

УДК 631.672.4

А. И. Тищенко, А. А. Кузьмичев, Т. С. Пономаренко

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск,
Российская Федерация

РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ КРЫМА ДЛЯ ЦЕЛЕЙ МЕЛИОРАЦИИ

Целью данного исследования является повышение рационального использования водных ресурсов Крыма для целей мелиорации. Автономная Республика Крым по количеству местных водных ресурсов относится к наименее обеспеченным регионам России. Ее водными ресурсами являются реки, водохранилища, подземные воды. Для Крыма проблема недостатка пресной воды всегда была актуальной из-за засушливого климата и особенностей развития речной сети. С вступлением Крымской автономной республики в состав Российской Федерации и перекрытием Украиной Северо-Крымского магистрального канала дефицит пресной воды еще сильнее увеличился, и в республике возникла проблема с выращиванием сельскохозяйственных продовольственных культур в необходимом количестве. Рассмотрены основные источники водоснабжения полуострова и их процентное соотношение. Приведен анализ объемов орошаемых земель Крыма за ряд лет, представлена характеристика наполняемости водохранилищ и ориентировочная оценка объемов воды, которые могут быть направлены для целей орошения в средневзвешенный по обеспеченности год. В качестве материалов использованы данные литературных источников, натурные данные некоторых авторов и др. Для выполнения поставленных задач применены аналитический, специальные методы и метод статистической обработки данных. Для повышения рациональности использования водных ресурсов Крыма для целей мелиорации является правильным выбор и рациональное применение различных способов полива сельскохозяйственных угодий. В настоящее время в Республике Крым площадь орошаемых земель достигла 75 % от всех сельскохозяйственных угодий. Это достигнуто путем исключения поверхностных поливов по бороздам, полосам и др. и осуществления поливов только дождеванием. В результате этого оросительные нормы снизились на 25–30 %. Этот результат можно увеличить до 50 % экономии воды для полива, применив более прогрессивные способы полива. Одним из современных и инновационных методов, повышающих рациональность водопользования, является водохозяйственное моделирование, которое позволяет решать весь спектр водохозяйственных задач путем создания имитационной модели на основе применения водобалансовых методов.

Ключевые слова: Крымский полуостров, водные ресурсы, дефицит, водопользование, мелиорация, водохозяйственное моделирование.

A. I. Tishchenko, A. A. Kuz'michev, T. S. Ponomarenko

Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk,
Russian Federation

SUSTAINABLE USE OF WATER RESOURCES OF THE CRIMEA FOR LAND RECLAMATION PURPOSES

The purpose of this study is to improve the rational use of the Crimea's water resources for land reclamation. The Autonomous Republic of Crimea is among the least water rich regions of Russia for number of local water resources. Its water resources are rivers, reservoirs and groundwater. The problem of fresh water shortage has always been relevant for the Crimea

because of the arid climate and peculiarities of the river network development. With the accession of the Crimean Autonomous Republic to the Russian Federation and the shutdown of the North Crimean Main Canal by Ukraine, the shortage of fresh water has increased even more, and the country faced the problem of growing agricultural food crops in the required quantity. The main sources of water supply of the peninsula and their percentage ratio are considered. The analysis of volumes of irrigated lands of the Crimea for a number of years is given, the parameters of the reservoir capacity and the approximate estimation of water volumes that can be delivered for irrigation in a average weighted availability year are presented. The materials used are data from literary sources, field survey data of some authors, etc. To perform the tasks set, the analytical method, the special methods and the method of statistical data processing are used. The right choice and rational application of various irrigation methods to agricultural land is vital to increase the rationality of the Crimea's water resources use for land reclamation. At present the area of irrigated land in the Republic of Crimea has reached 75 % of all agricultural land. This has been achieved by the exclusion of surface irrigation by furrows, strips, etc., only by sprinkling. As a result, irrigation rates fell by 25–30 %. This result can be increased to 50 % of water saving for irrigation using more progressive methods of irrigation. One of the modern and innovative methods that increase the rationality of water use is water management modeling, which allows solving the entire range of water management tasks by creating a simulation model based on the application of water balance methods.

Key words: Crimean peninsula, water resources, shortage, water use, land reclamation, water management modeling.

Введение. Проблема рационального использования водных ресурсов актуальна во всем мире, и особенно в тех странах и регионах, где имеется дефицит с потреблением пресной воды.

Автономная Республика Крым по количеству местных водных ресурсов относится к наименее обеспеченным регионам России. Ее водными ресурсами являются реки, водохранилища, подземные воды. Для Крыма проблема недостатка пресной воды всегда была актуальной из-за засушливого климата и особенностей развития речной сети [1].

С вступлением Крымской автономной республики в состав Российской Федерации и перекрытием Украиной Северо-Крымского магистрального канала дефицит пресной воды еще сильнее увеличился, и в республике возникла проблема с выращиванием сельскохозяйственных продовольственных культур в нужном количестве, и в частности риса.

В связи с этим возникла необходимость в повышении рациональности использования водных ресурсов Крыма для целей мелиорации. Цель работы состоит в разработке рекомендаций по повышению рационального использования водных ресурсов Крыма в мелиорации.

Для достижения этой цели необходимо выполнить следующие основные задачи:

- для сельскохозяйственного использования выявить дополнительные орошаемые площади в поймах рек, в зонах сбросных вод в периоды ливневых дождей, шоссейных дорог и пр.;

- изыскать возможности для создания участков комбинированного орошения, использующих комплексно местный сток, сбросные воды из магистральных каналов и с участков поверхностного орошения и попуски оросительной воды из каналов в межполивные и вневегетационные периоды, применяя технологию лиманного орошения;

- для повышения коэффициента полезного действия (КПД) каналов, сокращения потерь воды на фильтрацию, испарение, зарастания русел и их заиления перейти на закрытую систему оросительных сетей с поливом сельскохозяйственных культур с помощью дождевания, распыления струи воды до аэрозольного состояния, капельного орошения.

Материалы и методы. В качестве материалов использованы данные литературных источников, натурные данные некоторых авторов и др. Для выполнения поставленных задач применены аналитический, специальные методы и метод статистической обработки данных.

Так как Северо-Крымский канал перекрыт, рациональное использование местных водных объектов, помимо целей орошения, является основной задачей каждого жителя полуострова. К водным ресурсам полуострова относятся реки, озера, водохранилища, пруды, наполняемые естественным стоком, а также родники. В таблице 1 приведена информация о водопользовании по основным рекам отдельных территорий Крыма за 2015 г.

