А. С. Штанько

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

ФИЛЬТРУЮЩИЕ ВОДОЗАБОРЫ ИЗ ВОДОТОКОВ ДЛЯ ПОДАЧИ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО ОЧИЩЕННОЙ ВОДЫ В СИСТЕМЫ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ

Цель: разработка конструктивных решений водозаборных сооружений для изъятия воды из водотоков, ее предварительной очистки от механических загрязнений и последующей подачи в системы капельного орошения. **Материалы и методы.** Информационной базой для проведения исследования послужили данные обследования действующих водозаборов и обнаруженные в процессе патентного поиска предложения по конструктивным решениям сооружений для забора воды из открытых водотоков и подачи ее в водопроводящую сеть систем капельного полива. При разработке конструкций мелиоративных водозаборов использовались методы научного анализа существующих и предлагаемых конструктивных решений, а при разработке конструктивных схем применялись технологии поискового конструирования. **Результаты.** В процессе обследования действующих водозаборов установлена их низкая эффективность по предварительной очистке воды от механических загрязнителей, что приводит к интенсивному загрязнению устройств по очистке воды, входящих в состав капельной оросительной системы. Задача более высокой степени очистки воды от загрязнителей на водозаборе может быть решена применением в составе водозаборных узлов и сооружений фильтрующих воду элементов. На основе использования фильтрующих панелей предложено два конструктивных решения водозаборных оголовков, обеспечивающих предотвращение попадания в трубопроводную сеть капельных систем засорителей заданного размера. В конструкциях предлагаемых водозаборов предполагается осуществлять забор воды из наименее загрязненных горизонтов водного потока, ее очистка путем фильтрования, а также замена или очистка фильтрующих элементов от накапливаемого на их поверхности сора. **Выводы.** В результате исследования предложены две базирующиеся на использовании фильтрующих панелей конструкции водозаборов из поверхностных водных объектов, обеспечивающие заданный уровень очистки воды от механических засорителей для последующей подачи ее в трубопроводную сеть капельных оросительных систем.

Ключевые слова: капельное орошение; водозаборные сооружения; фильтрующие панели; очистка воды; механические загрязнители; капельные системы.

A. S. Shtanko

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

FILTERING INTAKE FROM WATERCOURSES FOR PRE-TREATED WATER DELIVERING INTO DRIP IRRIGATION SYSTEMS

Purpose: development of constructive solutions for water intake structures for water withdrawal from watercourses, its preliminary treatment from mechanical pollutants and fur-

ther delivery to drip irrigation systems. **Materials and methods.** The information base for the study was the survey data of existing water intakes and suggestions found in the patent search for constructive solutions for water intake structures from flumes and its delivering to the water supply network of drip irrigation systems. When developing reclamation water intakes designs, methods of scientific analysis of existing and proposed structural solutions were used and search design technologies were used in developing structural schemes. **Results.** During the inspection of existing water intakes, their low efficiency in preliminary water treatment from mechanical pollutants which leads to intensive pollution of water treatment facilities that are part of the drip irrigation system was stated. The task of a higher degree of water treatment from pollutants at the intake can be solved by the use of water-filtering elements in the intake units and structures. Two structural solutions of water intake heads preventing the weeds of a given size from entering the pipeline drip network on the base of filtering panels have been proposed. In the design of the proposed water intakes, it is supposed to withdraw water from the least polluted horizons of water courses, to purify it by filtering and also replace or clean the filtering elements from the accumulated litter on their surface. **Conclusions.** As a result of the study, two water intake designs from surface water bodies based on the use of filtering panels that provide a given level of water treatment from mechanical impurities for its subsequent delivery into the piping network of drip irrigation systems were proposed.

Key words: drip irrigation; water intake facilities; filtering panels; water purification; mechanical pollutants; drip systems.

