

ГИДРАВЛИКА И ИНЖЕНЕРНАЯ ГИДРОЛОГИЯ

Обзорная статья

УДК 626.82

doi: 10.31774/2712-9357-2022-12-2-209-222

Анализ проблем функционирования Сарпинской обводнительно-оросительной системы в Республике Калмыкия

Дарья Викторовна Бакланова

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск,
Российская Федерация, d.baklanova@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6149-5073>

Аннотация. Цель: при помощи данных технико-эксплуатационных карт Сарпинской обводнительно-оросительной системы (за 2013–2020 гг.) и на основе литературных данных провести анализ проблем функционирования каналов Сарпинской обводнительно-оросительной системы, определить основные причины снижения водоподдачи на орошение и обводнение земель. **Обсуждение.** Установлено, что Сарпинская обводнительно-оросительная система не работает в проектом режиме. В 2020 и 2021 гг. остались не политыми соответственно 67,87 и 58,8 % земель (от общей фактической площади земель, обслуживаемых системой). Причинами этого являются отсутствие поливной техники, недостаток воды, отсутствие финансовых средств у сельхозтоваропроизводителей на оплату электроэнергии, а также наличие дефектов в состоянии каналов, выраженное в ухудшении их пропускной способности в результате заиления и зарастания русел кустарниками и камышом. Значительные потери воды на фильтрацию, достигающие 37 % от общего фактического объема водозабора, также обуславливают низкое значение коэффициента полезного действия (КПД) системы, которое составляет 0,64. **Выводы.** Реализация противофильтрационных мероприятий, которые не были учтены при проектировании Сарпинской ООС, позволит использовать сохраненные водные ресурсы для введения в сельскохозяйственный оборот новых орошаемых земель. Запланированная к реализации до 2026 г. реконструкция канала Р-1 позволит частично решить проблему водоподдачи на орошение, однако техническое перевооружение системы современными насосными агрегатами, средствами водоучета и водораспределения также является необходимым условием для нормального функционирования Сарпинской обводнительно-оросительной системы, как и восстановление проектных гидравлических параметров русел ее каналов.

Ключевые слова: обводнительно-оросительная система, магистральный канал, заиление, зарастание, коэффициент полезного действия, фильтрация воды из канала, уклон, коэффициент шероховатости

Для цитирования: Бакланова Д. В. Анализ проблем функционирования Сарпинской обводнительно-оросительной системы в Республике Калмыкия // Мелиорация и гидротехника. 2022. Т. 12, № 2. С. 209–222. <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2022-12-2-209-222>.

HYDRAULICS AND ENGINEERING HYDROLOGY

Review article

Analyzing the problems of functioning of the Sarpinskaya watering and irrigation system in the Republic of Kalmykia

Darya V. Baklanova

Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk,
Russian Federation, d.baklanova@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6149-5073>

Abstract. Purpose: to analyze the problems of functioning of the Sarpinskaya watering and irrigation system canals, to determine the main reasons for decreasing water supply for land watering and irrigation based on data from the technical and operational maps of the Sarpinskaya watering and irrigation system (for 2013–2020) and literature data. **Discussion.** It has been determined that the Sarpinskaya watering and irrigation system does not work in the design mode. In 2020 and 2021 67.87 and 58.8 % of land remained unwatered, respectively (of the total actual land area serviced by the system). The reasons for this are the lack of irrigation equipment, water shortage, lack of financial resources from agricultural producers to pay for electricity, as well as defects in the condition of canals, expressed in the deterioration of their carrying capacity as a result of silting and overgrowing of canals with shrubs and reeds. Significant water losses for filtration, reaching 37 % of the total actual volume of water intake, also determine the low value of the efficiency factor of the system, which is 0.64. **Conclusions.** The implementation of anti-filtration measures, which were not taken into account when designing the Sarpinskaya watering and irrigation system will allow using the saved water resources for introducing new lands into agriculture. The reconstruction of the P-1 canal, planned for implementation until 2026, will partially solve the problem of water supply for irrigation, however, the technical re-equipment of the system with modern pumping units, water recording and water distribution facilities is also a necessary condition for the proper functioning of the Sarpinskaya watering and irrigation system, as well as the restoration of the designed hydraulic parameters of its water courses.

Keywords: watering and irrigation system, main canal, silting, overgrowing, efficiency factor, canal water filtration, slope, roughness factor

For citation: Baklanova D. V. Analyzing the problems of functioning of the Sarpinskaya watering and irrigation system in the Republic of Kalmykia. *Land Reclamation and Hydraulic Engineering*. 2022;12(2):209–222. (In Russ.). <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2022-12-2-209-222>.

Введение. Республика Калмыкия относится к маловодным субъектам юга европейской части России. Этому способствует резко континентальный засушливый климат в республике с жарким, сухим летом и малоснежной зимой [1].

Гидрографическая сеть региона развита слабо [2]. На территории Калмыкии находится 314 водных объектов, из них водохранилищ – 135 ед., озер – 15 ед., прудов – 121 ед., малых рек – 43 ед. [3, 4]. К основным источникам питания рек относятся талые воды и незначительное дождевое питание. В работах ряда исследователей отмечено, что вода в республике характеризуется повышенной минерализацией [5–9].