Из данных, приведенных в таблице 1, следует, что объемы воды, забранной из источников (рек), использованы на орошение в 3 раза меньше, чем произошла ее потеря на фильтрацию, испарение и другие виды утечек при транспортировке.

Таблица 1 – Информация о водопользовании по основным рекам отдельных территорий за 2015 г. (источник – форма 2-ТП (водхоз) за 2015 г.)

В млн м³

| Район | Забрано воды | Использовано | | Потери |
|---|---------------|---------------|---------------------|--------------|
| | | всего | в т. ч. на орошение | |
| Бахчисарайский, в т. ч. | 47,68 | 43,15 | 1,57 | 4,53 |
| р. Альма | 28,36 | 25,53 | 0,40 | 2,83 |
| р. Кача | 3,15 | 3,15 | 1,0 | 0 |
| р. Бельбек | 15,82 | 14,12 | 0,17 | 1,70 |
| р. Коккозка | 0,1 | 0,1 | 0 | 0 |
| р. Чурук-Су | 0,25 | 0,25 | 0 | 0 |
| Симферопольский, в т. ч. | 35,87 | 35,53 | 3,09 | 0,34 |
| р. Салгир | 28,82 | 28,49 | 1,97 | 0,33 |
| р. Западный Булганак | 1,17 | 1,17 | 1,12 | 0 |
| р. Бештерек | 0,22 | 0,22 | 0 | 0 |
| р. Галатчик-Кая | 0,23 | 0,23 | 0 | 0 |
| р. Малый Салгир | 0,18 | 0,18 | 0 | 0 |
| р. Аян | 5,25 | 5,24 | 0 | 0,1 |
| Белогорский, в т. ч. | 42,38 | 34,20 | 5,59 | 8,18 |
| р. Бююк-Карасу | 40,81 | 32,69 | 5,54 | 8,12 |
| р. Кучук-Карасу | 0,20 | 0,20 | 0 | 0 |
| р. Зуя | 1,19 | 1,19 | 0,04 | 0 |
| р. Бурульча | 0,10 | 0,05 | 0,01 | 0,05 |
| р. Сарысу | 0,08 | 0,07 | 0 | 0,01 |
| Кировский, в т. ч. | 1,42 | 1,00 | 0 | 0,42 |
| р. Восточный Булганак | 0,15 | 0,15 | 0 | 0 |
| р. Чорох-Су | 0,48 | 0,18 | 0 | 0,30 |
| р. Мокрый Индол | 0,19 | 0,07 | 0 | 0,12 |
| р. Сухой Индол | 0,1 | 0,1 | 0 | 0 |
| р. Субаш | 0,5 | 0,5 | 0 | 0 |
| Севастополь (сельхоззона) за 2013 г. | 58,22 | 34,58 | 1,05 | 23,64 |
| р. Черная | 39,98 | 20,96 | 0,09 | 19,02 |
| р. Бельбек | 0,63 | 0,35 | 0,03 | 0,28 |
| р. Балаклавка | 0,22 | 0,22 | 0 | 0 |
| р. Кача | 0,60 | 0,56 | 0,36 | 0,04 |
| Подземная вода | 2,55 | 2,31 | 0,57 | 0,24 |
| Морская вода | 14,24 | 10,08 | 0 | 4,06 |
| Всего по Республике Крым | 185,57 | 148,46 | 11,3 | 37,11 |

Данные цифры свидетельствуют о том, что эти потери необходимо предотвратить, проведя своевременные мероприятия по усовершенствованию оросительных каналов и гидротехнических сооружений на них.

В Крыму площади, охваченные водными мелиорациями, постоянно увеличиваются. Это ведет к значительному увеличению потребления вод-

ных ресурсов. При освоении новых сельскохозяйственных угодий орошение часто сдерживается дефицитом водных ресурсов [2].

Для рационального использования водных ресурсов Крыма для целей мелиорации является правильным выбор и рациональное применение различных способов полива сельскохозяйственных угодий. За два последних десятилетия в хозяйствах Крыма до 75 % возросли площади полива методом дождевания, что привело к снижению оросительных норм на 25–30 %. В последние годы появились более прогрессивные способы полива: капельное и аэрозольное, обеспечивающее до 50 % экономии воды [3–8].

В таблице 2 приводятся сведения о значительном уменьшении забора воды из природных водных ресурсов и негативных воздействиях на водные ресурсы Автономной Республики Крым и г. Севастополя за период 1990–2012 гг.

Таблица 2 – Водопользование и негативное воздействие на водные ресурсы [9–12]

| Показатель | 1990 г. | 1995 г. | 2000 г. | 2005 г. | 2010 г. | 2012 г. |
|--|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| В млн м ³ | | | | | | |
| Всего забрано воды из природных источников | | | | | | |
| Республика Крым | 3734 | 2531 | 1926 | 1539 | 1547 | 1625 |
| г. Севастополь | 175 | 91 | 69 | 81 | 84 | 60 |
| Потери воды при транспортировке | | | | | | |
| Республика Крым | 938 | 206 | 739 | 626 | 657 | 690 |
| г. Севастополь | 10 | 14 | 23 | 27 | 24 | 24 |
| Всего использовано свежей воды | | | | | | |
| Республика Крым | 2735 | 1747 | 1106 | 791 | 764 | 815 |
| г. Севастополь | 171 | 103 | 44 | 60 | 66 | 41 |
| из нее на производственные нужды (без сельскохозяйственных нужд) | | | | | | |
| Республика Крым | 230 | 136 | 76 | 91 | 103 | 100 |
| г. Севастополь | 100 | 34 | 8 | 27 | 38 | 14 |
| на хозяйственно-питьевые нужды | | | | | | |
| Республика Крым | 231 | 208 | 156 | 142 | 109 | 105 |
| г. Севастополь | 59 | 61 | 34 | 30 | 27 | 26 |
| на орошение | | | | | | |
| Республика Крым | 2097 | 1234 | 758 | 514 | 503 | 567 |
| г. Севастополь | 5 | 4 | 1 | 2 | 1 | 1 |
| Оборотное и повторное (последовательное) использование воды | | | | | | |
| Республика Крым | 661 | 377 | 252 | 338 | 388 | 393 |
| г. Севастополь | 45 | 27 | 3 | 17 | 24 | 2 |
| Сброс загрязненных сточных вод в поверхностные водоемы | | | | | | |
| Республика Крым | 96 | 68 | 71 | 83 | 96 | 97 |
| г. Севастополь | 5 | 46 | 22 | 32 | 27 | 23 |

Данные таблицы 2 показывают, что за 22-летний период забор воды из природных источников уменьшился с 3734 млн м³ в 1990 г. до 1625 млн м³ в 2012 г. и на орошение затраты воды по Республике Крым снизились с 2097 млн м³ в 1990 г. до 503 млн м³ в 2010 г.

