

ВОДОСНАБЖЕНИЕ, КАНАЛИЗАЦИЯ, СТРОИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

Обзорная статья

УДК 626.823.6

doi: 10.31774/2658-7890-2022-4-4-69-83

О техническом состоянии пунктов водоучета на открытой оросительной сети

Александр Анатольевич Чураев¹, Любовь Васильевна Юченко²

^{1, 2}Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск,
Российская Федерация

¹churaev75@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9198-169x>

²oamsrosniipm@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8372-0852>

Аннотация. Цель: обратить внимание на техническое состояние пунктов водоучета на открытой оросительной сети мелиоративных систем и предложить в качестве средства измерения использовать гидрометрическое сооружение типа «фиксированное русло». **Обсуждение.** Как показал анализ получаемой информации из региональных управлений мелиорации земель и сельскохозяйственного водоснабжения, в нашей стране в последние годы наблюдалось значительное снижение количества и уровня технического состояния пунктов водоучета. По данным мониторинга 2018 г. на гидромелиоративных системах государственных эксплуатационных организаций, 48 % пунктов водоучета были признаны рабочими (находились в хорошем или удовлетворительном состоянии), 52 % находились в нерабочем состоянии и требовали реконструкции или ремонта. Приборами водоизмерения и специальным технологическим оборудованием были оснащены лишь 9 % пунктов водоучета, а 39 % пунктов водоучета не имели даже такого простейшего средства измерения, как гидрометрическая рейка. В настоящее время в связи с дефицитом материальных средств ожидать кардинальной перестройки в оснащении пунктов водоучета средствами водоучета не приходится, и поэтому, возможно, правильным будет выбор для открытых каналов мелиоративных систем более дешевых и доступных средств и методов измерения. **Выводы.** Основная проблема, с которой в настоящее время сталкиваются водопользователи и водопотребители на открытой сети мелиоративных систем, – это недостаток денежных средств, необходимых для реконструкции или строительства новых пунктов водоучета и оснащения их современными приборами. Немаловажно также отсутствие нормативной документации, помогающей в строительстве и эксплуатации средств водоучета. Опыт использования гидрометрических сооружений в России и Центральной Азии показал, что наиболее распространенными средствами измерения расхода воды в русле открытого канала (без сжатия потока) являются сооружения «фиксированное русло», как самые надежные и проверенные временем.

Ключевые слова: пункт водоучета, оросительная сеть, открытый канал, метод «скорость – площадь», гидрометрическое сооружение, фиксированное русло, средство водоизмерения, гидрометрическая рейка

Для цитирования: Чураев А. А., Юченко Л. В. О техническом состоянии пунктов водоучета на открытой оросительной сети // Экология и водное хозяйство. 2022. Т. 4, № 4. С. 69–83. <https://doi.org/10.31774/2658-7890-2022-4-4-69-83>.

WATER SUPPLY, SEWAGE, CONSTRUCTION SYSTEMS FOR WATER RESOURCES PROTECTION

Review article

On technical condition of water metering stations at an open irrigation network

Alexandr A. Churaev¹, Lyubov V. Yuchenko²

^{1,2}Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk,
Russian Federation

¹churaev75@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9198-169x>

²oamsrosniipm@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8372-0852>

Abstract. Purpose: to draw attention to the technical condition of water metering stations at the open irrigation network of reclamation systems and propose to use a “fixed channel” type hydrometric structure as a measuring instrument. **Discussion.** As the analysis of the information received from the regional departments of land reclamation and agricultural water supply showed, in recent years there has been a significant decrease in the number and level of technical condition of water metering stations in our country. According to the monitoring data of 2018 on the hydro-reclamation systems of state operating organizations, 48 % of water metering stations were recognized as operational (were in good or satisfactory condition), 52 % were in non-operative state and required reconstruction or repair. Only 9 % of water accounting stations were equipped with water meters and special technological equipment, and 39 % of water metering stations did not even have such a simple measuring instrument as a hydrometric gauge. At present, due to the shortage of material resources, it is not necessary to expect a radical restructuring in equipping water metering stations with water accounting devices, and therefore, it may be right to choose cheaper and more accessible means and methods of measurement for open canals of reclamation systems. **Conclusions.** The main problem currently faced by water users and water consumers in the open network of reclamation systems is the lack of funds necessary for reconstruction or construction new water metering stations and equipping them with modern devices. It is also important that there is no normative documentation that helps in the construction and operation of water metering facilities. The experience of using gauging facilities in Russia and Central Asia has shown that the most common means of measuring water flow in the open channel canal (without flow compression) are “fixed channel” structures, as the most reliable and time-tested.