Также на территории республики имеется пять крупных обводни-

тельно-оросительных систем (ООС) – Черноземельская, Сарпинская, Калмыцко-Астраханская, Каспийская и Право-Егорлыкская [5, 7, 8, 10, 11].

Сарпинская ООС расположена в северо-восточной зоне Республики Калмыкия на светло-каштановых, бурых полупустынных почвах в комплексе с солончаками [1, 5]. Водоисточником для Сарпинской ООС является р. Волга. Вода при помощи плавучих насосных станций в районе п. Райгород Волгоградской области (рисунок 1) подается в магистральные каналы Р-1, Р-3 и ВР-1, после чего самотеком поступает во внутриводхозяйственную сеть [6, 7]. Организацией, эксплуатирующей Сарпинскую ООС, является ФГБУ «Управление «Калммелиоводхоз».



**Рисунок 1 – Ситуационный план расположения
головных (плавучих) насосных станций (координаты
по данным спутниковой Яндекс.Карты (<https://yandex.ru/maps>):
широта 48,427631; долгота 44,943752)**

**Figure 1 – Site layout plan of head (floating) pumping stations
(coordinates according to satellite Yandex.Maps
(<https://yandex.ru/maps>): latitude 48.427631; longitude 44.943752)**

В конструктивном отношении система запроектирована как рисовая, однако назначением Сарпинской ООС является не только орошение, но и обводнение земель [12].

Рисовые массивы выполнены картами Краснодарского типа (площадью 3,5–8 га) и картами-чеками широкого фронта затопления и сброса (площадью 8–40 га) [7]. Все каналы Сарпинской ООС выполнены в земляном русле, без устройства противofильтрационных экранов. Водоприемником Сарпинской ООС является оз. Сарпа.

Основные характеристики магистральных каналов Сарпинской ООС в Республике Калмыкия представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные характеристики магистральных каналов

Table 1 – Main characteristics of main canals

Канал	Протяженность, км	Русло	Пропускная способность, м ³ /с
Р-1	114,6	земляное	7,5
Р-3 (вместе с ВР-1)	118,8	земляное	25,0

Из исследования А. А. Сухова и др. [6] известно, что проходимость каналов Сарпинской ООС заметно ухудшилась, ввиду их заиления, зарастания водной растительностью и неравномерной подачи воды из р. Волги. Руководителями рисоводческих предприятий в зоне функционирования Сарпинской ООС также был отмечен недостаток подаваемой воды для полного созревания культур, изношенность насосного оборудования, отсутствие современных приборов для учета объемов подаваемой воды и низкая пропускная способность каналов системы [13]. Проблемы водораспределения, связанные с затруднением пропуска воды по каналам Сарпинской ООС, были указаны и в других источниках [14].

Кроме того, еще одной проблемой доставки необходимого потребителям количества качественной воды в зоне функционирования Сарпинской ООС является прохождение участка магистрального канала Р-1 в непосредственной близости от отстойников промпредприятий г. Волгограда [15]. На протяжении 2,1 км канал имеет общую дамбу с отстойниками нефтепе-

перерабатывающего предприятия, также в непосредственной близости от канала на протяжении 14,4 км проложен трубопровод сточных вод. При этом разработанный в 1991 г. проект по предотвращению попадания сточных вод промпредприятий г. Волгограда в канал Р-1 не был реализован, несмотря на сохраняющуюся опасность загрязнения данного канала [15].

Учитывая вышеизложенное, определение причин снижения водоподачи на орошение и обводнение земель в зоне действия Сарпинской ООС считаем актуальным вопросом, требующим изучения.

Цель настоящей работы – провести анализ проблем функционирования каналов Сарпинской ООС, определить основные причины снижения водоподачи на орошение и обводнение земель.

Материалы и методы. При проведении исследований были использованы материалы литературных источников, информационных порталов, а также данные спутниковых карт. Анализ проблем водораспределения и оценка рационального расходования водных ресурсов р. Волги в пределах Сарпинской ООС выполнялись с использованием материалов информационного портала ФГБНУ ВНИИ «Радуга» «Радугаинформ». Методы исследований: сбор, обработка, сравнение, анализ имеющихся и полученных данных.

Обсуждение. В таблице 2 рассмотрена структура водораспределения по Сарпинской ООС в 2020–2021 гг., из которой следует, что основными статьями водораспределения являлись орошение (в т. ч. лиманное) и прочие нужды.

Таблица 2 – Структура водораспределения

Table 2 – Water distribution structure

В млн м³

Назначение	Объем водоподачи в 2020 г.	Объем водоподачи в 2021 г.
Орошение	68,69	104,41
Лиманное орошение	25,03	32,03
Обводнение	0	0
Водоснабжение	0	0
Рыборазведение	0	0
Прочие нужды	11,94	9,01
Итого	105,66	145,45

На основании анализа технико-эксплуатационных карт Сарпинской ООС [16] установлено, что в 2020 г. из 31,064 тыс. га обслуживаемых системой земель было фактически полито 9,981 тыс. га (или 32,13 %), а 21,083 тыс. га (или 67,87 % от общего объема обслуживаемых системой земель) остались не политыми. В 2021 г. было полито 12,797 тыс. га (или 41,20 %), а 18,267 тыс. га (или 58,8 %) не орошались.