Следует отметить, что такая идея ограниченного сбережения вод для орошения в Крыму была реализована в экологически неприемлемой форме. Во-первых, уменьшение объемов подаваемой воды не сопровождалось адекватными усилиями по техническому оснащению Северо-Крымского канала и очистке воды. Во-вторых, не была внедрена технология поливов с водосбережением – потери воды составили примерно 50 %.

За этот период почти в 2 раза сократилось оборотное и повторное (последовательное) использование воды (с 661 до 393 млн м³). Если в Республике Крым сброс загрязняющих сточных вод остался на уровне 1990 г. (при том, что значительно сократилось промышленное производство и забор воды), то в г. Севастополе сброс загрязненных сточных вод вырос почти в 5 раз [1, 9, 10].

Чтобы повысить урожайность от использования того количества воды, которое имеется сейчас в Крыму, с целью экономного и рационального расходования пресной воды необходимо внедрение капельного орошения. Для более широкого использования рек Крымского полуострова, на наш взгляд, следует осуществить внедрение закрытых (с применением полиэтиленовых труб) деривационных систем в предгорной зоне Крыма с использованием дождевального и мелкодисперсного орошения.

Для этой цели подходят горные реки полуострова, и в частности р. Салгир (рисунок 1).

Воды р. Салгир, как самой длинной на полуострове, а также ее притоков имеют большое хозяйственно-питьевое и сельскохозяйственное значение. Бассейн р. Салгир занимает 14 % площади полуострова. Кроме того, в бассейне Салгира находятся элементы оросительных систем и водохо-

зьяйственного комплекса Северо-Крымского канала, в настоящее время они используются для переброски вод в восточную часть полуострова. Река Салгир является одним из немногих местных источников качественной воды в засушливом Крыму. Поэтому существует достаточно жесткая конкуренция между разными водопользователями (жилищно-коммунальным хозяйством, сельским хозяйством, промышленностью). Они потребляют значительную часть этого ресурса. Такая большая нагрузка создает необходимость комплексного подхода к потреблению водных ресурсов р. Салгир и защите их от загрязнения и истощения [1–4].

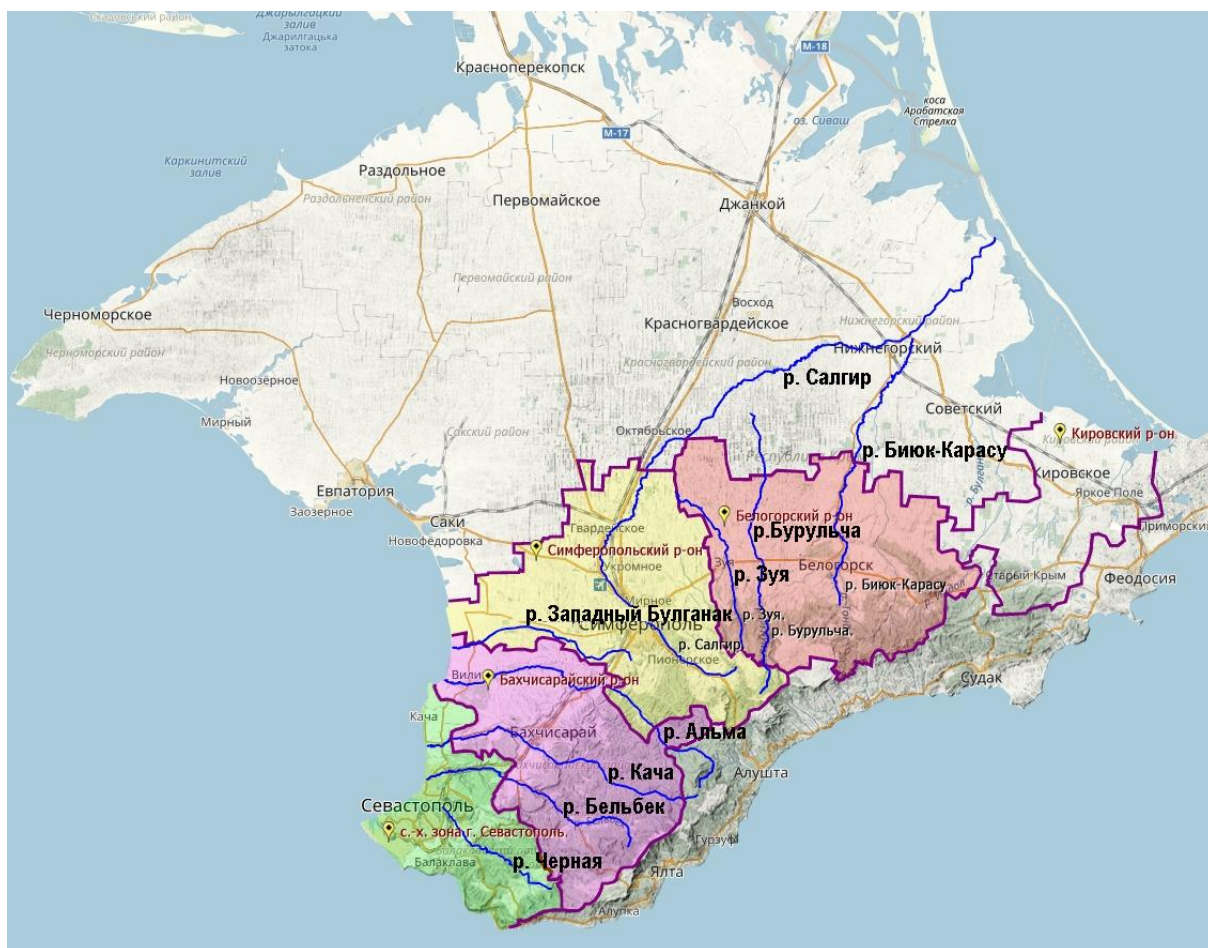


Рисунок 1 – Крупные реки полуострова Крым

Город Симферополь является самым мощным загрязнителем вод р. Салгир. С его очистных сооружений ежегодно сбрасывается около 40–45 млн м³ сточных вод, что составляет около 35–40 % от их общего сброса в природные водные объекты полуострова [1, 3]. Источники, фор-

мирующие воды р. Салгир, находятся в Крымских горах, которые сложены в основном карстующимися известняками. Вода, проходя через карстовые породы, обогащается карбонатами и гидрокарбонатами [1, 4]. Это также способствует быстрой инфильтрации загрязненных поверхностных вод (при хозяйственной деятельности человека в местах формирования водных ресурсов полуострова – поверхностных и подземных) и попаданию их в реки, водохранилища, подземные водоносные горизонты.