Keywords: water metering station, irrigation network, open canal, “speed – area” method, hydrometric structure, fixed channel, water measuring device, hydrometric rod

For citation: Churaev A. A., Yuchenko L. V. On technical condition of water metering stations at an open irrigation network. *Ecology and Water Management*. 2022;4(4):69–83. (In Russ.). <https://doi.org/10.31774/2658-7890-2022-4-4-69-83>.

Введение. Анализ опыта эксплуатации мелиоративных систем в нашей стране [1, 2] показал, что, несмотря на введение Федерального закона (ФЗ) № 74 «Водный кодекс Российской Федерации»¹, определяющего новые

¹Водный кодекс Российской Федерации от 3 июня 2006 г. № 74-ФЗ [Электронный ресурс]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_60683/ (дата обращения: 28.08.2022).

взаимоотношения в системах водопользования, и ФЗ № 7 «Об охране окружающей среды»², обязывающего рационально использовать воду, эффективность первичного учета воды на мелиоративных системах продолжает оставаться на низком уровне. Это происходит в результате того, что вопросам организации и контроля водораспределения не было уделено достаточно серьезное внимание.

Как определено в ГОСТ Р 58376-2019, «условием правильной эксплуатации оросительных систем и рационального использования воды является организация системы первичного учета и измерения воды»³. К организации и контролю первичного учета воды на оросительной сети в первую очередь относят пункты водоучета, их техническое состояние и степень оснащения средствами измерения [3].

По мнению В. Н. Щедрина и др. [4], «...подводя итог анализу развития средств водоучета, можно заметить, что существующая техника и организация гидрометрических работ на оросительной системе нуждаются в значительном улучшении. Наиболее распространены сегодня методы косвенного измерения расхода (с помощью рейки и вертушки). При этом погрешности в измерениях достигают 10–25 %. К сожалению, разработка новых современных приборов и оборудования велась бессистемно, имела во многих случаях конъюнктурный характер и не получала завершения в виде серийного выпуска и массового внедрения технических средств водоучета и водоизмерения на ОС».

Обсуждение. Научными сотрудниками РосНИИПМ в период с 1995 по 2009 г. и в 2018 г. проводился мониторинг состояния средств измерения расхода и объема воды на мелиоративных каналах, эксплуатируемых орга-

²Об охране окружающей среды: Федер. закон от 10 янв. 2002 г. № 7-ФЗ [Электронный ресурс]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823 (дата обращения: 08.09.2022).

³ГОСТ Р 58376-2019. Мелиоративные системы и гидротехнические сооружения. Эксплуатация. Общие требования. Введ. 2019-07-01. М.: Стандартинформ, 2019. 32 с.

низациями, подведомственными Минсельхозу России^{4, 5}. По полученным данным, количество пунктов водоучета по России с 1995 по 2018 г. на оросительных и осушительных системах снизилось в 5 раз [5, 6].

Как показал анализ получаемой информации из региональных управлений мелиорации земель и сельскохозяйственного водоснабжения, в нашей стране в последние годы наблюдалось значительное снижение количества и уровня технического состояния пунктов водоучета. Согласно исследованиям П. И. Абраменко [7], в 2008 г. положение дел выглядело таким образом, что вследствие длительного недофинансирования и ряда организационно-технических причин на оросительных системах не выполнялись даже минимально необходимые работы по поддержанию пунктов водоучета в требуемом состоянии. Большинство пунктов водоучета считаются таковыми лишь номинально и находятся в неудовлетворительном состоянии. Практически все они требуют проведения текущего, а многие и капитального ремонта. Большая часть построенных ранее гидрометрических сооружений на оросительных и осушительных системах Минсельхоза России разрушена или деформирована и не оправдывает своего назначения как средства измерения расхода.