Изучение данных о годовых объемах водозабора и водоподачи на Сарпинской ООС за последние 9 лет (таблица 3) также подтверждает сокращение объемов подачи воды на орошение в 2020 г. (рисунок 2), когда в регионе наблюдалась сильнейшая засуха.

Таблица 3 – Основные показатели водоподачи и водораспределения по данным информационного портала ВНИИ «Радуга» [16]

Table 3 – The main indicators of water supply and water distribution according to the information portal of the All-Russia Scientific and Research Institute “Raduga” [16]

Год	Годовой объем водозабора, млн м ³	Годовой объем водоподачи потребителям, млн м ³	Потери при транспортировке, млн м ³	Процент потерь от годового объема водозабора, %	Использование воды для орошения, млн м ³
2013	203,06	136,37	66,69	32,84	126,7
2014	154,314	124,52	29,794	19,3	86,4
2015	182,28	114,82	67,46	37,0	73,85
2016	143,15	105,59	37,56	26,24	73,25
2017	166,04	106,01	60,03	36,15	78,78
2018	163,96	104,12	59,84	36,5	92,49
2019	221,2	138,29	82,91	37,5	125,47
2020	166	105,66	60,34	36,35	68,69
2021	189,94	145,45	44,49	23,42	104,41

По данным исследований А. А. Кузьмичева и др. [17], среднее потребление воды на 1 га орошаемой площади на территории Калмыкии в 2020 г. составило 6,1 тыс. м³ против 7,5 тыс. м³ в 2017 г., 7,1 тыс. м³ в 2018 г., 7,3 тыс. м³ в 2019 г. Кроме того, снижение объемов водозабора в 2020 г. по ФГБУ «Управление «Калммелиоводхоз» составило 34 %, что является наибольшим значением в сравнении со средними показателями за предыдущие 5 лет [17].

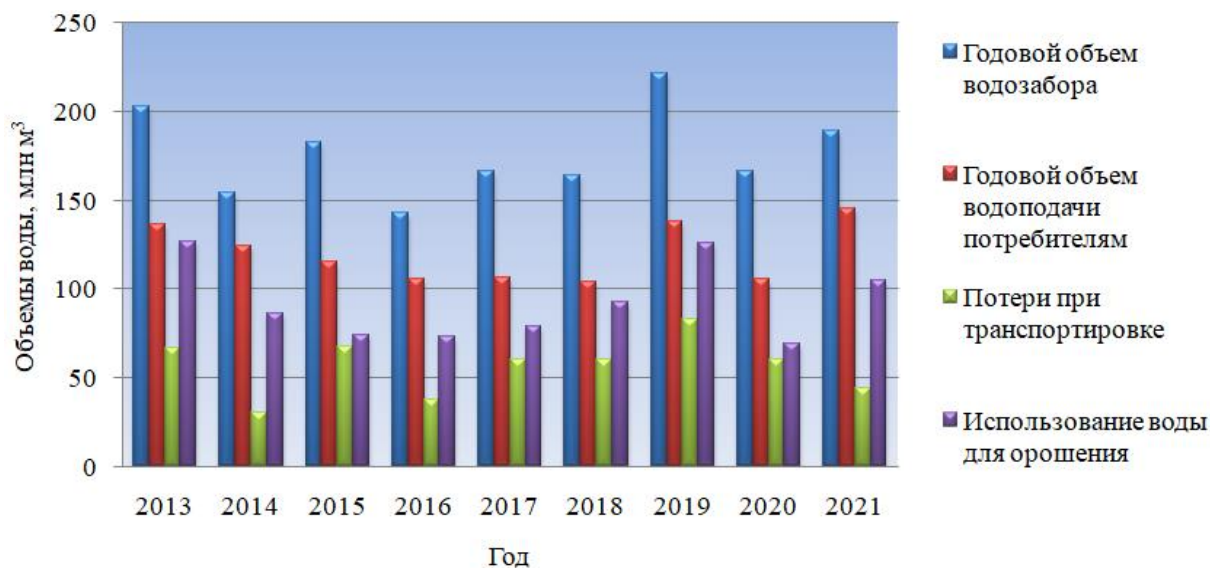


Рисунок 2 – Фактические значения объемов водозабора, водоподачи и потерь при транспортировке воды

Figure 2 – Actual values of water intake, water supply and water loss capacities during water transportation

Необходимо отметить увеличение потерь воды на транспортировку, которые в 2015 и 2019 гг. достигали 37 % от общего фактического значения объема водозабора в Сарпинскую ООС.

Исследованиями Э. Б. Дедовой, В. В. Разумова, В. А. Брылева и др. [18–21] подтверждено, что экологическая обстановка в районе Сарпинской ООС значительно ухудшилась ввиду отсутствия противофильтрационных элементов на каналах системы, подъема уровня грунтовых вод, неудовлетворительной работы дренажно-сбросной сети, подтопления и заболачивания прилегающих к каналам территорий, это подтверждается изображениями со спутниковых карт (рисунок 3).