Согласно Н. М. Иванютину, С. В. Подоваловой и др. [1, 5] вода, используемая в системах внутрипочвенного орошения, должна иметь минерализацию не более 1,0 г/дм³. Особо стоит отметить, что вода с показателем минерализации 5,0 г/дм³ (предельная норма) может использоваться только в виде исключения при наличии хорошего дренажа и применении поливов промывного типа. По результатам лабораторных анализов, по степени минерализации вода р. Салгир пригодна для целей орошения [1].

В литературных источниках [1–20] приведены сведения, затрагивающие в той или иной степени вопросы дефицита пресной воды в Автономной Республике Крым, и высказываются мнения о рациональности использования водных ресурсов Крыма для целей мелиорации.

В настоящий момент Крымский полуостров не может рассчитывать на днепровскую воду из Северо-Крымского канала. Чтобы уменьшить дефицит пресной воды и повысить обеспеченность аграрного сектора Республики Крым водой, Н. Е. Волкова и др. [2], А. М. Джапарова [12], О. В. Мосин [13] и В. И. Ляшевский [14] в качестве альтернативного решения предлагают опреснять морскую воду. Н. Е. Волкова отмечает: «Состояние поверхностных и подземных источников в Крыму по токсикологическим, общесанитарным и органолептическим показателям ухудшается, поэтому очистка и предподготовка обходится не намного дороже, чем опреснение морской воды».

На данный момент ни один из методов опреснения при получении

питьевой или технической воды не является универсальным, ресурсосберегающим. В случае отсутствия близлежащих запасов пресной воды альтернативы опреснению нет, поскольку транспортировка пресной воды из естественного источника, удаленного более чем на 160 км, оказывается дешевле опреснения только при водопотреблении до 11 тыс. м³/сут [2]. Опреснение морской воды предполагает строительство установок рядом с водоемом, так как эксплуатация вдали от источника приводит к повышению себестоимости воды. «Нигде на территории Крыма проблема опреснения морской воды в промышленных масштабах на сегодняшний момент не была решена. Проблемами строительства опреснительных установок в Крыму становятся энергоснабжение (строительство электростанции) и забор воды. В зависимости от выбора типа электростанции (тепловой, солнечной, газовой или атомной) возникают различные вопросы, как технологического характера, так и связанные с защитой окружающей среды» [2].

В отчетах по вопросам управления поверхностными водными ресурсами в Республике Крым и г. Севастополе, их использования и воспроизводства за 2004–2015 гг. [11] приведена динамика забора воды по основным источникам за период с 2006 по 2015 г. (таблица 3).

По данным таблицы 3 была построена диаграмма забора воды из основных источников (рисунок 2).

Таблица 3 – Динамика забора воды в Республике Крым (без г. Севастополя)

| Показатель | Забор воды по годам | | | | | | | | | |
|------------------------------|---------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|
| | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 |
| Забрано всего воды, в т. ч.: | 1456,0 | 1542,0 | 1396,0 | 1597,4 | 1547,4 | 1591,4 | 1624,3 | 1553,8 | 310,3 | 253,5 |
| - подземной | 106,0 | 102,4 | 98,7 | 92,8 | 86,7 | 80,1 | 79,7 | 68,5 | 69,5 | 95,1 |
| - морской | 3,9 | 3,9 | 3,3 | 4,6 | 4,8 | 4,6 | 2,6 | 2,7 | 3,8 | 19,9 |
| - пресной поверхностной | 1346,1 | 1435,7 | 1294,0 | 1500,0 | 1456,0 | 1506,7 | 1542,0 | 1482,6 | 237,0 | 138,5 |

В млн м³

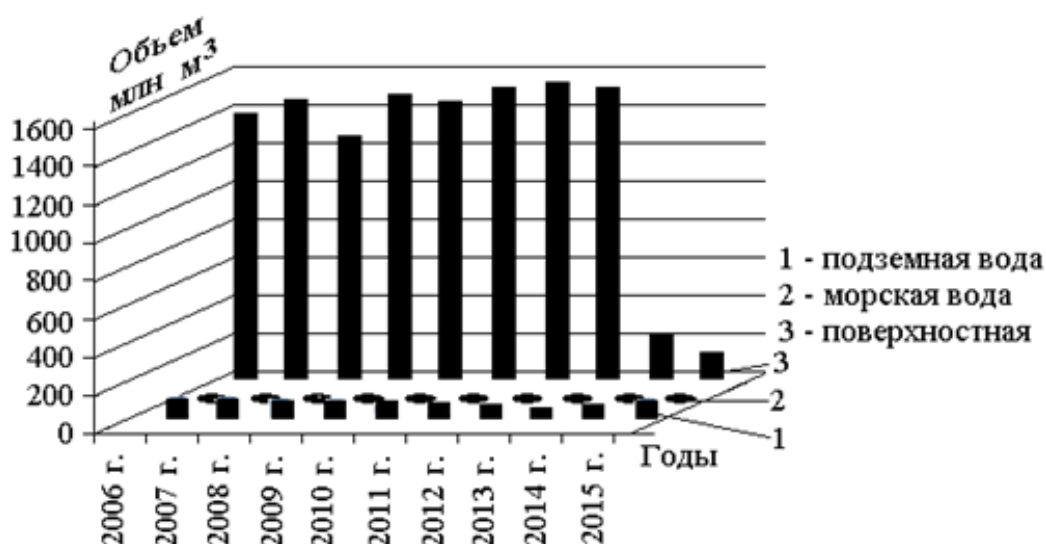


Рисунок 2 – Диаграмма забора воды из основных природных источников по Республике Крым

Данные диаграммы показывают, что до 2014 г. ежегодный забор поверхностных вод имел почти стабильные объемы. В 2014 и 2015 гг. этот объем резко сократился, составив всего 15 % от максимального забора в 2012 г. Эта ситуация объясняется перекрытием доступа днепровской воды в Северо-Крымский канал и менее интенсивным использованием местного стока.