Информация, полученная в 2018 г., о состоянии и количестве средств водоучета, применяемых на мелиоративных объектах государственных систем, показала, что в основном для измерения расхода воды в открытых каналах применяют гидрометрические рейки. А расчет расхода или подачи воды ведется по производительности насосов, которыми оборудованы насосные станции [6]. По полученным данным, лишь 3,7 % от опрошенных

⁴Информационно-аналитический доклад о текущем состоянии средств водоучета на мелиоративных системах и объектах, находящихся в ведении Минсельхоза России: отчет о НИР (промежуточ.): 2.2 / ФГНУ «РосНИИПМ»; рук.: Бочкарев В. Я. Новочеркасск, 2009. 38 с. Исполн.: Клишин И. В., Щедрина Т. В.

⁵Провести мониторинг текущего состояния средств водоизмерения и разработать предложения по совершенствованию системы водоучета на оросительных и осушительных системах Минсельхоза России: отчет о НИР (заключ.): 2.1.3.5 / ФГБНУ «РосНИИПМ»; рук.: Щедрин В. Н. Новочеркасск, 2018. 68 с. Исполн.: Щедрин В. Н.

эксплуатационных организаций имеют приборы учета воды на открытой сети. Данные 2018 г. о количестве пунктов водоучета на открытых каналах мелиоративных систем Минсельхоза России и их оборудовании в зависимости от максимального пропускаемого расхода приведены в таблице 1 [5].

Таблица 1 – Данные 2018 г. о количестве пунктов водоучета на открытых каналах и их оборудовании [5]
Table 1 – 2018 data on number of water metering stations on open canals and their equipment [5]

Максимальный пропускаемый расход, м ³ /с	< 2	2–5	5–10	10–50	50–100	> 100	Всего
Количество пунктов водоучета, шт., из них:							
- оборудованных гидрометрической рейкой	1016	617	242	250	45	11	2181
- оборудованных приборами	457	360	217	234	38	10	1316
	15	17	16	10	18	4	80

Из данных таблицы 1 видно, что из всей номенклатуры средств водоучета, имеющих на пунктах водоучета открытых каналов мелиоративных систем, преобладают гидрометрические рейки (1316 ед.), и лишь 80 ед. – это приборы, причем приборы устаревшего образца. Счетчики стока у водохозяйственных организаций отсутствуют [5, 8].

Отмечается неудовлетворительное техническое состояние пунктов водоучета и средств водоизмерения на оросительных и осушительных системах. Так, данные мониторинга технического состояния (А. Е. Шепелев и др. [8]) показывают, что 52 % от общего количества пунктов водоучета находятся в неудовлетворительном состоянии и требуют проведения реконструкции, капитального или текущего ремонта. Средствами водоизмерения и специальным технологическим оборудованием оснащены 9 % гидрометрических постов, 39 % гидрометрических постов не оборудованы даже простейшими средствами измерения типа гидрометрической рейки [8].

В таблице 2 и на рисунке 1 отображена потребность в списании и проведении ремонта пунктов водоучета на государственных мелиоративных системах (открытая сеть) по данным на 2018 г. [6].

Таблица 2 – Потребность в списании и проведении ремонта пунктов водоучета на государственных мелиоративных системах (открытая сеть) на 2018 г. [6]

Table 2 – The demand for write-off and repairing of water metering stations at state reclamation systems (open network) for 2018 [6]

Максимальный пропускаемый расход, м ³ /с	< 2	2–5	5–10	10–50	50–100	> 100	Всего
Количество пунктов водоучета, шт., из них:	1016	617	242	250	45	11	2181
- требуют списания	230	114	9	1	–	–	354
- требуют капитального ремонта	266	147	50	45	17	4	529
- требуют текущего ремонта	410	233	109	162	17	6	937



- – потребность в текущем ремонте; ■ – потребность в капитальном ремонте; ■ – потребность в списании
- – the demand for current repairs; ■ – the demand for major repairs; ■ – the demand for write-off

Рисунок 1 – Потребность в списании и проведении ремонта пунктов водоучета на открытой сети государственных мелиоративных систем на 2018 г.

Figure 1 – The demand for write-off and repair of water metering stations at the open network of state reclamation systems for 2018

С 2019 по 2022 г. опрос о техническом состоянии и оснащении пунктов водоучета на открытой сети мелиоративных систем средствами водоучета не проводился, и по этой причине отсутствует полная информация. В связи с дефицитом средств ожидать кардинальной перестройки в оснащении пунктов водоучета средствами водоучета не приходится [9, 10], и в настоящее время, возможно, правильным будет выбор для мелиоративных систем более дешевых и доступных средств и методов измерения.