Снижение фильтрационных потерь в 2020 г. обусловлено сокращением объемов водозабора в магистральные каналы системы. По данным портала «Радугаинформ» [16], в 2020 г. фактическое значение водозабора в каналы Сарпинской ООС составило 166 млн м³, а подано потребителям 105,66 млн м³. Это обстоятельство обусловлено значительным физическим износом системы, равным 94,54 %, а также ее низким КПД – 0,64.

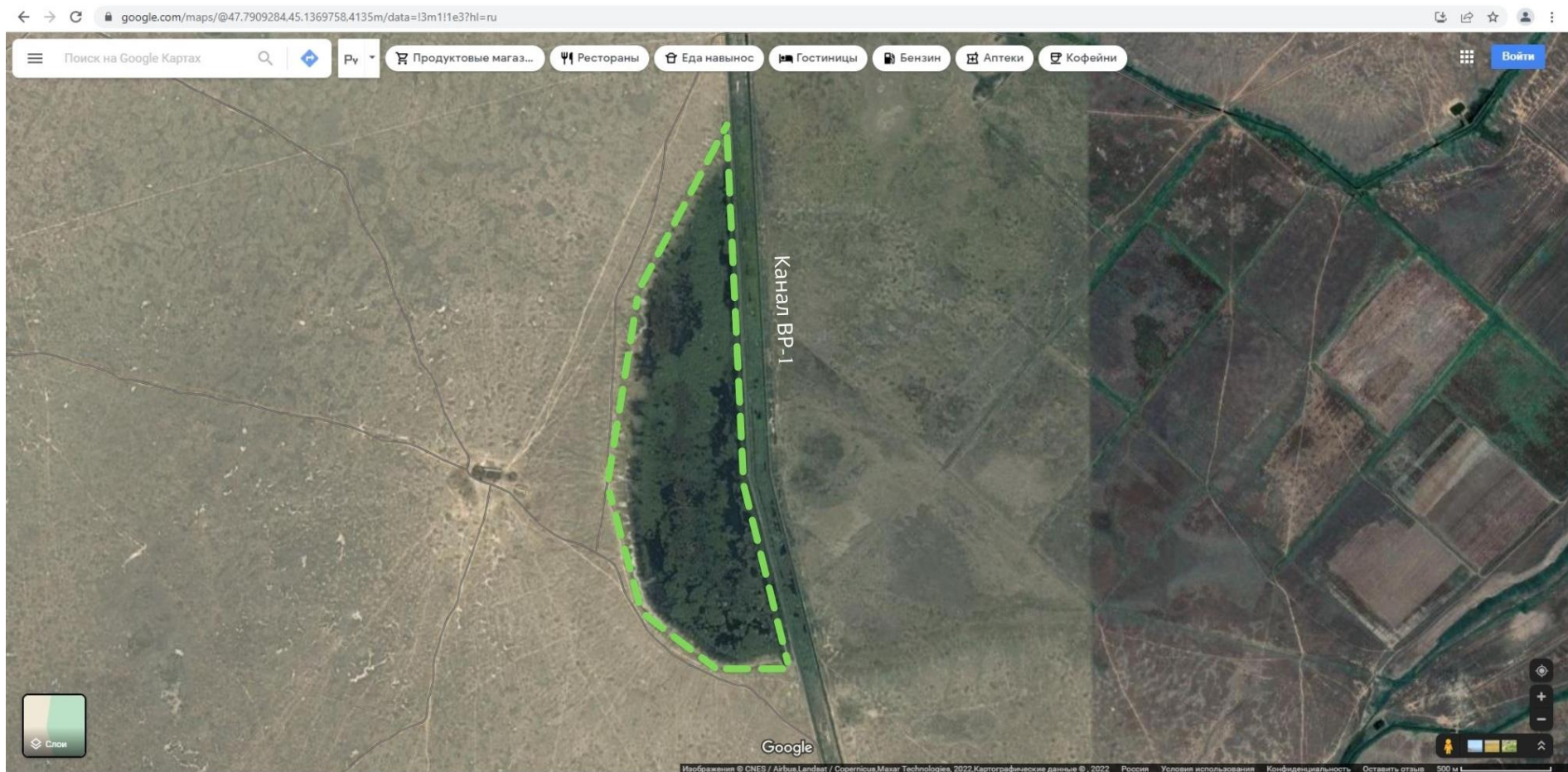


Рисунок 3 – Участок подтопления территории, прилегающей к каналу ВР-1 Сарпинской ООС (Малодербетовский район Республики Калмыкия; координаты по данным картографического сервиса Google Карты (<https://www.google.com/maps>): широта 47,787581, долгота 45,134884)

Figure 3 – Area of flooding of the territory adjacent to the VR-1 canal of the Sarpinskaya irrigation and watering system (Maloderbetovsky district of the Republic of Kalmykia; coordinates according to the Google Maps map service (<https://www.google.com/maps>): latitude 47.787581, longitude 45.134884)

То есть из 166 млн м³, поступивших в Сарпинскую ООС, только 93,72 млн м³ были использованы для целей орошения. Потери при транспортировке составили 60,34 млн м³ (36,35 %), а при водораспределении на прочие нужды затрачено 11,94 млн м³ воды (рисунок 4).