В 2015 г. объем опресненной морской воды (по сравнению с максимальным забором в 2010 г.) увеличился в 4,2 раза. Эта вода используется в основном в промышленности и коммунальном хозяйстве Крыма. Негативная сторона опреснения морской воды состоит в том, что вода, сбрасываемая заводами по опреснению, содержит много соли и при сбросе в прибрежные районы может нанести непоправимый вред природе.

Одной из причин, способствующих возникновению дефицита водных ресурсов для орошения сельскохозяйственных культур, является их нерациональное использование.

Отсутствие современных средств учета воды, равно как и несоблюдение утвержденных поливных норм, приводит к перерасходу воды, переполнению водоотводной сети и в некоторых случаях к ухудшению мелиоративного состояния оросительной системы и прилегающих неорошаемых земель и, как следствие, дефициту воды в их источниках [15].

Вопросы по необходимому обеспечению водой орошаемых земель Крымского региона рассматриваются в работах Г. А. Сенчукова [16], В. И. Ляшевского [17], Н. Е. Волковой [18]. Ими проведен анализ возможностей существующего водохозяйственного комплекса Крыма для нужд орошения сельскохозяйственных культур и отмечены перспективы обеспечения водой сельскохозяйственной отрасли Республики Крым.

Ранее дефицит водных ресурсов Крыма восполнялся за счет подачи днепровской воды по Северо-Крымскому каналу (таблица 4). Потребности населения и отраслей экономики в воде в 2001 г. составили до 1,66 км³, они удовлетворялись водозабором из пресных поверхностных источников на 80,4 % (в т. ч. из Северо-Крымского канала – 72,9 %, подземных горизонтов – 6,5 %, моря – 0,5 %) и за счет привлечения воды в оборотные системы водоснабжения на 12,5 % [16].

Таблица 4 – Анализ объемов орошаемых земель Крыма по годам [16]

В га

| Район | Общая площадь орошаемых земель в 1991 г. | В т. ч. из Северо-Крымского канала в 1991 г. | Фактически полито в 2009 г. | Фактически полито в 2015 г. |
|--|--|--|-----------------------------|-----------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Бахчисарайский | 9417 | – | 4100 | 3149 |
| Белогорский | 6939 | – | 3000 | 700 |
| Джанкойский | 71804 | 70914 | 35600 | 180 |
| Кировский | 13952 | 13519 | 3335 | 58 |
| Красногвардейский | 40023 | 39985 | 28900 | 1066 |
| Красноперекоский | 37083 | 37083 | 19231 | 0 |
| Ленинский | 5821 | 5801 | 2213 | 0 |
| Нижнегорский | 34651 | 26033 | 16200 | 1470 |
| Первомайский | 37184 | 37184 | 14670 | 0 |
| Раздольненский | 32754 | 32754 | 15198 | 0 |
| Сакский | 44386 | 43865 | 18630 | 141 |
| Симферопольский | 15730 | 6880 | 11300 | 1513 |
| Советский | 18899 | 17952 | 5628 | 0 |
| Черноморский | 2838 | 1217 | 320 | 0 |
| Сельскохозяйственная зона г. Судака | 2183 | – | 755 | 578 |
| Сельскохозяйственная зона г. Алушты | 1680 | – | 1436 | 1426 |
| Сельскохозяйственная зона г. Симферополя | 162 | – | 0 | 0 |

Продолжение таблицы 4

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--|--------|--------|--------|-------|
| Сельскохозяйственная зона г. Ялты | 384 | – | 256 | 90 |
| Сельскохозяйственная зона г. Феодосии | 195 | 95 | 180 | 0 |
| Сельскохозяйственная зона г. Севастополя | 383 | – | 790 | 315 |
| Итого по Крыму | 379926 | 333282 | 181689 | 10686 |

В Крыму ежедневно в канализацию сливается 600 тыс. м³ загрязненных вод, которые после очистки и дезинфекции можно использовать для орошения сельскохозяйственных культур [18, 19]. Р. Ю. Захаров [19] предлагает использовать очищенные сточные воды в качестве альтернативного источника наполнения прудов Республики Крым.

Н. М. Иванютин [20] предлагает использовать в более широких масштабах подземные воды Крыма. При этом он приводит некоторые проблемы применения подземных вод и перспективы их использования.

Результаты и их обсуждение. Приведенные материалы по литературным источникам и исследованиям, приведенным в них, дают возможность получить некоторые результаты, предназначенные к обсуждению.

1 Горные реки Республики Крым не так уж многоводны, чтобы их воду использовать и в целях водоснабжения, и в целях орошения площадей для выращивания сельскохозяйственных культур. Русла многих рек (особенно коротких) в летний период пересыхают. Зато во время выпадения дождей они наполняются до краев, и даже их русла переполняются водой. Чтобы исключить потери этих вод на фильтрацию, есть два выхода:

- в устье каждой короткой реки применить орошение из одиночных лиманов или ярусных систем из группы лиманов (все зависит от площадей речных пойм);

- провести зарегулирование устьев в одно русло, способное пропустить большие расходы воды при ее транспортировке, для наполнения бассейна суточного или сезонного регулирования (БСР) с целью дальнейшего использования этой воды для орошения мелиорируемых земель.

2 Артезианские воды следует использовать только в целях водоснабжения населения. Использование этих вод в других областях народного хозяйства может вызвать дефицит подземной воды. Пополнение путем фильтрующихся вод из Азовского и Черного морей приведет к засолению.

3 Опресненная морская вода может быть использована в различных отраслях народного хозяйства, а соль, являющаяся отходом данного производства, после соответствующей обработки пригодна для розничной торговли.

При наличии исходных данных производится проектирование лиманного орошения по расчетным формулам мелкоярусных лиманов.

Зарегулирование устьев коротких рек в одно русло целесообразно выполнить с помощью полиэтиленовых труб, трассы которых сходятся в проектируемый БСР. Пропуск воды по трубам исключает потерю воды на фильтрацию и испарение, а БСР позволяет подавать воду к потребителям без перебоев. Сам бассейн пополняется периодически от дождевых стоков (летом и осенью) и от стоков талых вод (весной).

Для расчета трубопроводов необходимо (в качестве исходных данных) иметь расчетный расход в устье реки, уклон дна трубопровода, допускаемую среднюю скорость в живом сечении трубы.

Одним из современных и инновационных методов, повышающих рациональность водопользования, является водохозяйственное моделирование, которое позволяет решать весь спектр водохозяйственных задач путем создания имитационной модели на основе применения водобалансовых методов, в т. ч.:

- комплексно анализировать обеспечение водой в рамках как всего водного бассейна, так и его отдельных частей;
- производить учет отраслевого промышленного и сельскохозяйственного водопотребления, режимов эксплуатации водохранилищ многоцелевого назначения;

- проводить водохозяйственное обоснование схем водоотведения, переброски стока и т. д.

