полезационных лесонасаждений и древесных питомников.

Кроме бытовых сточных вод населенных пунктов, перспективным источником пригодных для орошения сточных вод являются индивидуальные очистные сооружения санаториев, пансионатов и домов отдыха, расположенных в приморской зоне. Рекреационные объекты оборудуются малыми очистными сооружениями, обеспечивающими глубокую очистку сточных вод. В Республике Крым широко представлены индивидуальные очистные системы фирм ЮБАС, EUROBION, BIOTAL, ТОПОЛ-ЭКО, БИОСИСТЕМЫ и др. Техническая вода, полученная в результате глубокой биологической очистки индивидуальными очистными сооружениями BIOTAL, имеет высокие показатели очистки, соответствующие нормам Европейского союза:

- БПК₅ (биологическая потребность в кислороде) ≤ 5...7 мг О₂/л;
- ХПК (химическая потребность в кислороде) ≤ 50 мг О₂/л.

Важным элементом подобных систем является применение обеззараживания ультрафиолетовым излучением от бактериологического загрязнения. За последние годы накоплен положительный опыт утилизации

хозяйственно-бытовых сточных вод пансионатов путем капельного внутрипочвенного полива в Черноморском, Симферопольском и Ленинском районах, а также на южном берегу Крыма.

Выводы

При дальнейших исследованиях по обоснованию технологии орошения сточными водами в условиях Республики Крым необходимо:

- проведение систематических анализов химического состава сточных вод всех перспективных для использования источников и их осадков на соответствие агрономическим, экологическим, санитарно-эпидемиологическим критериям, а также мониторинг почвенного покрова и контроль качества выращенной на орошении сточными водами продукции;

- разработка элементов технологий выращивания сельскохозяйственных культур и обработки почвы с учетом качества поливной воды, биологических особенностей культур, почвенно-гидрологических и экономических условий;

- расчет экономической эффективности капитальных вложений в строительство или реконструкцию участков, орошаемых сточными водами, с учетом величины предотвращенного экологического ущерба водным источникам; при проектировании новых участков – их размещение как можно ближе к источнику стоков с целью уменьшения затрат на строительство оросительной сети и водоподачу, минимизации влияния сточных вод на окружающую среду.

При подтверждении экономической эффективности и экологической безопасности имеющихся схем очистки сточных вод целесообразна разработка проектов строительства объектов водоподготовки для целей орошения с включением их в программы развития сельского хозяйства и водохозяйственно-мелиоративного комплекса Республики Крым как на региональном, так и на федеральном уровнях.

Библиографический список

1. Мелиорация и водное хозяйство // Орошение: Справочник. Т. 6. / Под ред. Б.Б. Шумакова. – М.: Агропромиздат, 1990. – 415 с.
2. **Мара Д., Кэрнкросс С.** Руководство по безопасному использованию сточных вод и экскрементов в сельском хозяйстве и аквакультуре: меры по охране здоровья людей. – Женева, Всемирная организация здоровья, 1992. – 213 с.
3. **Quadir M., Wichelns D., Raschid-Sally L., McCornick P.G., Drechsel P., Bahri A., Minhas P.S.** The challenges of wastewater irrigations in developing countries / *Agricultural Water Management* Volume 97, Issue 4, April 2010, Pages 561-568.
4. Доклад о состоянии и охране окружающей среды на территории Республики Крым в 2014 году [Электронный ресурс]. – URL: <http://meco.rk.gov.ru>.
5. Использование сточных вод для орошения / Ю.Г. Бескровный, М.В. Козинец, В.И. Бойко и др.; Под ред. Ю.Г. Бескровного. – Киев: «Урожай», 1989. – 160 с.
6. **Ушкаренко В.О.** Зрошуване землеробство / Під ред. В.О. Ушкаренко. – Киев: «Урожай», 1994. – 328 с.
7. **Коваленко П., Чернокозинський А., Сало Т.** Рекомендації до використання стічних вод міст для зрошення. – Киев: ІГМ НААНУ, 2010. – 60 с.