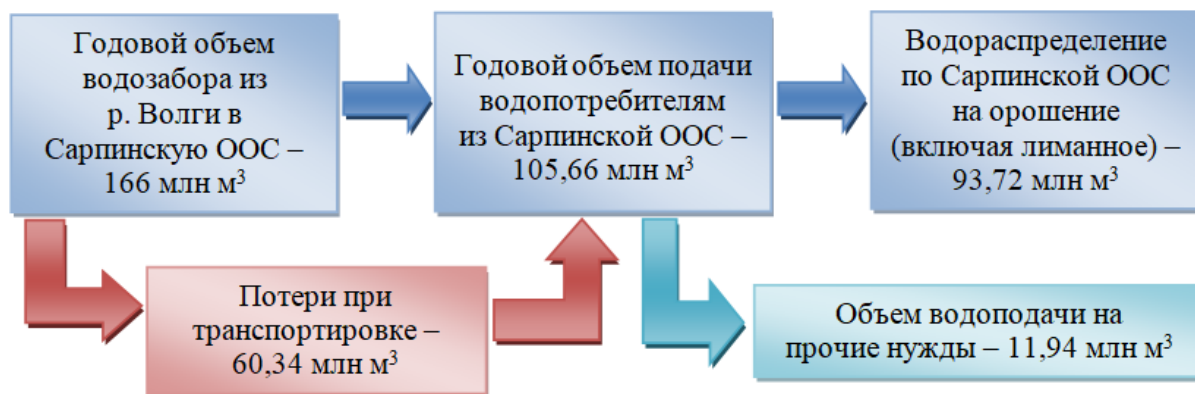


Рисунок 4 – Схема водораспределения в 2020 г.

Figure 4 – Water distribution scheme in 2020

При этом остается неизвестным целевое использование воды по расходной статье «прочие нужды», так как изучение сведений государственного водного реестра [22] о предоставлении водных объектов в пользование показало, что забор воды в магистральные каналы Сарпинской ООС осуществлялся только для орошения земель сельскохозяйственного назначения (по состоянию на 03.02.2022).

Обзор материалов различных исследований показывает, что функционирование каналов Сарпинской ООС, эксплуатируемых более 60 лет (с 1960 г.), затруднено ввиду необходимости проведения расчистки их русел от наносов, заилений и растительности для восстановления проектных гидравлических параметров русел – уклона, коэффициента шероховатости, размеров поперечного сечения, глубины и скорости потока.

Запланированная к выполнению до 2026 г. реконструкция магистрального канала Р-1 [23] на сумму 54,9 млн руб. позволит частично решить проблему водоподачи на орошение и обводнение земель, будет способствовать улучшению экологической обстановки в зоне функционирова-

ния данного канала. Однако остаются открытыми вопросы реконструкции и технического перевооружения водораспределительной сети и насосных станций Сарпинской ООС и оснащения ее высокоточными приборами водоучета.

Выводы. Проведенное исследование показало, что Сарпинская ООС не работает в проектном режиме. Причинами этого являются отсутствие поливной техники, недостаток воды, отсутствие финансовых средств у сельхозтоваропроизводителей на оплату электроэнергии, а также наличие дефектов в состоянии каналов, выраженное в ухудшении их пропускной способности в результате заиления и зарастания русел кустарниками и камышом. Значительные потери воды, достигающие 37 % от общего фактического объема водозабора, также обуславливают низкое значение КПД системы, которое составляет 0,64.

Необходимо отметить, что реализация противofiltrационных мероприятий, которые не были учтены при проектировании Сарпинской ООС, позволит использовать сохраненные водные ресурсы для введения в сельскохозяйственный оборот новых орошаемых земель.

Техническое перевооружение системы современными средствами водоучета и водораспределения также является необходимым условием нормального функционирования Сарпинской ООС, как и восстановление проектных гидравлических параметров русел каналов.

Список источников

1. Шумова Н. А. Водохозяйственные аспекты землепользования в Республике Калмыкия в современных климатических условиях // Степи Северной Евразии: материалы IX Междунар. симп. Оренбург: ОГУ, 2021. С. 880–887. DOI: 10.24412/cl-36359-2021-880-887.
2. Мониторинг водных ресурсов Республики Калмыкия и проблемы экосистемного водопользования в агропромышленном комплексе / А. С. Овчинников, В. В. Боронычев, Э. Б. Дедова, М. А. Сазанов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2015. № 3(39). С. 9–19.
3. Воеводина Л. А. Анализ рациональности использования водных ресурсов Чограйского водохранилища Черноземельской обводнительно-оросительной системой // Мелиорация и гидротехника [Электронный ресурс]. 2021. Т. 11, № 4. С. 122–140. URL:

<http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1241> (дата обращения: 09.02.2022). DOI: 10.31774/2712-9357-2021-11-4-122-140.

4. Шумова Н. А. Изменение структуры землепользования и орошения в современных климатических условиях в Республике Калмыкия // Экосистемы: экология и динамика. 2021. Т. 5, № 1. С. 113–131.

5. Кадаева А. Г. К вопросу о качестве оросительных вод в Калмыкии // Вестник Калмыцкого института гуманитарных исследований РАН. 2013. № 1. С. 158–160.