Водохозяйственные модели помогают в принятии обоснованных управленческих решений в условиях сезонного или кратковременного дефицита водных ресурсов.

Задание параметров и изменение характеристик водопотребления осуществляются с помощью специально разработанного программного инструментария. Модельная система функционирует на основе цифровой схемы оросительной сети, создаваемой в режиме экранного редактирования в оболочке географической базы данных [21].

Для водохозяйственной модели основными исходными данными является описание параметров и свойств различных элементов, которые относятся к водохозяйственному расчету, это речная сеть, водосбор, водопользователи, водохранилища [22].

Водопользователи в модели бывают следующих типов:

- регулярные водопотребители. Их водопотребление задается графиком водопотребления (т. е. файлом с временным рядом);

- ирригационные системы. Их водопотребление рассчитывается на основе характеристик сельскохозяйственных культур и соответствующей климатической модели [23].

Основными входными данными для водохозяйственной модели являются различные временные ряды (например, многолетние гидрологические ряды). Дополнительные данные описывают характеристики водохранилищ и правила управления, метеорологические данные, параметры потребности в воде или параметры систем орошения. Также задаются данные по гидравлическим условиям в реках и каналах, параметры грунтовых вод и др.

Результаты расчета в водохозяйственной модели представляются в виде графиков (временных рядов) для различных элементов речной сети. Одним из примеров использования таких моделей в мелиоративном ком-

плексе является созданная в 2016 г. в лицензионном программном комплексе MIKE HYDRO Basin водохозяйственная модель для трех хозяйств-водопользователей (СПК «Луч», ОАО «Цимлянский», ООО «Аргмак»), расположенных в границах командования межхозяйственного распределителя ПР 1 (Пролетарская оросительная система) (рисунок 3).

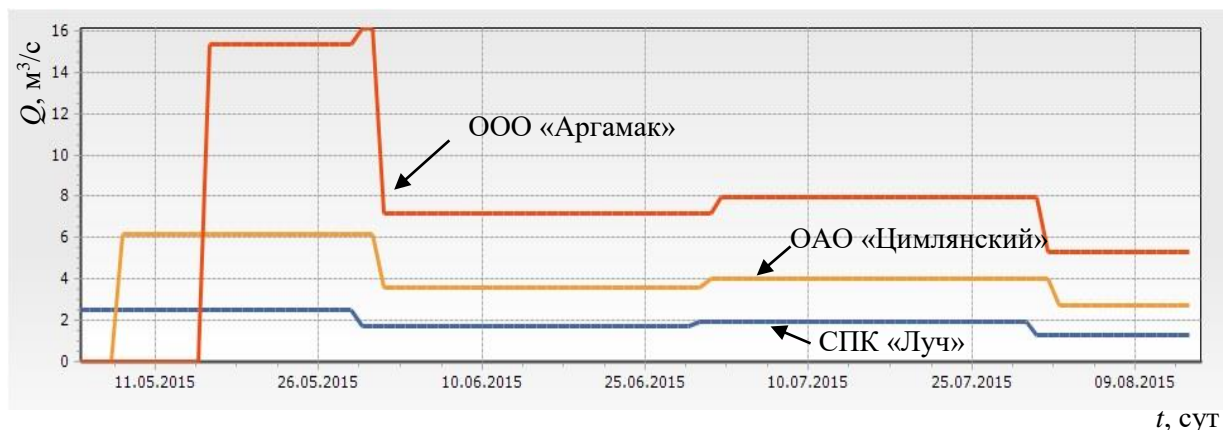


Рисунок 3 – Результаты водохозяйственного моделирования (расход стока к водопотребителю в узлах)

На рисунке 3 представлен график расхода, который формируется в узловых точках для каждого водопотребителя. Наибольшим по расходу является первый месяц, т. к. происходит заполнение рисовых чеков, далее расход заметно снижается и небольшое увеличение наблюдается в третий месяц орошения.

Выводы. Для повышения рационального использования водных ресурсов Крыма с целью мелиорации необходимо:

- для предгорной зоны Крыма запроектировать и построить деривационную систему орошения закрытого типа (трубопроводную) с целью применения дождевания, капельного или подземного орошения. КПД такой системы 0,98–0,99;

- увеличить орошаемые площади с помощью изыскания земель для лиманного орошения;

- воспользоваться одним из современных и инновационных методов, повышающих рациональность водопользования, – водохозяйственным моделированием, которое позволяет решать весь спектр водохозяйственных

задач путем создания имитационной модели на основе применения водобалансовых методов.

Список использованных источников

1 Иванютин, Н. М. Влияние антропогенной деятельности на качественные характеристики вод реки Салгир и их оценка по степени пригодности для целей орошения / Н. М. Иванютин, С. В. Подовалова // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2016. – № 4(64). – С. 95–103.

2 Волкова, Н. Е. Водообеспеченность аграрного сектора Республики Крым и пути ее повышения / Н. Е. Волкова, В. И. Ляшевский, В. В. Попович // Таврический вестник аграрной науки. – 2015. – № 1(3). – С. 68–72.

3 Кременской, В. И. Водоотведение сточных вод в бассейне реки Салгир / В. И. Кременской, М. А. Панина, С. В. Подовалова // Водные ресурсы Украины и мелиорация земель: материалы междунар. науч.-практ. конф. – Киев, 2013. – С. 115–116.

4 Сторчоус, В. Н. Устойчивое развитие орошаемого земледелия в условиях резкого дефицита водных ресурсов в Республике Крым / В. Н. Сторчоус, Э. Э. Сейтумеров // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2015. – № 1(164). – С. 40–49.

5 Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 6. Украина и Молдавия. Вып. 4. Крым / под ред. М. М. Айзенберга, М. С. Каганера. – Л.: Гидрометеиздат, 1966. – 345 с.

6 Поверхностные водные объекты Крыма. Управление и использование водных ресурсов: справочник / А. А. Лисовский [и др.]; под ред. А. А. Лисовского. – Симферополь: Крымучпедгиз, 2011. – 242 с.

7 Водохозяйственное районирование территории Республики Крым [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://gkvod.rk.gov.ru>, 2015.

8 СТО НОСТРОЙ 2.33.20-2011. Мелиоративные системы и сооружения. Часть 1. Оросительные системы. Общие требования по проектированию и строительству. – Введ. 2011-12-05. – М.: БСТ, 2012. – 139 с.