На открытых каналах оросительных систем «определение расходов воды на основе метода «скорость – площадь» осуществляется в открытых руслах посредством измерения двух параметров: средней скорости течения жидкости и площади живого сечения потока» [11]. Если рассматривать пункты водоучета на каналах со свободным истечением жидкости без сжатия потока, то учет воды может быть организован при помощи перепадов, быстротоков или контрольных участков русла типа «фиксированное русло» [12]. На пунктах водоучета с постоянным и изменяемым сжатием потока (донного и бокового) учет воды может быть организован при помощи гидрометрических лотков, водосливов или водосливов-регуляторов [13].

Вместе с тем метод «скорость – площадь» является перспективным для последующей автоматизации и создания систем водоучета на открытом канале в диапазонах измеряемых расходов с использованием гидрометрических сооружений и устройств [14]. Гидрометрические сооружения значительно упрощают процесс определения расходов воды, сводя его к измерению одного гидравлического параметра [15]. В связи с этим легко автоматизировать в перспективе процесс измерения нужного параметра, регистрацию и передачу информации в центры обработки данных и регулирования водораспределения. Конструкции гидрометрических сооружений просты и могут быть собраны из унифицированных блоков или изготовлены на заводах железобетонных изделий [16, 17].

Большой опыт использования гидрометрических сооружений «фиксированное русло» для измерения расхода воды в открытом канале накоплен в Центральной Азии, где главным образом используют гидрометрические посты «фиксированное русло» и водосливы с облицованным дном и откосами. Экспериментальные водомерные устройства используются в незначительном количестве [18]. Так, в Киргизской Республике водомерные сооружения с фиксированным руслом составляют 52 %. Из них речные гидропосты – 16 %, водосливы различных типов – 25 %, водомерные лотки – 3 %, насадки и дру-

гие сооружения – 3 % [19]. На рисунке 2 показан гидрометрический створ в фиксированном русле канала на оросительной сети в Республике Узбекистан⁶. На рисунке 3 показан гидрометрический пост типа «фиксированное русло» на сбросе в р. Араван-Сай на территории Киргизской Республики⁷.



Рисунок 2 – Гидрометрический створ в фиксированном русле открытого канала, Республика Узбекистан⁶

Figure 2 – Measuring section in a fixed channel of an open canal, the Republic of Uzbekistan⁶



Рисунок 3 – Гидропост типа «фиксированное русло» на сбросе в р. Араван-Сай, Киргизская Республика⁷

Figure 3 – Water gauge of the “fixed channel” type on the discharge in the river Aravan-Sai, Kyrgyz Republic⁷

⁶Проект «ИУВР-Фергана». Отчет по позиции 1.7.8. Руководство по водоучету для гидрометров магистральных каналов (проект) [Электронный ресурс] / рук. проекта: В. Духовный; Швейц. агентство по междунар. развитию и сотрудничеству, Межгос. координац. водохоз. комис. Центр. Азии. Ташкент, 2006. 46 с. URL: <http://www.cawater-info.net/bk/iwrm/pdf/1-7-8.pdf> (дата обращения: 29.05.2022).

⁷<https://nwrmp.water.gov.kg/wp-content/uploads/2017/12/Гидропост-типа-«Фиксированное-русло».jpg>

По данным В. Н. Щедрина, О. А. Опрышко и др. [4, 20], около 40 % пунктов водоучета в нашей стране вообще не оборудованы средствами водоучета. А на открытой оросительной сети более 60 % оснащены лишь простейшими средствами измерений, такими как гидрометрическая рейка. Анализ типов гидрометрических сооружений на открытой сети показал, что наиболее распространенными являются сооружения типа «фиксированное русло», сужающие устройства различной конструкции и перегородивающие сооружения. На рисунке 4 показан гидрометрический створ в фиксированном русле канала Р-3 Райгородской оросительной системы (Россия).



Рисунок 4 – Гидрометрический створ в фиксированном русле канала Р-3 Райгородской оросительной системы (фото А. А. Чураева)

Figure 4 – Water gauge in a fixed channel of R-3 canal of the Raigorod irrigation system (photo by A. A. Churaev)

В Ставропольском крае в 2000 г. количество пунктов водоучета на мелиоративных системах составляло 695 шт., из них водоизмерительными приборами различных типов снабжены 165 шт. (23,7 %), измеряют по водомерной рейке – 247 шт. (35,5 %), используют градуированные сооружения – 283 шт. (40,7 %) [21].

