ГИДРАВЛИКА И ИНЖЕНЕРНАЯ ГИДРОЛОГИЯ

Научная статья

УДК 626.82

doi: 10.31774/2712-9357-2021-11-3-314-328

Повышение рациональности использования водных ресурсов Чограйского водохранилища на основе имитационного водохозяйственного моделирования

**Вячеслав Дмитриевич Гостищев, Таисия Сергеевна Пономаренко,
Анна Викторовна Бреева**

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск,
Российская Федерация, rosniipmovpvapk@yandex.ru

Аннотация. Цель: разработать сценарии наполнения и рациональной эксплуатации Чограйского водохранилища в условиях дефицита водных ресурсов (провести водобалансовые исследования). **Материалы и методы.** Анализ использования и распределения водных ресурсов Чограйского водохранилища выполнен на основе фактических данных, полученных за период 2016–2020 гг. Для проведения водобалансовых исследований разработана имитационная водохозяйственная модель. Она основана на режиме распределения водных ресурсов, установившегося в 2020 г. **Результаты и обсуждение.** Разработано три возможных сценария развития водохозяйственной обстановки на Чограйском водохранилище, из которых выбран оптимальный. В качестве исходных условий моделирования использованы режимы подачи воды по Терско-Кумскому и Кумо-Манычскому каналам, а также забор воды в Черноземельскую оросительно-обводнительную систему (ЧООС) по Черноземельскому магистральному каналу. Установлено, что фактическое значение водозабора из р. Терек превышало плановое, но оставалось ниже лимита водозабора. Таким образом, возможно увеличение объема подачи воды в водохранилище за счет отбора до значений разрешенного лимита. Анализ показывает, что наибольший объем водных ресурсов используется для подпитки водоемов и на лиманное орошение. Вторым по величине объемом, отбираемым из Чограйского водохранилища, является подача воды через донный водосброс в нижний бьеф гидроузла в р. Восточный Маныч расходами, превышающими санитарные попуски. Возможно сокращение потребляемых водных ресурсов за счет оптимизации водохозяйственной деятельности на ЧООС и уменьшения сбросов. **Выводы.** Разработан оптимальный сценарий наполнения и рациональной эксплуатации Чограйского водохранилища, выполнение условий которого обеспечит наполнение водохранилища до отметки 20,35 м БС. При этом объем наполнения составит 209,75 млн м³. Развитие водохозяйственной обстановки по рассматриваемому сценарию позволит обеспечить водными ресурсами ЧООС на период 2021–2022 гг.

Ключевые слова: Чограйское водохранилище, баланс, сценарные исследования, водопользование, водохозяйственное моделирование, дефицит, водные ресурсы

HYDRAULICS AND ENGINEERING HYDROLOGY

Original article

Improving the rational use of water resources of the Chograi reservoir based on water simulation modeling

Vyacheslav D. Gostishchev, Taisiya S. Ponomarenko, Anna V. Breeva

Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk,
Russian Federation, rosniipmovpvapk@yandex.ru

Abstract. Purpose: to develop scenarios for filling and rational exploitation of the Chograi reservoir under the conditions of water resources shortage of (to conduct water balance studies). **Materials and methods.** The analysis of the use and distribution of water resources of the Chograi reservoir was carried out on the basis of actual data obtained for the period 2016–2020. To conduct water balance studies, a simulation water management model has been developed. It is based on the water allocation regime established in 2020. **Results and discussion.** Three possible scenarios for water management situation development in the Chograi reservoir have been developed, from which the optimal one has been selected. As the initial conditions for modeling, the regimes of water supply through the Tersko-Kumsky and Kumo-Manychsky canals, as well as water intake into the Chernozemelsky irrigation and watering system (CHOS) through the Chernozemelsky main canal were used. It was found that the actual value of water intake from the Terek river exceeded the plan, but remained below the water intake limit. Thus, it is possible to increase the volume of water supply to the reservoir due to withdrawal up to the values of the permitted limit. The analysis shows that the largest volume of water resources is used for feeding water bodies and for estuary irrigation. The second largest volume taken from the Chograi reservoir is the water supply through the bottom spillway to the downstream of the hydroelectric complex in the Eastern Manych river with expenditures exceeding sanitary releases. It is possible to reduce the consumed water resources by optimizing water management at the CHOS and reducing discharges. **Conclusions.** An optimal scenario for filling and rational operation of the Chograi reservoir has been developed, the fulfillment of the conditions of which will ensure the filling of the reservoir to the level of 20.35 m BS. At the same time, the volume of filling will be 209.75 million m³. The development of the water management situation according to the scenario under consideration will provide water resources for the CHOS for the period 2021–2022.

Keywords: the Chograi reservoir, balance, scenario studies, water use, water management modeling, deficit, water resources

Введение. Дефицит водных ресурсов на водных объектах, наблюдаемый в последние годы, приводит к неблагоприятным последствиям не только для водопользователей, но и для гидротехнических сооружений, в частности водохранилищ. Для поддержания необходимых лимитов изъятия водных ресурсов эксплуатирующие организации вынуждены сбрасывать водохранилища многолетнего регулирования практически до уровня мертвого объема (УМО) [1–3].

Одним из таких водных объектов является Чограйское водохранилище, которое расположено на границе Республики Калмыкия и Ставропольского края. Оно предназначено для аккумуляирования воды с целью ее дальнейшего комплексного использования, в т. ч. для обводнения 113 тыс. га пастбищ, рыбозаведения, а также питьевого водоснабжения шести сельских районов и столицы Республики Калмыкия – г. Элисты [4, 5].