Материал поступил в редакцию 30.05.2016 г.

Сведения об авторах

Вердыш Михаил Валериевич, кандидат экономических наук, старший научный сотрудник, ФГБУН НИИСХ Крыма, 295493, Россия, Республика Крым, г. Симферополь ул. Киевская, д.150; тел.: +7(978)214 46 39; e-mail: supernova1984@list.ru

Кременской Владимир Иванович, научный сотрудник, ФГБУН НИИСХ Крыма, 295493, Россия, Республика Крым, г. Симферополь ул. Киевская, д. 150; тел.: +7(978) 802 80 68; e-mail: kvi19497@rambler.ru

V.I. KREMENSKOJ, M.V. VERDYSH

Federal state budget institution of science «Research institute of agriculture of the Crimea», Simferopol, Republic of the Crimea, the Russian Federation

WASTE WATER AS A PERSPECTIVE RESOURCE OF INCREASING WATER AVAILABILITY OF THE REPUBLIC OF THE CRIMEA

The article presents the experience of using wastewater for irrigation in foreign countries. The analysis of the state of wastewater disposal and treatment in the Republic of Crimea has been done. Results of the use of wastewater in the Crimea in the previous period are considered. Possibilities of use of wastewater under modern conditions with the use of new treatment technologies and irrigation equipment are studied. The probable areas in the implementation of wastewater irrigation are identified. The features of the technology of growing crops using wastewater as well as their impact on the soil are listed.

Irrigation, irrigation system, wastewater, wastewater treatment plants, subsurface irrigation.

Reference

1. Melioratsia vodnoye hozyaistvo // Oroshenie: Spravochnik. T. 6 / Pod red. B.B. Shumakova. – M.: Agropromizdat, 1990. – 415 s.

2. **Mara D., Kernkross S.** Rukovodstvo po bezopasnomu ispolzovaniyu stochnyh vod I excrementov v sel'skom hozyajstve i aquacul'ture: mery po ohrane zdorov'ya lyudej. – Geneva, Vsemirnaya organizatsiya zdorovia, 1992. – 213 s.

3. **Quadir M., Wichelns D., Raschid-Sally L., McCornick P.G., Drechsel P., Bahri A., Minhas P.S.** The challenges of wastewater irrigations in developing countries / Agricultural Water Management Volume 97, Issue 4, April 2010, Pages 561-568.

4. Doklad o sostoyanii i ohrane okruzhayushchej sredy na territorii Respubliki Krym v 2014 godu [Elektronnyy resurs]. – URL: <http://meco.rk.gov.ru/>

5. Ispolzovanie stochnyh vod dlya oroshenia / Yu.G. Beskrovny M.V., Kozinets, V.I. Boiko i dr.; Pod red. Yu.G. Beskrovnogo. – Kiev: «Urozhai», 1989. – 160 s.

6. **Ushkarenko V.O.** Зрошуване землеробство / Під ред. V.O. Ushkarenko. – Киев: «Urozhai», 1994. – 328 s.

7. **Kovalenko P., Chornokozinjskoj A., Salo T.** Рекомендації до використання стічних вод міст для зрошення. – Киев: ІГМ НААНУ, 2010. – 60 с.

The material was received at the editorial office
30.05.2016

Information about the authors

Verdysh Mekhail Valerievich, candidate of economic sciences, senior researcher, FSBIS NIISH of the Crimea, 295493, Russia, the Republic of Crimea, Simferopol, ul. Kievskaya, d. 150; тел.: +7(978)214 46 39; e-mail: supernova1984@list.ru

Kremenskoj Vladimir Ivanovich, researcher, FSBIS NIISH of the Crimea, 295493, Russia, the Republic of Crimea, Simferopol, ul. Kievskaya, d. 150; тел.: +7(978) 802 80 68; e-mail: kvi19497@rambler.ru