6. Сарпинская оросительно-обводнительная система на территориях Волгоградской, Астраханской областей и Республики Калмыкия, ее геоэкологические и гидротехнические проблемы и пути их решения / А. А. Сухов, Д. П. Арьков, Д. Н. Никифорова, К. А. Ляшенко // Вестник мелиоративной науки. 2021. № 2. С. 28–32.

7. Дедова Э. Б., Шабанов Р. М., Дедов А. А. Пути повышения эффективности функционирования рисовой оросительной системы на территории Сарпинской низменности // Colloquium-journal. 2019. № 5(29). С. 41–43.

8. Дедова Э. Б., Гольдварг Б. А., Цаган-Манджиев Н. Л. Деградация земель Республики Калмыкия: проблемы и пути их восстановления // Аридные экосистемы. 2020. № 2(83). С. 63–71.

9. Водные ресурсы Калмыкии: проблемы, риски, безопасность жизнедеятельности / М. М. Сангаджиев, А. С. Мутырова, А. Ю. Качаев, Х. В. Хантыев, А. М. Эренжонов // Московский экономический журнал. 2021. № 3. С. 312–320.

10. Isaeva S., Dedova E., Buber A. Use of water resources for irrigation in the southern regions of Russia // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Vol. 666(4). International Science and Technology Conference on Earth Science, 6–9 Oct. 2020, Vladivostok, Russian Federation. 2020. 042020. DOI: 10.1088/1755-1315/666/4/042020.

11. Dedova E., Dedov A. Ecological paradigm for sustainable functioning of reclamation systems in arid territories // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Vol. 867(1). International Symposium on Earth Sciences: History, Contemporary Issues and Prospects, 10 March 2021, Moscow, Russian Federation. 2021. 012058. DOI: 10.1088/1755-1315/867/1/012058.

12. Оросительные системы России: от поколения к поколению / В. Н. Щедрин, А. В. Колганов, С. М. Васильев, А. А. Чураев. Новочеркасск: Геликон, 2013. Ч. 1. 283 с.

13. Обсуждены вопросы обводнения и состояния оросительных систем Калмыкии // Elista.org [Электронный ресурс]. URL: http://www.elista.org/socium/obsuzhdeny_voprosy_obvodneniya_i_sostoyaniya_orositelnyh_sistem_kalmykii/ (дата обращения: 07.02.2022).

14. В Калмыкии нашли причины обмеления озера Сарпа // Информационное агентство Regnum [Электронный ресурс]. URL: <https://regnum.ru/news/accidents/3256837.html> (дата обращения: 07.02.2022).

15. Схема комплексного использования и охраны водных объектов бессточных районов междуречья Терека, Дона и Волги. Приложение 3. Пояснительная записка к книге 1 [Электронный ресурс]. URL: <http://zkbvu.ru/upload/medialibrary/d4b/d4b9475a70550e097f82698f46379241.pdf> (дата обращения: 08.02.2022).

16. Техничко-эксплуатационная карта мелиоративной системы [2020] // Информационный портал ФГБНУ ВНИИ «Радуга» [Электронный ресурс]. URL: https://inform-raduga.ru/gts/93439?report=tek¤t_id=113869 (дата обращения: 19.01.2022).

17. Кузьмичев А. А., Рыжаков А. Н., Мартынов Д. В. Анализ дефицита водных ресурсов и использования мелиорированных земель в Южном федеральном округе // Мелиорация и гидротехника [Электронный ресурс]. 2021. Т. 11, № 3. С. 19–35. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1212> (дата обращения: 10.02.2022). DOI: 10.31774/2712-9357-2021-11-3-19-35.

18. Дедова Э. Б. Мелиоративный комплекс Калмыкии: проблемы и пути решения // Вестник Института комплексных исследований аридных территорий. 2011. Т. 2, № 2(33). С. 123–128.

19. К проблеме подтопления земель на юге европейской части России / В. В. Разумов, Э. Н. Молчанов, А. Я. Глушко, Н. В. Разумова // Бюллетень Почвенного института им. В. В. Докучаева. 2014. Вып. 73. С. 3–28.

20. Брылев В. А., Пряхин С. И., Сергеева А. С. Эволюция и геоэкологическое состояние Сарпинских озер (северная группа) // Вестник ВГУ: география, геоэкология. 2012. № 1. С. 35–41.

21. Проблемы водопользования и функционирования водохозяйственного комплекса Республики Калмыкия / Э. Б. Дедова, А. А. Дедов, В. И. Иванова, Т. Н. Манджиева // Основные результаты научных исследований института за 2018 год: сб. науч. тр. / ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова». М.: ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова, 2019. С. 64–73.

22. Государственный водный реестр // Федеральное агентство водных ресурсов России [Электронный ресурс]. URL: <https://voda.gov.ru/activities/gosudarstvennyy-vodnyy-reestr/> (дата обращения: 10.02.2022).

23. Развитие мелиоративного комплекса: строительство, модернизация и техническое перевооружение: справ. изд. М.: Росинформагротех, 2021. 88 с.