В Краснодарском крае водоучет на протяжении всего поливного периода (2017 г.) осуществлялся в 621 точке водовыдела. Количество точек водовыдела, оборудованных водомерными рейками, составляет более 1000 шт., фиксированными руслами – 213 шт., гидрометрическими вертушками – 37 шт.

В 90-е гг. прошлого столетия в данном регионе проводились исследования, посвященные системному учету воды на открытых каналах с использованием различных измерительных приборов, а также средств телемеханики. Но не все приборы учета получили положительную оценку при испытаниях. В результате были сделаны выводы, что реконструкция пунктов водоучета для использования испытанных приборов требует времени и материальных затрат. В связи с этим в настоящее время самый надежный и проверенный способ измерения расхода воды – использование градуировочных зависимостей для сооружений, которые выявляются на основании серии вертушечных измерений расхода воды в фиксированном русле [22].

Выводы. По результатам проведенного мониторинга (с 1995 по 2009 г., в 2018 г.) на мелиоративных системах, подведомственных Минсельхозу России, в хорошем и удовлетворительном состоянии находилось меньше половины пунктов водоучета, а большая часть требовала реконструкции или ремонта. Приборами водоизмерения и специальным технологическим оборудованием были оснащены лишь 9 % пунктов водоучета, а 39 % пунктов водоучета не имели даже такого простейшего средства измерения, как гидрометрическая рейка. С 2019 по 2022 г. опрос о техническом состоянии и оснащении средствами водоучета мелиоративных систем не проводился, и по данной причине отсутствует полная информация.

В настоящее время водопользователи и водопотребители на мелиоративных системах испытывают недостаток денежных средств, необходимых для строительства новых пунктов водоучета и оснащения их современными приборами или оборудованием. Немаловажно также отсутствие нормативной документации, помогающей при строительстве и эксплуатации средств водоучета.

В связи с дефицитом денежных средств ожидать кардинальной перестройки в оснащении пунктов водоучета современными средствами водоучета не приходится. По прогнозу специалистов, в ближайший период будет

преобладать тенденция к оснащению открытых каналов оросительных систем более доступными и надежными средствами измерения с наименьшими финансовыми затратами.

Опыт использования гидрометрических сооружений в России и Центральной Азии показал, что наиболее распространенными средствами измерения расхода воды в русле открытого канала (без сжатия потока) являются сооружения «фиксированное русло», как самые надежные и проверенные временем.

Список источников

1. Чураев А. А., Юченко Л. В., Вайнберг М. В. К проблеме оснащения мелиоративных систем средствами водоучета // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: сб. ст. / ФГНУ «РосНИИПМ». Новочеркасск: Геликон, 2010. Вып. 44. С. 59–63.
2. Шепелев А. Е. Анализ потребности в строительстве пунктов водоучета на мелиоративных системах Минсельхоза России // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2018. № 4(72). С. 185–186.
3. Филончиков А. В. Технология водоучета на мелиоративных системах / КГСХА. Кострома, 1997. 156 с.
4. Оросительные системы России: от поколения к поколению: монография. В 2 ч. Ч. 1 / В. Н. Щедрин, А. В. Колганов, С. М. Васильев, А. А. Чураев. Новочеркасск: Геликон, 2013. 282 с.
5. Вайнберг М. В., Чураев А. А. Состояние пунктов водоучета на государственных мелиоративных системах // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2018. № 3(71). С. 30–35.
6. Чураев А. А., Шепелев А. Е. Техническое состояние пунктов водоучета мелиоративных систем Минсельхоза России // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2019. № 2(74). С. 71–78.
7. Абраменко П. И. Повышение точности измерения расходов воды открытых каналов оросительных систем // Труды КубГАУ. 2008. № 2. С. 10–13.
8. Шепелев А. Е., Юченко Л. В. Анализ средств водоучета на пунктах водоучета мелиоративных систем Минсельхоза России // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2019. № 1(73). С. 43–46.
9. Развитие мелиоративного комплекса: строительство, модернизация и техническое перевооружение: справ. изд. / Г. В. Ольгаренко, С. С. Турапин, В. И. Булгаков, Н. А. Мищенко, Л. Е. Паутова, А. В. Грушин, О. Ю. Гришаева, А. И. Банникова, В. С. Травкин, И. С. Мазурова. М.: Росинформагротех, 2021. 88 с.
10. Овчинников А. С., Пахомов А. А., Колобанова Н. А. Рационализация средств водоучета на открытых каналах оросительных систем // Природообустройство. 2011. № 1. С. 34–40.
11. Системные принципы водоучета и управления водораспределением на оросительной сети / В. Н. Щедрин, Ю. Г. Иваненко, В. И. Ольгаренко, А. М. Жарковский, Е. Г. Филиппов. Новочеркасск: Новочеркас. гос. техн. ун-т, 1994. 235 с.
12. Филиппов Е. Г. Гидравлика гидрометрических сооружений для открытых потоков. Л.: Гидрометеиздат, 1990. 288 с.