Введение. Обязательным условием надежного функционирования капельных микроводовыпусков и систем капельного орошения растений является тщательная и соответствующая требованиям капельниц очистка поливной воды или поливных растворов от механических загрязнителей [1–3]. В наиболее продвинутых и эффективных системах подготовки поливной воды для капельного орошения предусматривается двух- и трехступенчатая система ее очистки: на входных оголовках водозаборных сооружений или на входящих в состав водозаборных сооружений отстойниках, на станциях (блоках) водоподготовки (очистки воды), на фильтрах капельной поливной сети [4–6]. На проведение мероприятий по водоочистке затрачиваются значительные объемы материальных, энергетических и трудовых ресурсов, снижение которых представляет собой достаточно сложную и актуальную задачу. Ее решение с помощью наиболее простых и надежных способов и технологий позволит улучшить технико-экономические показатели систем капельного орошения растений, повысить надежность их функционирования, упростить средства и технологии автоматизации капельного полива. В связи с этим целью данного исследе-

дования определена разработка конструктивных решений сооружений для забора воды из водотоков, ее предварительной очистки от механических загрязнений и подачи в системы капельного орошения сельскохозяйственных угодий.

Соблюдение достаточно жестких требований к качеству очистки поливной воды усложняется ее забором из сорозагрязненных водных потоков (объектов), содержащих влекомые наносы, плавающую растительность, фито- и зоопланктон и другие виды разноразмерных физико-механических загрязнителей природного и антропогенного происхождения [7, 8]. В связи с этим современные рекомендации по устройству водозаборных сооружений предусматривают: проведение забора воды из наименее загрязненных горизонтов и участков водоисточников путем устройства изменяющих свое местоположение водоприемных оголовков, использование в составе входных водозаборных оголовков фильтрующих воду элементов из мелкоячеистых сеток и панелей из пористых материалов. Отметим достаточно высокую сорозадерживающую эффективность фильтрующих элементов, но и имеющую место их высокую засоряемость и связанное с этим уменьшение их производительности. С учетом очевидных достоинств и определенных недостатков «фильтрующих» водозаборов с участием автора были предложены две конструкции водозаборных узлов и сооружений для забора воды из поверхностных водотоков с предварительной очисткой воды от влекомых водным потоком взвесей, последующей подачей ее в трубопроводную сеть и технологические устройства капельных систем орошения.

Материалы и методы. Информационную основу исследования составили: данные обследования водозаборных сооружений для изъятия воды из поверхностных водных объектов (каналов и малых рек) и подачи ее в инженерную инфраструктуру капельных оросительных систем, материалы патентного поиска известных конструктивных решений водозаборов для пода-

чи воды в системы капельного орошения растений. При обосновании водозаборных узлов применялись визуальные наблюдения за засорением сорозадерживающих устройств и инструментальные измерения механических загрязнителей на выходе из водозаборных водоводов. При оценке достоинств и недостатков конструктивных решений использовались общенаучные (анализ и синтез) и частнонаучные (вариантное сравнение с выделением достоинств и недостатков) методы, а при разработке новых конструкций – технологии поискового конструирования.

Результаты и обсуждение. В зависимости от условий забора воды в состав водозаборных узлов могут включаться различные виды и конструкции сооружений и устройств, обеспечивающих их функционирование. Но при этом обязательным элементом водозабора, посредством которого осуществляется забор воды, является его входная часть – входной оголовок. Кроме этого, на входном оголовке осуществляется предотвращение попадания физико-механических засорителей в водотransпортирующую часть водозаборного узла (сооружения), что и определено основной задачей исследования. Именно во входном оголовке задерживаются нежелательные засорители воды и производится предварительная очистка поливной воды от механических разнородных и разноразмерных загрязнений природного или антропогенного генезиса. Одним из направлений рационализации конструктивного решения входных оголовков является возможность разнгоризонтного и разнотерриториального забора воды из зон (горизонтов) водного потока с наименьшим содержанием загрязнений. Для задержания и отвода сора и обитающих в водотоке гидробионтов возможно использование различных видов средств и устройств (сетчатых заграждений, пневмозавес, запоней и порогов, средств управления течением в зоне водозабора и др.). На большинстве рассмотренных водозаборов для капельных оросительных систем предусмотрено предотвращение поступления в водозаборную трубопроводную сеть сора и гидробио-

нтов на соро- и рыбозащитных устройствах. Такие устройства базируются на использовании сетчатых полотен, оборудованных промывными устройствами, примеры конструктивных решений которых приведены в авторских свидетельствах В. Н. Шкуры, Г. Г. Моисеевича и др. [9–11]. Подобные конструкции сорорыбозаградителей в принципе применимы, но требуемой для капельных систем орошения степени очистки воды они не обеспечивают.