References

1. Shumova N.A., 2021. *Vodokhozyaystvennye aspekty zemlepol'zovaniya v Respublike Kalmykiya v sovremennykh klimaticheskikh usloviyakh* [Water management aspects of land use in the Republic Kalmykia under current climatic conditions]. *Stepi Severnoy Evrazii: materialy IX Mezhdunarodnogo simposiuma* [Steppes of Northern Eurasia: Proc. of the IX International Symposium]. Orenburg, OGU, pp. 880-887, DOI: 10.24412/cl-36359-2021-880-887. (In Russian).

2. Ovchinnikov A.S., Borodychev V.V., Dedova E.B., Sazanov M.A., 2015. *Monitoring vodnykh resursov Respubliki Kalmykiya i problemy ekosistemnogo vodopol'zovaniya v agropromyshlennom komplekse* [Monitoring of water resources of the Republic of Kalmykia and problems of ecosystem water use in the agro-industrial complex]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* [Bulletin of Nizhnevolzhsky Agrouniversity Complex: Science and Higher Professional Education], no. 3(39), pp. 9-19. (In Russian).

3. Voevodina L.A., 2021. [Analysis of the rational use of water resources of the Chogray reservoir in Chernozemelskaya watering-irrigation system]. *Melioratsiya i gidrotekhnika*, vol. 11, no. 4, pp. 122-140, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1241> [accessed 09.02.2022]. DOI: 10.31774/2712-9357-2021-11-4-122-140. (In Russian).

4. Shumova N.A., 2021. *Izmenenie struktury zemlepol'zovaniya i orosheniya v sovremennykh klimaticheskikh usloviyakh v Respublike Kalmykiya* [Change in the structure of land use and irrigation under current climatic conditions in the Republic of Kalmykia]. *Ekosistemy: ekologiya i dinamika* [Ecosystems: Ecology and Dynamics], vol. 5, no. 1, pp. 113-131. (In Russian).

5. Kadaeva A.G., 2013. *K voprosu o kachestve orositel'nykh vod v Kalmykii* [On the issue of irrigation water quality in Kalmykia]. *Vestnik Kalmytskogo instituta gumanitarnykh issledovaniy RAN* [Bulletin of Kalmyk Institute for Humanitarian Research RAS], no. 1, pp. 158-160. (In Russian).

6. Sukhov A.A., Arkov D.P., Nikiforova D.N., Lyashenko K.A., 2021. *Sarpinskaya orositel'no-obvodnitel'naya sistema na territoriyakh Volgogradskoy, Astrakhanskoy oblastey i Respubliki Kalmykiya, ee geoekologicheskie i gidrotekhnicheskie problemy i puti ikh resheniya*

ya [Sarpinskaya irrigation and watering system in the territories of Volgograd, Astrakhan regions and the Republic of Kalmykia, its geoecological and hydrotechnical problems and ways to solve them]. *Vestnik meliorativnoy nauki* [Bulletin of Reclamation Science], no. 2, pp. 28-32. (In Russian).

7. Dedova E.B., Shabanov R.M., Dedov A.A., 2019. *Puti povysheniya effektivnosti funktsionirovaniya risovoy orositel'noy sistemy na territorii Sarpinskoy nizmennosti* [Ways to improve the operating efficiency of the rice irrigation system on the territory of the Sarpinskaya lowland]. *Colloquium-journal*, no. 5(29), pp. 41-43. (In Russian).

8. Dedova E.B., Goldvarg B.A., Tsagan-Mandzhiev N.L., 2020. *Degradatsiya zemel' Respubliki Kalmykiya: problemy i puti ikh vosstanovleniya* [Land degradation in the Republic of Kalmykia: problems and ways of their restoration]. *Aridnye ekosistemy* [Arid Ecosystems], no. 2(83), pp. 63-71. (In Russian).

9. Sangadzhiev M.M., Mutyrova A.S., Kachaev A.Yu., Khantyev H.V., Erenzhenov A.M., 2021. *Vodnye resursy Kalmykii: problemy, riski, bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti* [Water resources of Kalmykia: problems, risks, life safety]. *Moskovskiy ekonomicheskii zhurnal* [Moscow Economic Journal], no. 3, pp. 312-320. (In Russian).

10. Isaeva S., Dedova E., Buber A., 2020. Use of water resources for irrigation in the southern regions of Russia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. Vol. 666(4). International Science and Technology Conference on Earth Science, 6–9 Oct. 2020, Vladivostok, Russian Federation, 042020, DOI: 10.1088/1755-1315/666/4/042020.

11. Dedova E., Dedov A., 2021. Ecological paradigm for sustainable functioning of reclamation systems in arid territories. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. Vol. 867(1). International Symposium on Earth Sciences: History, Contemporary Issues and Prospects, 10 March 2021, Moscow, Russian Federation, 012058, DOI: 10.1088/1755-1315/867/1/012058.

12. Shchedrin V.N., Kolganov A.V., Vasiliev S.M., Churaev A.A., 2013. *Orositel'nye sistemy Rossii: ot pokoleniya k pokoleniyu* [Irrigation Systems of Russia: From Generation to Generation]. Novocherkassk, Helikon Publ., pt. 1, 283 p. (In Russian).