13. Organization of water accounting and water saving of irrigation water based on world experience in the conditions of changing climate / T. S. Koshkarova, L. N. Medvedeva, A. A. Novikov, L. A. Voyevodina // IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 2020, 14 Oct. Vol. 577, iss. 1. 012013. DOI: 10.1088/1755-1315/577/1/012013.

14. Васильченко А. П., Шепелев А. Е., Кореновский А. М. К вопросу оснащения пунктов водоучета средствами телеметрии // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2020. № 3(39). С. 140–153. URL: rosniipm-sm.ru/article?n=1143 (дата обращения: 08.09.2022). DOI: 10.31774/2222-1816-2020-3-140-153.

15. Юрасов Р. Н. Использование гидрометрических сооружений в настоящее время // Актуальные проблемы современной науки. 2010. № 4(54). С. 168–171.

16. Бейшекеев К. К. Совершенствование конструкций водомерных и водораспределительных сооружений на каналах оросительных систем горно-предгорной зоны. Бишкек: КРСУ, 2011. 297 с.

17. Чураев А. А., Шепелев А. Е., Юченко Л. В. Оценка работоспособности испытываемого средства водоучета в диапазоне допустимой погрешности измерений // Мелиорация и гидротехника [Электронный ресурс]. 2022. Т. 12, № 1. С. 228–244. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1270> (дата обращения: 18.10.2022). <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2022-12-1-228-244>.

18. Fatxulloev A., Gafarova A., Hamroqulov J. Improvement of water accounting for irrigation systems // IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. and Eng. 2021. 1030. 012145. DOI: 10.1088/1757-899X/1030/1/012145.

19. Бейшекеев К. К., Мамбетов Э. М., Садыбакова Д. К. Водомерные сооружения для размещения их в головной части внутриводхозяйственных оросительных каналов с земляным руслом // Евразийское научное объединение. 2019. № 10-2(56). С. 96–99.

20. Опрышко О. А. Управление процессами водораспределения на оросительных системах [Электронный ресурс] // Студенческий научный форум – 2015: материалы VII Междунар. студенчес. науч. конф. URL: <https://scienceforum.ru/2015/article/2015017058> (дата обращения: 08.09.2022).

21. Мелиоративный комплекс Российской Федерации: информ. изд. / Г. В. Ольгаренко, С. С. Турапин, В. И. Булгаков, Т. А. Капустина, Н. А. Мищенко, М. С. Зверьков, Л. Е. Паутова, А. В. Грушин, Е. В. Медведева, А. И. Банникова, И. Д. Мищенко. М.: Росинформагротех, 2020. 304 с.

22. Малышева Н. Н., Фролов М. Б., Дорошев И. А. Система водоучета в водохозяйственном комплексе Краснодарского края // Основные проблемы сельскохозяйственных наук: сб. науч. тр. по итогам междунар. науч.-практ. конф. Инновац. центр развития образования и науки, 2017. С. 10–12.

References

1. Churaev A.A., Yuchenko L.V., Vainberg M.V., 2010. *K probleme osnashcheniya meliorativnykh sistem sredstvami vodoucheta* [On issue of equipping reclamation systems with water metering devices]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture]. Novocherkassk, Helikon Publ., iss. 44, pp. 59-63. (In Russian).

2. Shepelev A.E., 2018. *Analiz potrebnosti v stroitel'stve punktov vodoucheta na meliorativnykh sistemakh Minsel'khoza Rossii* [Demand analysis for construction water accounting stations at reclamation systems of the Ministry of Agriculture of Russia]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture], no. 4(72), pp. 185-186. (In Russian).