Надежная защита водопроводящего тракта водозаборных сооружений от попадания в него сора (наносов или взвесей, минеральных или органических частиц и др.) обеспечивается использованием в конструкциях оголовков фильтрующих элементов. Указанные подходы и конструктивные решения использованы в предлагаемых конструкциях «фильтрующих» водозаборов (т. е. водозаборов с фильтрующим водоприемником-оголовком) для систем капельного орошения сельскохозяйственных угодий.

Для забора поливной воды из водных потоков горных и предгорных участков рек, насыщенных наносами и взвесями, предложено конструктивное решение фильтрующего водозабора [12], приведенное на рисунке 1.

Водозаборный узел из горного наносотранспортирующего водотока предлагаемой конструкции функционирует следующим образом. Водозаборное сооружение устраивается на излучине реки и включает: головной регулятор; водопроводящий тракт, соединяющий верховой и низовой участки излучины, состоящий из водоподводящего и водоотводящего (водонаносоотводящего) каналов; водоприемник, расположенный между концевым створом подводящего канала и начальным створом водонаносоотводящего канала; водоприемный бассейн, аккумулирующий воду, поступающую из водоприемника, для последующей ее подачи в оросительную систему посредством водовыпускного сооружения (водовыпуска).

а – плановая схема водозабора из горного водотока с предварительной очисткой воды от механических загрязнителей минерального происхождения на фильтрующих панелях; *б* – сечение А – А по водопроводящему тракту водозабора и узел А; *в* – сечение Б – Б по водоприемнику, водоотводу и водонакопительному бассейну; 1 – предгорный участок реки, водный поток которой насыщен влекомыми наносами; 2 – водоподводящий канал водозабора; 3 – водоприемник водозаборного сооружения; 4 – водонаносоотводящий канал; 5 – затвор-регулятор; 6 – трубчатые водоотводы; 7 – водоприемный бассейн оросительной системы; 8 – водовыпускное сооружение; 9 – водосборная галерея; 10 – фильтрующие панели водоприемника; 11 – опорные устои

Рисунок 1 – Схема водозабора из горного водотока с предварительной очисткой воды от механических загрязнителей минерального происхождения на фильтрующих панелях

Изъятие воды для подачи ее в капельную оросительную систему осуществляется водоприемником, расположенным в водопроводящем тракте. При этом конструктивное решение водоприемника предусматривает очистку воды от загрязнителей, содержащихся в водном потоке. Водоприемник представляет собой прямоугольную в плане доковую конструкцию с прямоугольным поперечным сечением, образованную продольными вертикальными устоями и горизонтальным днищем. Забор воды из протекающего по водопроводящему тракту водного потока осуществляется через систему фильтрующих водозаборных панелей, устраиваемых в водоприемнике на уровне дна, подводящего и отводящего каналов и опирающихся на береговые устои. Фильтрующие панели представляют собой несущую каркасную конструкцию, в отдельные секции которой уложены фильтрующие кассеты. Протекающая через водоприемник вода, просачиваясь через поры фильтрующих кассет, в виде струек и капель поступает в расположенную под фильтрующей панелью водосборную галерею. Емкость галереи формируется в пространстве, ограниченном днищем водоприемника, его продольными устоями (стенками) и фильтрующей панелью. Накапливающаяся в водосборных галереях вода сбрасывается посредством системы трубчатых водоотводов в водоприемный бассейн.

Предотвращение попадания влекомых наносов и взвесей в водоприемный бассейн осуществляется за счет: а) рационального размещения входа в водопроводящий тракт на вогнутом участке реки с минимальным содержанием в водном потоке реки влекомых наносов; б) изъятия воды из поверхностных слоев водного потока в реке, характеризующихся относительно низким содержанием транспортируемых взвесей; в) транзита плавающего на поверхности сора в нижний бьеф водопроводящего тракта и далее в водоисточник; г) задержки взвешенных механических загрязнителей (наносов и сора) на поверхности фильтрующих кассет водоприемника.