9 Окружающая среда Украины: статсборник. – Киев: Госкомстат, 2013. – 234 с.

10 Доклад о состоянии и охране окружающей среды на территории Республики Крым в 2015 году / М-во экологии и природ. ресурсов Респ. Крым. – Симферополь: ИП Бондаренко Н. Ю., 2016. – 294 с.

11 Отчеты по вопросам управления поверхностными водными ресурсами, их использования и воспроизводства в Республике Крым и г. Севастополе за 2004–2015 гг.

12 Джапарова, А. М. О возможности использования опресненной морской воды в системах водоснабжения и орошения в Республике Крым / А. М. Джапарова // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2016. – № 4(64). – С. 103–109.

13 Мосин, О. В. Современные технологии опреснения морской воды / О. В. Мосин, И. Игнатов // Энергосбережение и водоподготовка. – 2012. – № 3. – С. 13–19.

14 Ляшевский, В. И. К проблеме опреснения морской воды в Крыму / В. И. Ляшевский, А. М. Джапарова // Таврический вестник аграрной науки. – 2015. – № 1(3). – С. 63–68.

15 Сенчуков, Г. А. Применение компьютерного моделирования режимов водопотребления и водораспределения для повышения эффективности организации водопользования на оросительных системах / Г. А. Сенчуков, Т. С. Пономаренко // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2016. – № 4(64). – С. 27–31.

16 Сенчуков, Г. А. Анализ возможностей существующего водохозяйственного комплекса Крыма для нужд орошения сельскохозяйственных культур / Г. А. Сенчуков, В. Д. Гостищев, Т. С. Пономаренко // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2016. – № 4(64). – С. 113–115.

17 Водообеспечение сельскохозяйственной отрасли Крыма: текущая ситуация и перспективы / В. И. Ляшевский, А. П. Тищенко, Н. Е. Волкова, Н. М. Иванютин // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2016. – № 4(64). – С. 120–125.

18 Волкова, Н. Е. Повышение роли водопользователя в системе орошаемого земледелия на примере Республики Крым / Н. Е. Волкова, Р. Ю. Захаров // Строительство и техногенная безопасность. – 2015. – № 1(53). – С. 124–133.

19 Захаров, Р. Ю. Очищенные сточные воды как альтернативный источник наполнения прудов РК / Р. Ю. Захаров, Н. Е. Волкова // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2015. – № 2(58). – С. 100–106.

20 Иванютин, Н. М. Подземные воды Крыма. Проблемы и перспективы использования / Н. М. Иванютин // Таврический вестник аграрной науки. – 2015. – № 2. – С. 95–101.

21 The river management model MIKE BASIN [Electronic resource]. – Mode of access: <http://dhigroup.com/upload/publications/mikebasin>, 2015.

22 MIKE HYDRO Basin. Моделирование отбора воды для водопотребителей. Пошаговое руководство к началу работы / ГК НКФ «Волга». – 2014.

23 MIKE HYDRO BASIN – River basin planning [Electronic resource]. – Mode of access: <http://mikebydhi.com>, 2015.

References

1 Ivanyutin N.M., Podovalova S.V., 2016. *Vliyanie antropogennoy deyatelnosti na kachestvennyye kharakteristiki vod reki Salgir i ikh otsenka po stepeni prigodnosti dlya tseyey orosheniy* [The influence of anthropogenic activity on the qualitative characteristics of the Salgir River water and the assessment of degree of their suitability for irrigation purposes]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshayemogo zemledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture], no. 4(64), pp. 95-103. (In Russian).

2 Volkova N.E., Lyashevskiy V.I., Popovich V.V., 2015. *Vodoobespechennost' agrarnogo sektora respubliki Krym i puti ee povysheniya* [Water supply of the agricultural sector of the Republic of Crimea and ways of its improvement]. *Tavricheskiy vestnik agrarnoy nauki* [Taurida Bullet. of Agricultural Science], no. 1(3), pp. 68-72. (In Russian).

3 Kremen'skaya V.I., Panina M.A., Podovalova S.V., 2013. *Vodootvedenie stochnykh vod v bassejne reki Salgir* [Sewage wastewater in the basin of the river Salgir]. *Vodnye resursy Ukrainy i melioratsiya zemel: materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Water Resources of Ukraine and Land Reclamation: Proceed. of the International Scientific-Practical Conference]. Kiev, pp. 115-116. (In Russian).

4 Storchous V.N., Seytumerov E.E., 2015. *Ustoychivoe razvitie oroshayemogo zemledeliya v usloviyakh rezkogo defitsita vodnykh resursov v Respublike Krym* [Sustainable development of irrigated agriculture under the conditions of severe shortage of water resources in the Republic of Crimea]. *Izvestiya sel'skokhozyaystvennoy nauki Tavridy* [Bull. of Agricultural Science of Taurida], no. 1(164), pp. 40-49. (In Russian).

5 Aizenberg M.M., Kaganer M.S., 1966. *Resursy poverkhnostnykh vod SSSR. T. 6. Ukraina i Moldaviya. Vyp. 4. Krym* [Resources of surface waters of the USSR. Vol. 6. Ukraine and Moldov. Iss. 4. Crimea]. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 345 p. (In Russian).

6 Lisovskiy A.A. [and others], 2011. *Poverkhnostnye vodnye ob'yekty Kryma. Upravlenie i ispol'zovanie vodnykh resursov: spravochnik* [Surface water objects of the Crimea. Management and use of water resources: a directory]. Simferopol, Krymchpedgiz Publ., 242 p. (In Russian).

7 *Vodokhozyaystvennoe rayonirovanie territorii Respubliki Krym* [Water economic zoning of the territory of the Republic of Crimea]. Available: <http://gkvod.rk.gov.ru>, 2015. (In Russian).

8 *STO NOSTROY 2.33.20-2011. Meliorativnye sistemy i sooruzheniya. Chast' 1.*

Orositel'nye sistemy. Obshchie trebovaniya po proektirovaniyu i stroitel'stvu [Reclamation systems and structures. Irrigation systems. General requirements for design and construction]. Intr. 2011-12-05. Moscow, BST, 139 p. (In Russian).

9 *Okruzhayushchaya sreda Ukrainy: statsbornik* [The environment of Ukraine: Statistical abstract]. Kiev, Goskomstat Publ., 2013, 234 p. (In Russian).