3. Filonchikov A.V., 1997. *Tekhnologiya vodoucheta na meliorativnykh sistemakh* [Water Metering Technology on Reclamation Systems]. KGSNA, Kostroma, 156 p. (In Russian).

4. Shchedrin V.N., Kolganov A.V., Vasiliev S.M., Churaev A.A., 2013. *Orositel'nyye sistemy Rossii: ot pokoleniya k pokoleniyu: monografiya* [Irrigation Systems of Russia: from Generation to Generation: monograph]. In 2 parts, pt. 1, Novocherkassk, Helikon Publ., 282 p. (In Russian).

5. Vainberg M.V., Churaev A.A., 2018. *Sostoyanie punktov vodoucheta na gosudarstvennykh meliorativnykh sistemakh* [Water accounting stations condition at state reclamation systems]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture], no. 3(71), pp. 30-35. (In Russian).

6. Churaev A.A., Shepelev A.E., 2019. *Tekhnicheskoe sostoyanie punktov vodoucheta meliorativnykh sistem Minsel'khoza Rossi* [Technical condition of water accounting points for reclamation systems of the Ministry of Agriculture of Russia]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture], no. 2(74), pp. 71-78. (In Russian).

7. Abramenko P.I., 2008. *Povyshenie tochnosti izmereniya raskhodov vody otkrytykh kanalov orositel'nykh sistem* [Increasing the accuracy of measuring water flow rates of open channels of irrigation systems]. *Trudy KubGAU* [Proc. of KubGAU], no. 2, pp. 10-13. (In Russian).

8. Shepelev A.E., Yuchenko L.V., 2019. *Analiz sredstv vodoizmereniya na punktakh vodoucheta meliorativnykh sistem Minsel'khoza Rossii* [Analysis of water measuring instruments at water metering stations of reclamation systems of the Ministry of Agriculture of Russia]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture], no. 1(73), pp. 43-46. (In Russian).

9. Olgarenko G.V., Turapin S.S., Bulgakov V.I., Mishchenko N.A., Pautova L.E., Grushin A.V., Grishaeva O.Yu., Bannikova A.I., Travkin V.S., Mazurova I.S., 2021. *Razvitie meliorativnogo kompleksa: stroitel'stvo, modernizatsiya i tekhnicheskoe perevooruzhenie: sprav. izd.* [Development of Reclamation Complex: Construction, Modernization and Technical Re-equipment: ref. ed.]. Moscow, Rosinformagrotekh Publ., 88 p. (In Russian).

10. Ovchinnikov A.S., Pakhomov A.A., Kolobanova N.A., 2011. *Ratsionalizatsiya sredstv vodoucheta na otkrytykh kanalakh orositel'nykh sistem* [Rationalization of water accounting means on open canals of irrigation systems]. *Prirodooobustroystvo* [Environmental Engineering], no. 1, pp. 34-40. (In Russian).

11. Shchedrin V.N., Ivanenko Yu.G., Olgarenko V.I., Zharkovskiy A.M., Filippov E.G., 1994. *Sistemnyye printsipy vodoucheta i upravleniya vodoraspredeleniyem na orositel'noy seti* [System Principles of Water Accounting and Water Distribution Management in the Irrigation Network]. Novocherkassk, Novocherkassk State Technical University, 235 p. (In Russian).

12. Filippov E.G., 1990. *Gidravlika gidrometricheskikh sooruzheniy dlya otkrytykh kanalov* [Hydraulics of Hydrometric Structures for Open Flows]. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 288 p. (In Russian).

13. Koshkarova T.S., Medvedeva L.N., Novikov A.A., Voevodina L.A., 2020. Organization of water accounting and water saving of irrigation water based on world experience in the conditions of changing climate. IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci., 14 Oct., vol. 577, iss. 1, 012013, DOI: 10.1088/1755-1315/577/1/012013.

14. Vasilchenko A.P., Shepelev A.E., Korenovskiy A.M., 2020. [On issue of equipping water metering stations with telemetry]. *Nauchnyy zhurnal Rossiyskogo NII problem melioratsii*, no. 3(39), pp. 140-153, available: rosniipm-sm.ru/article?n=1143 [accessed 08.09.2022], DOI: 10.31774/2222-1816-2020-3-140-153. (In Russian).