Водопроводящий тракт по размерам поперечного сечения и уклонам

дна составляющих его каналов должен обеспечивать подачу расходов, необходимых для водозабора и создания проточности по всей его протяженности, со скоростями, обеспечивающими необходимую для транспортирования наносов несущую способность водного потока и недопущение заилиenia каналов. При этом особое внимание при выполнении вышеуказанного условия должно уделяться конструированию водонаносоотводящего канала, где при проведении промывки содержание загрязнений в воде увеличивается.

Должное внимание необходимо уделить подбору фильтрующего материала кассет, при этом размеры пор фильтрата не должны превышать размеров подлежащих задержанию фракций загрязнителя (наносов, сора).

При отсутствии затвора-регулятора, расположенного в голове водопроводящего тракта, замена фильтрующих панелей или кассет представляет значительные трудности в связи с наличием слоя и течения воды над их поверхностью. При устройстве головного регулятора закрытием его затворов предотвращается поступление воды в водопроводящий тракт, что позволяет производить ремонтно-восстановительные работы на осушенном водоприемнике и обезвоженных элементах водопроводящего тракта.

В целом конструкция водозабора при соответствующих размерах составляющих его сооружений, элементов и устройств позволяет обеспечить бесперебойную подачу заданного объема предварительно очищенной от наносов и взвесей воды в технологическую сеть устройств капельных систем орошения при ее заборе из наносонасыщенных водоисточников.

Очевидными достоинствами предложенной конструкции являются: конструктивная простота; возможность ведения забора воды за пределами высокоскоростного наносонасыщенного водного потока реки; широкий спектр возможностей для изменения производительности при применении водоприемников различных размеров; отсутствие необходимости утилизации задержанных наносов и взвесей, отводимых в природный водоток, и др.

Конструктивное решение фильтрующего водозабора использовано при разработке самонапорных систем капельного орошения [13–16].

Предложенная конструкция имеет определенные перспективы в направлении ее совершенствования. Примерами тому являются возможность использования в конструкции водозабора водоприемных галерей переменного живого сечения, коллекторной системы сбора поступающей из трубчатых водоводов и транспортируемой в трубопроводную сеть капельной оросительной системы воды и др. Для реализации данной конструкции на практике необходима дальнейшая, более глубокая проработка научно-технических вопросов, касающихся размеров и конструктивных решений отдельных элементов фильтрующего водозабора капельных оросительных систем.

При заборе предварительно очищаемой воды из оросительных и обводнительных каналов для подачи ее в водоводы капельной оросительной сети рекомендуется устраивать водозаборное сооружение с фильтрующими водоприемными элементами, проиллюстрированное рисунками 2 и 3.

В зависимости от условий и объемов забора воды могут рассматриваться различные по форме и размерам фильтрующих панелей конструктивные решения входного оголовка внутриканального фильтрующего водозаборного сооружения. При этом могут рассматриваться варианты разноточного расположения фильтрующих панелей, учитывающего характер стратификации различных видов загрязнителей по глубине водного потока в канале. Конструктивное решение водозаборного оголовка с забором воды из поверхностных слоев проиллюстрировано рисунком 4, а при заборе воды из средних и придонных слоев водного потока – рисунком 5.

Водозаборное сооружение функционирует нижеописанным образом.

Вода, протекающая по каналу 1, проходя через поры (отверстия) устроенных на откосе фильтрующих панелей 5 водозаборного оголовка 3, поступает в водоприемник 4 и из него в водоотводящий трубопровод 6, транспортирующий воду в капельную оросительную систему.

1 – оросительный канал; 2 – откосы канала; 3 – водозаборный оголовок;
4 – водоприемник; 5 – фильтрующие панели; 6 – водоотводящий трубопровод

Рисунок 2 – Общий вид водозабора из канала для подачи предварительно очищенной воды в капельную оросительную систему

1 – оросительный канал; 2 – откосы канала; 3 – водозаборный оголовок;
4 – водоприемник; 5 – фильтрующие панели; 6 – водоотводящий трубопровод

**Рисунок 3 – Продольный разрез (а) и план (б) входного оголовка
фильтрующего водозабора из оросительного канала**

1 – оросительный канал; 2 – откосы канала; 3 – водозаборный оголовок;
4 – водоприемник; 5 – фильтрующие панели; 6 – водоотводящий трубопровод