10 Bondarenko N.Yu., 2016. *Doklad o sostoyanii i okhrane okruzhayushchey sredy na territorii Respubliki Krym v 2015 godu* [Report on the state and protection of the environment on the territory of the Republic of Crimea in 2015]. Ministerstvo ekologii i prirodnykh resursov Respubliki Krym, Simferopol, 294 p. (In Russian).

11 *Otchety po voprosam upravleniya poverkhnostnymi vodnymi resursami, ikh ispol'zovaniya i vosproizvodstva v Respublike Krym i g. Sevastopole za 2004-2015 godu* [Reports on the management of surface water resources, their use and reproduction in the Republic of Crimea and the city of Sevastopol for 2004-2015]. (In Russian).

12 Japarova A.M., 2016. *O vozmozhnosti ispol'zovaniya opresnennoy morskoy vody v sistemakh vodosnabzheniya i orosheniya v Respublike Krym* [On the possibility of using desalinated sea water in water supply and irrigation systems in the Republic of Crimea]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshayemogo zemledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture], no. 4(64), pp. 103-109. (In Russian).

13 Mosin O.V., Ignatov I., 2012. *Sovremennye tekhnologii opresneniya morskoy vody* [Modern technologies of seawater desalination]. *Energoberezhenie i vodopodgotovka* [Energy Saving and Water Treatment], no. 3, pp. 13-19. (In Russian).

14 Lyashevskiy V.I., Dzhaparova A.M., 2015. *K probleme opresneniya morskoy vody v Krymu* [To the problem of seawater desalination in the Crimea]. *Tavricheskiy vestnik agrarnoy nauki* [Taurian Bull. of Agrarian Science], no. 1(3), pp. 63-68. (In Russian).

15 Senchukov G.A., Ponomarenko T.S., 2016. *Primenenie komp'yuternogo modelirovaniya rezhimov vodopotrebleniya i vodoraspredeleniya dlya povysheniya effektivnosti organizatsii vodopol'zovaniya na orositel'nykh sistemakh* [Application of computer modeling of water consumption and water distribution regimes for increasing the efficiency of organization of water use on irrigation systems]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshayemogo zemledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture], no. 4(64), pp. 27-31. (In Russian).

16 Senchukov G.A., Gostishchev V.D., Ponomarenko T.S., 2016. *Analiz vozmozhnostey sushchestvuyushchego vodokhozyaystvennogo kompleksa Kryma dlya nuzhd orosheniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur* [Analysis of the possibilities of the existing water management complex in the Crimea for irrigation of agricultural crops]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshayemogo zemledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture], no. 4(64), pp. 113-115. (In Russian).

17 Lyashevskiy V.I., Tishchenko A.P., Volkova N.E., Ivanyutin N.M., 2016. *Vo doobespechenie sel'skokhozyaystvennoy otrasli Kryma: tekushchaya situatsiya i perspektivy* [Water supply to the agricultural sector of the Crimea: current situation and prospects]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshayemogo zemledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture], no. 4(64), pp. 120-125. (In Russian).

18 Volkova N.E., Zakharov R.Yu., 2015. *Povyshenie roli vodopol'zovatelya v sisteme oroshayemogo zemledeliya na primere Respubliki Krym* [Increasing the role of a water user in the system of irrigated agriculture on the example of the Republic of Crimea]. *Stroitel'stvo i tekhnogennaya bezopasnost* [Construction and Technogenic Security], no. 1(53), pp. 124-133. (In Russian).

19 Zakharov R.Yu., Volkova N.E., 2015. *Ochishchennyye stochnyye vody kak al'ternativnyy istochnik napolneniya prudov Respubliki Kazakhstan* [Purified sewage as an alternative source for filling ponds of the Republic of Kazakhstan]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshayemogo zemledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture], no. 2(58), pp. 100-106. (In Russian).

20 Ivanyutin N.M., 2015. *Podzemnye vody Kryma. Problemy i perspektivy ispol'zovaniya* [Underground waters of the Crimea. Problems and prospects of use]. *Tavricheskiy vestnik agrarnoy nauki* [Taurian Bull. of Agrarian Science], no. 2, pp. 95-101. (In Russian).

21 The river management model MIKE BASIN [Electronic resource]. Available: <http://dhigroup.com/upload/publications/mikebasin>, 2015. (In English).

22 MIKE HYDRO Basin. *Modelirovanie otbora vody dlya vodopotrebiteley. Poshagovoye rukovodstvo k nachalu raboty* [Modeling of water intake for water users. Step-by-step guide to getting started]. GC “Volga”, 2014. (In Russian).

23 MIKE HYDRO BASIN – River basin planning. Available: <http://mikebydhi.com>, 2015. (In English).

Тищенко Александр Иванович

Ученая степень: кандидат технических наук

Ученое звание: доцент

Должность: ведущий научный сотрудник

Место работы: федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации»

Адрес организации: Баклановский пр-т, 190, г. Новочеркасск, Ростовская область, Российская Федерация, 346421

E-mail: aleks.tishencko2016@mail.ru

Tishchenko Alexandr Ivanovich

Degree: Candidate of Technical Sciences

Title: Associate Professor

Position: Leading Researcher

Affiliation: Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems

Affiliation address: Baklanovsky ave., 190, Novocherkassk, Rostov region, Russian Federation, 346421

E-mail: aleks.tishencko2016@mail.ru

Кузьмичев Александр Анатольевич

Ученая степень: кандидат технических наук

Должность: старший научный сотрудник

Место работы: федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации»

Адрес организации: Баклановский пр-т, 190, г. Новочеркасск, Ростовская область, Российская Федерация, 346421

E-mail: rosniipm@yandex.ru

Kuz'michev Alexandr Anatol'evich

Degree: Candidate of Technical Sciences

Position: Leading Researcher

Affiliation: Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems

Affiliation address: Baklanovsky ave., 190, Novocherkassk, Rostov region, Russian Federation, 346421

E-mail: rosniipm@yandex.ru

Пономаренко Таисия Сергеевна

Должность: научный сотрудник отдела водных проблем в АПК

Место работы: федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации»

Адрес организации: Баклановский пр-т, 190, г. Новочеркасск, Ростовская область, Российская Федерация, 346421

E-mail: rosniipmoprparpk@yandex.ru

Ponomarenko Taisya Sergeevna

Position: Researcher

Affiliation: Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems

Affiliation address: Baklanovsky ave., 190, Novocherkassk, Rostov region, Russian Federation, 346421

E-mail: rosniipmovpvapk@yandex.ru