13. *Obsuzhdeny voprosy obvodneniya i sostoyaniya orositel'nykh sistem Kalmykii* [Issues of watering and the state of irrigation systems in Kalmykia were discussed]. Elista.org, available: http://www.elista.org/socium/obsuzhdeny_voprosy_obvodneniya_i_sostoyaniya_orositelnyh_sistem_kalmykii/ [accessed 07.02.2022]. (In Russian).

14. *V Kalmykii nashli prichiny obmeleniya ozera Sarpa* [In Kalmykia, the reasons for the shallowing of Lake Sarpa were found]. *Informatsionnoe agentstvo Regnum* [Information agency Regnum], available: <https://regnum.ru/news/accidents/3256837.html> [accessed 07.02.2022]. (In Russian).

15. *Skhema kompleksnogo ispol'zovaniya i okhrany vodnykh ob'ektov besstochnykh rayonov mezhdurech'ya Tereka, Dona i Volgi. Prilozhenie 3. Poyasnitel'naya zapiska k knige 1* [Scheme of the integrated use and protection of water bodies of the endorheic areas of the interfluvium of the Terek, Don and Volga. Appendix 3. Explanatory note to book 1], available: <http://zkbvu.ru/upload/medialibrary/d4b/d4b9475a70550e097f82698f46379241.pdf> [accessed 08.02.2022]. (In Russian).

16. *Tekhniko-ekspluatatsionnaya karta meliorativnoy sistemy [2020]. Informatsionnyy portal FGBNU VNII "Raduga"* [Technical and operational map of the reclamation system [2020]. Information portal of the Federal State Budget Research Institution All-Russia Scientific and Research Institute for Irrigation and Farming Water Supply Systems "Raduga"], available: https://inform-raduga.ru/gts/93439?report=tek¤t_id=113869 [accessed 19.01.2022]. (In Russian).

17. Kuzmichev A.A., Ryzhakov A.N., Martynov D.V., 2021. [Analysis of the deficit of water resources and the use of reclaimed lands in the Southern Federal District]. *Melioratsiya i*

gidrotekhnika, vol. 11, no. 3, pp. 19-35, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1212> [accessed 10.02.2022], DOI: 10.31774/2712-9357-2021-11-3-19-35. (In Russian).

18. Dedova E.B., 2011. *Meliorativnyy kompleks Kalmykii: problemy i puti resheniya* [Land reclamation complex of Kalmykia: problems and solutions]. *Vestnik Instituta kompleksnykh issledovaniy aridnykh territoriy* [Bulletin of the Institute of Complex Research of Arid Territories], vol. 2, no. 2(33), pp. 123-128. (In Russian).

19. Razumov V.V., Molchanov E.N., Glushko A.Ya., Razumova N.V., 2014. *K probleme podtopleniya zemel' na yuge yevropeyskoy chasti Rossii* [On the problem of land flooding in the south of the European part of Russia]. *Byulleten' Pochvennogo instituta im. V. V. Dokuchayeva* [Bulletin of Soil Institute named after V.V. Dokuchaev], iss. 73, pp. 3-28. (In Russian).

20. Brylev V.A., Pryakhin S.I., Sergeeva A.S., 2012. *Evolutsiya i geoekologicheskoe sostoyanie Sarpinskikh ozer (severnaya grupa)* [Evolution and geoecological state of the Sarpinsky lakes (northern group)]. *Vestnik VGU: geografiya, geoekologiya* [Bulletin of VSU: Geography, Geoecology], no. 1, pp. 35-41. (In Russian).

21. Dedova E.B., Dedov A.A., Ivanova V.I., Mandzhieva T.N., 2019. *Problemy vodopol'zovaniya i funktsionirovaniya vodokhozyaystvennogo kompleksa Respubliki Kalmykiya* [Problems of water use and functioning of water management complex of the Republic of Kalmykia]. *Osnovnye rezul'taty nauchnykh issledovaniy instituta za 2018 god: sb. nauch. tr.* [Main Results of Scientific Research of the Institute for 2018: Collection of Scientific Works]. Moscow, VNIIGiM named after A.N. Kostyakov, pp. 64-73. (In Russian).

22. *Gosudarstvennyy vodnyy reestr. Federal'noe agentstvo vodnykh resursov Rossii* [State Water Register. Federal Agency for Water Resources of Russia], available: <https://voda.gov.ru/activities/gosudarstvennyy-vodnyy-reestr/> [accessed 10.02.2022]. (In Russian).

23. *Razvitie meliorativnogo kompleksa: stroitel'stvo, modernizatsiya i tekhnicheskoe perevooruzhenie* [Development of the Reclamation Complex: Construction, Modernization and Technical Re-equipment]. Ref. ed., Moscow, Rosinformagrotekh Publ., 2021, 88 p. (In Russian).

Информация об авторе

Д. В. Бакланова – ведущий научный сотрудник, кандидат технических наук.

Information about the author

D. V. Baklanova – Leading Researcher, Candidate of Technical Sciences.

Автор несет ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата и других нарушений в сфере этики научных публикаций.

The author is responsible for detecting plagiarism, self-plagiarism and other ethical violations in scientific publications.

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

The author declares no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 11.02.2022; одобрена после рецензирования 23.03.2022; принята к публикации 12.04.2022.

The article was submitted 11.02.2022; approved after reviewing 23.03.2022; accepted for publication 12.04.2022