**Рисунок 4 – Продольный разрез (а) и план (б) поверхностно
расположенного водозаборного оголовка**

a – оголовок с забором воды из срединной толщи водного потока; *б* – водозаборный оголовок с придонным забором воды; 1 – оросительный канал; 2 – откосы канала; 3 – водозаборный оголовок; 4 – водоприемник; 5 – фильтрующие панели; 6 – водоотводящий трубопровод

Рисунок 5 – Схемы входных оголовков водозабора с разноуровневым расположением фильтрующих панелей

Предлагаемый фильтрующий водозаборный оголовок при соответствующем условиям его устройства и функционирования конструктивном решении позволяет обеспечить необходимый объем (расход) подаваемой в капельную систему орошения очищенной от загрязнений воды. Конструкция может быть усовершенствована применением устройств для предотвращения загрязнения фильтрующих панелей в межполивной период и их очистки от кольматажа или замены.

Выводы. Обзор и анализ существующих конструктивных решений водозаборных сооружений оросительных систем показал, что они преимущественно ориентированы на задержание крупноразмерного сора, а задержка средне- и мелкоразмерных фракций засорителей предусматривается на последующих этапах водоподготовки, на проведение которых затрачиваются значительные объемы материальных и энергетических ресурсов.

Для уменьшения интенсивности загрязнения и износа элементов водозаборного узла, насосных агрегатов (при их наличии), транспортирующих трубопроводов и узлов водоподготовки капельных оросительных систем на водозаборных сооружениях целесообразно применять средства предварительной очистки воды, которые особенно актуальны при водозаборе из водотоков, насыщенных влекомыми донными наносами, плавающей растительностью, фито-, зоопланктоном и другими видами загрязнителей природного и антропогенного происхождения.

В результате исследований предложены конструкции водозаборных сооружений для забора воды из предгорных участков рек и мелиоративных каналов и подачи предварительно очищенной от засорителей воды в капельную систему орошения. Мероприятия по предварительной очистке воды включают забор оросительной воды из зон и горизонтов водного потока, содержащих наименьшее количество загрязнителя, и использование в конструкции водозаборного оголовка фильтрующих элементов. Конструкции предложенных фильтрующих водозаборов достаточно просты

в исполнении, благодаря чему надежны в эксплуатации и имеют перспективы для совершенствования.