15. Yurasov R.N., 2010. *Ispol'zovanie gidrometricheskikh sooruzheniy v nastoyashchee vremya* [Current Use of Hydrometric Structures]. *Aktual'nye problemy sovremennoy nauki* [Actual Issues of Modern Science], no. 4(54), pp. 168-171. (In Russian).

16. Beishekeev K.K., 2011. *Sovershenstvovanie konstruktsiy vodomernykh i vodoraspredelitel'nykh sooruzheniy na kanalakh orositel'nykh sistem gorno-predgornoy zony* [Im-

provement of the Design of Water Metering and Water Distribution Structures at Irrigation Canals in the Mountain Foothill Zone]. Bishkek, KRSU, 297 p. (In Russian).

17. Churaev A.A., Shepelev A.E., Yuchenko L.V., 2022. [Performance assessment of the monitored water metering device within the range of permissible measurement error]. *Melioratsiya i gidrotekhnika*, vol. 12, no. 1, pp. 228-244, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1270> [accessed 18.10.2022], <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2022-12-1-228-244>. (In Russian).

18. Fatxulloev A., Gafarova A., Hamroqulov J., 2021. Improvement of water accounting for irrigation systems. IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. and Eng., 1030, 012145, DOI: 10.1088/1757-899X/1030/1/012145.

19. Beishekeev K.K., Mambetov E.M., Sadybakova D.K., 2019. *Vodomernye sooruzheniya dlya razmeshcheniya ikh v glavnoy chasti vnutrikhozyaystvennykh orositel'nykh kanalov s zemlyanym ruslom* [Water-measuring structures for their placement in the head part of on-farm irrigation canals with an earthen channel]. *Evraziyskoe nauchnoe ob"edinenie* [Eurasian Scientific Association], no. 10-2(56), pp. 96-99. (In Russian).

20. Opryshko O.A., 2015. *Upravlenie protsessami vodoraspredeleniya na orositel'nykh sistemakh* [Management of water distribution processes in irrigation systems]. *Studencheskiy nauchnyy forum – 2015: materialy VII Mezhdunarodnoy studencheskoy nauchnoy konferentsii* [Student Scientific Forum – 2015: Proc. of the VII International Students Scientific Conference], available: <https://scienceforum.ru/2015/article/2015017058> [accessed 08.09.2022]. (In Russian).

21. Olgarenko G.V., Turapin S.S., Bulgakov V.I., Kapustina T.A., Mishchenko N.A., Zverkov M.S., Pautova L.E., Grushin A.V., Medvedeva E.V., Bannikova A.I., Mishchenko I.D., 2020. *Meliorativnyy kompleks Rossiyskoy Federatsii: inform. izd.* [Land Reclamation Complex of the Russian Federation: inform. ed.]. Moscow, Rosinformagrotekh, 304 p. (In Russian).

22. Malysheva N.N., Frolov M.B., Doroshev I.A., 2017. *Sistema vodoucheta v vodo-khozyaystvennom komplekse Krasnodarskogo kraya* [Water accounting system in water management complex of Krasnodar Territory]. *Osnovnye problemy sel'skokhozyaystvennykh nauk: sb. nauch. tr. po itogam mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Main Issues of Agricultural Sciences: coll. of scientific works according to the results of the International Scientific-Practical Conference]. Innovation Center for the Development of Education and Science, pp. 10-12. (In Russian).

Информация об авторах

А. А. Чураев – заместитель директора по науке, ведущий научный сотрудник, кандидат технических наук;

Л. В. Юченко – научный сотрудник.

Information about the authors

A. A. Churaev – Deputy Director for Science, Leading Researcher, Candidate of Technical Sciences;

L. V. Yuchenko – Researcher.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Все авторы в равной степени несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата и других нарушений в сфере этики научных публикаций.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

All authors are equally responsible for detecting plagiarism, self-plagiarism and other ethical violations in scientific publications.

Экология и водное хозяйство. 2022. Т. 4, № 4. С. 69–83.
Ecology and water management. 2022. Vol. 4, no. 4. P. 69–83.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 09.09.2022; одобрена после рецензирования 26.10.2022; принята к публикации 15.11.2022.

The article was submitted 09.09.2022; approved after reviewing 26.10.2022; accepted for publication 15.11.2022.