Список использованных источников

- 1 Васильев, С. М. Технические средства капельного орошения: учеб. пособие / С. М. Васильев, Т. В. Коржова, В. Н. Шкура. – Новочеркасск, 2017. – 200 с.
- 2 Шкура, В. Н. Капельное орошение яблони / В. Н. Шкура, Д. Л. Обумахов, А. Н. Рыжаков; под ред. В. Н. Шкуры. – Новочеркасск: Лик, 2014. – 310 с.
- 3 Ахмедов, А. Д. Влияние качества поливной воды на работоспособность систем капельного орошения / А. Д. Ахмедов, А. А. Темерев // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2011. – № 6. – С. 24–26.
- 4 Усатый, С. В. Капельное орошение и качество воды в системе «оросительная сеть – свойства почв» / С. В. Усатый, Л. Г. Усатая // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2017. – № 2(66). – С. 174–179.
- 5 Петроченко, А. В. Инновационные решения подготовки воды в системах сельскохозяйственного водоснабжения и капельного орошения / А. В. Петроченко // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2016. – № 3(63). – С. 142–150.
- 6 Новикова, И. В. Средства и технологии водоподготовки для капельного орошения сельскохозяйственных угодий / И. В. Новикова, Е. Н. Лунева, А. В. Грицай // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2019. – № 3(35). – С. 1–17. – Режим доступа: <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=614&id=615>. – DOI: 10.31774/2222-1816-2019-3-1-17.
- 7 Al-Mefleh, N. K. Impact of irrigation water quality and envelope materials around drip line on emitter performance in subsurface drip irrigation / N. K. Al-Mefleh, O. F. Al-Raja // Water and Environment Journal. – 2020, Febr. – Vol. 34, № 1. – P. 14–24. – DOI: 10.1111/wej.12437.
- 8 Wang, T. Z. Effects of mixing Yellow River water with brackish water on the emitter's clogging substance and solid particles in drip irrigation / T. Z. Wang, Z. C. Guo, C. T. Kuo // SN Applied Sciences. – 2019, Oct. – Vol. 1, № 10. – Article number: 1269. – DOI: 10.1007/s42452-019-1287-5.
- 9 А. с. 1712531 СССР, МПК Е 02 В 8/08, Е 02 В 9/04. Рыбозащитное устройство / В. Н. Шкура, П. А. Михеев, А. Ш. Гулянский, В. С. Аникин, В. З. Азоян (СССР). – № 4746517; заявл. 27.07.89; опубл. 15.02.92, Бюл. № 6. – 6 с.: ил.
- 10 А. с. 1493730 СССР, МПК Е 02 В 8/08, Е 02 В 9/04. Устройство для промывки сетчатого полотна рыбозащитного сооружения / Г. Г. Моисеевич, В. Н. Шкура, П. А. Михеев, А. А. Чистяков, Л. В. Ефремкина (СССР). – № 4300009; заявл. 24.08.87; опубл. 15.07.89, Бюл. № 26. – 5 с.: ил.
- 11 А. с. 1629384 СССР, МПК Е 02 В 8/08, Е 02 В 9/04. Устройство для промывки сетчатого полотна рыбозащитного сооружения / Г. Г. Моисеевич, А. А. Чистяков, В. Н. Шкура, М. П. Реусов, В. М. Волошков (СССР). – № 4654844; заявл. 10.01.89; опубл. 23.02.91, Бюл. № 7. – 5 с.: ил.
- 12 Пат. 2606282 Российская Федерация, МПК⁶ Е 02 В 9/04, Е 02 В 13/00. Водозаборный узел оросительной системы / Щедрин В. Н., Шкура В. Н., Штанько А. С.; заявитель и патентообладатель Рос. науч.-исслед. ин-т проблем мелиорации. – № 2015132308; заявл. 03.08.15; опубл. 10.01.17, Бюл. № 1. – 9 с.: ил.
- 13 Шкура, В. Н. Компонувочно-конструктивныя решения самонапорных ярусных систем капельного орошения / В. Н. Шкура, А. С. Штанько // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2018. – № 2(30). – С. 78–94. – Режим доступа: <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=542&id=547>.

14 Щедрин, В. Н. Методологические основы проектирования самонапорных систем капельного орошения / В. Н. Щедрин, А. С. Штанько, В. Н. Шкура // Мелиорация и водное хозяйство. – 2018. – № 2. – С. 36–42.

15 Штанько, А. С. Определение параметров напорааккумулирующих трубопроводов для самонапорных капельных систем / А. С. Штанько, В. Н. Шкура // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2018. – № 2(70). – С. 18–24.

16 Щедрин, В. Н. Самонапорные системы капельного орошения: монография / В. Н. Щедрин, А. С. Штанько, В. Н. Шкура. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2018. – 236 с.

References

1 Vasiliev S.M., Korzhova T.V., Shkura V.N., 2017. *Tekhnicheskie sredstva kapel'nogo orosheniya: uchebnoe posobie* [Technical Means of Drip Irrigation: Textbook]. Novocherkassk, 200 p. (In Russian).

2 Shkura V.N., Obumakhov D.L., Ryzhakov A.N., 2014. *Kapel'noe oroshenie yabloni* [Drip Irrigation of Apple Trees]. Novocherkassk, Lik Publ., 310 p. (In Russian).

3 Akhmedov A.D., Temerev A.A., 2011. *Vliyanie kachestva polivnoy vody na rabotosposobnost' sistem kapel'nogo orosheniya* [Influence of the quality of irrigation water on the performance of drip irrigation systems]. *Vestnik Rossiyskoy akademii sel'skokhozyaystvennykh nauk* [Bull. of the Russian Academy of Agricultural Sciences], no. 6, pp. 24-26. (In Russian).

4 Usatyy S.V., Usataya L.G., 2017. *Kapel'noe oroshenie i kachestvo vody v sisteme "orositel'naya set' – svoystva pochv"* [Drip Irrigation and Water Quality in the System "Farming Network – Soil Characteristics"]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture], no. 2(66), pp. 174-179. (In Russian).

5 Petrochenko A.V., 2016. *Innovatsionnye resheniya podgotovki vody v sistemakh sel'skokhozyaystvennogo vodosnabzheniya i kapel'nogo orosheniya* [Innovative solutions for water treatment in agricultural water supply systems and drip irrigation]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture], no. 3(63), pp. 142-150. (In Russian).

6 Novikova I.V., Luneva E.N., Gritsay A.V., 2019. [Water treatment techniques and technologies for drip irrigation of agricultural land]. *Nauchnyy Zhurnal Rossiyskogo NII Problem Melioratsii*, no. 3(35), pp. 1-17, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=614&id=615>, DOI: 10.31774/2222-1816-2019-3-1-17. (In Russian).

7 Al-Mefleh N.K., Al-Raja O.F., 2020. Impact of irrigation water quality and envelope materials around drip line on emitter performance in subsurface drip irrigation. *Water and Environment Journal*, Febr., vol. 34, no. 1, pp. 14-24, DOI: 10.1111/wej.12437.

8 Wang T.Z., Guo Z.C., Kuo C.T., 2019. Effects of mixing Yellow River water with brackish water on the emitter's clogging substance and solid particles in drip irrigation. *SN Applied Sciences*, Oct., vol. 1, no. 10, Article number: 1269, DOI: 10.1007/s42452-019-1287-5.

9 Shkura V.N., Mikheev P.A., Gulyansky A.Sh., Anikin V.S., Azoyan V.Z., 1992. *Rybozashchitnoe ustroystvo* [Fish Protection System], Inventor's Certificate, no. 1712531. (In Russian).

10 Moiseevich G.G., Shkura V.N., Mikheev P.A., Chistyakov A.A., Efremkina L.V., 1989. *Ustroystvo dlya promyvki setchatogo polotna rybozashchitnogo sooruzheniya* [A Device for Flushing Netting of a Fish Protection Structure], Inventor's Certificate, no. 1493730. (In Russian).

11 Moiseevich G.G., Chistyakov A.A., Shkura V.N., Reusov M.P., Voloshkov V.M., 1991. *Ustroystvo dlya promyvki setchatogo polotna rybozashchitnogo sooruzheniya* [A Device for Flushing Netting of a Fish Protection Structure], Inventor's Certificate, no. 1629384. (In Russian).

12 Shchedrin V.N., Shkura V.N., Shtan'ko A.S., 2017. *Vodozabornyy uzel orositel'noy sistemy* [Water Intake Unit of the Irrigation System], Patent RF, no. 2606282. (In Russian).

13 Shkura V.N., Shtan'ko A.S., 2018. [Constructive-Layout Arrangements of Gravity Layer Systems in Drip Irrigation]. *Nauchnyy Zhurnal Rossiyskogo NII Problem Melioratsii*, no. 2(30), pp. 78-94, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=542&id=547>. (In Russian).

14 Shchedrin V.N., Shtanko A.S., Shkura V.N., 2018. *Metodologicheskie osnovy proektirovaniya samonapornykh sistem kapel'nogo orosheniya* [Methodological basis of design of gravity drip systems]. *Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo* [Irrigation and Water Management], no. 2, pp. 36-42. (In Russian).

15 Shtan'ko A.S., Shkura V.N., 2018. *Opredelenie parametrov naporoakkumuliruyushchikh truboprovodov dlya samonapornykh kapel'nykh sistem* [Parameters Determination of Pressure-Accumulating Pipelines for Gravity Drip Irrigation Systems]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture], no. 2 (70), pp. 18-24. (In Russian).

16 Shchedrin V.N., Shtan'ko A.S., Shkura V.N., 2018. *Samonapornyye sistemy kapel'nogo orosheniya: monografiya* [Gravity Drip Irrigation Systems: monograph]. Novocherkassk, RosNIIPM Publ., 236 p. (In Russian).

Штанько Андрей Сергеевич

Ученая степень: кандидат технических наук

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: rosniipm@yandex.ru

Shtanko Andrey Sergeyevich

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

Поступила в редакцию 12.05.2020

После доработки 08.06.2020

Принята к публикации 30.06.2020