Водохранилище было введено в эксплуатацию 8 декабря 1969 г. Ос-

новным гарантированным источником водоподачи являются воды бассейнов р. Терек и Кума, поступающие по Терско-Кумскому (ТКК) и Кумо-Манычскому (КМК) каналам. Дополнительными источниками служат р. Рагули, Голубь и Чограй и воды поверхностного стока из многочисленных балок. Забор воды из Чограйского водохранилища осуществляется с помощью Черноземельского магистрального канала (ЧМК) Черноземельской обводнительно-оросительной системы (ЧООС), созданной в 1970-х гг. для обводнения засушливых районов Республики Калмыкия [6–8]. Схема перераспределения водных ресурсов в Чограйское водохранилище представлена на рисунке 1.

В соответствии с правилами эксплуатации гидротехнических сооружений Чограйского водохранилища его основные параметры представлены в таблице 1 [4].

Таблица 1 – Основные параметры Чограйского водохранилища

Балансовый створ (участок)	Река	Отметка уровня, м БС		Площадь зеркала, км ²		Объем, млн м ³			Вид регулирования
		НПУ	УМО	НПУ	УМО	полный	полезный	мертвый	
07.01.00.001	Восточный Маныч	24,20	18,0	193,0	40,0	720	670	50	Много-летний

В настоящее время по техническим причинам наполнение водохранилища снижено до отметки 21,8 м БС. Таким образом, полный объем составляет 360 млн м³, а полезный – 310 млн м³, или 46 % от проектного. При этом календарный план забора и подачи воды по ЧООС на 2021 г. предполагает общий отбор воды из водохранилища в объеме 325 млн м³ с учетом попусков в р. Восточный Маныч в объеме 47 млн м³ [9–12].

Цель исследования – на основе анализа водопользования выполнить проработку возможных вариантов наполнения и рациональной эксплуатации Чограйского водохранилища в условиях дефицита водных ресурсов (провести водобалансовые исследования).

Рисунок 1 – Схема исследуемых водных объектов

Материалы и методы. Анализ данных в части использования и распределения водных ресурсов Чограйского водохранилища выполнен на основе фактических данных, полученных за период 2016–2020 гг. Для проведения балансовых исследований в программном комплексе MIKE 11 специалистами РосНИИПМ была разработана имитационная водохозяйственная модель, проведены сценарные исследования и выполнен анализ полученных результатов [7–10]. Модель основана на режиме распределения водных ресурсов, установившегося в 2020 г.

Результаты и обсуждение. На рисунке 2 приведены плановые и фактические показатели забора водных ресурсов из р. Терек и распределение их по ФГБУ «Управление эксплуатации Кумских гидроузлов и Чограйского водохранилища» (ФГБУ «УЭКГиЧВ») за пятилетний период с 2016 по 2020 г. Анализ данных показывает, что фактическое значение водозабора превышало плановые показатели, но оставалось ниже лимита, предусмотренного решением о предоставлении водного объекта в пользование № 200 от 15 октября 2018 г.

Рисунок 2 – Водозабор из р. Терек и распределение водных ресурсов по ФГБУ «Управление эксплуатации Кумских гидроузлов и Чограйского водохранилища» за 2016–2020 гг.

Плановое значение для ФГБУ «УЭКГиЧВ» равно 220 млн м³. В 2016, 2019 и 2020 гг. фактическое распределение превышало запланированные объемы на 20, 64 и 53 % соответственно. В целом суммарный забор воды в 2020 г. приблизился к значениям, предусмотренным лимитами, и был лишь на 35,2 млн м³ ниже. За период 2016–2020 гг. ФГБУ «УЭКГиЧВ» передано в КМК в среднем 270 млн м³ в год. Минимальная отдача составила 189,3 млн м³, а максимальная 360,6 млн м³. При этом к створу Чограйского водохранилища поступало в среднем 240 млн м³.

Что касается забора воды из водохранилища, то, как было указано ранее, он осуществляется ЧМК в ЧООС. Каналы проложены в земляном русле без проведения противофильтрационных защитных мероприятий, что приводит к большим потерям воды, особенно на легких грунтах, в связи с чем КПД системы на отдельных участках составляет всего 0,15. Анализ данных о заборе воды в ЧМК приведен в таблице 2.

Таблица 2 – Подача воды по Черноземельскому магистральному каналу из Чограйского водохранилища по годам

Год	Квартал				За год
	I	II	III	IV	
2017	93,8	127,26	103,9	20,83	345,79
2018	67,5	112,5	69,8	8,4	258,2
2019	56,5	100,5	82,7	5,5	245,2
2020	85	99	82,7	5,5	272,2
Объем допустимого забора	95,3	128,31	104,6	21,19	349,4

Анализ использования водных ресурсов ЧООС показывает, что основная подача воды осуществляется для подпитки водоемов, причем в плане на 2021 г. предусматривается существенное (на 30 %) увеличение объема воды, используемой на эту статью расхода (с 80 до 104 млн м³).

Постоянная подача воды через донный водосброс в нижний бьеф Чограйского гидроузла составляет 47 млн м³, что является вторым по величине объемом, расходуемым из Чограйского водохранилища. Также значительной статьей расходов является подача воды на лиманное орошение,

которая составляет 26, 30 и 29 млн м³ соответственно в планах на 2018, 2020 и 2021 гг.

На основе представленного анализа водопользования и распределения водных ресурсов Чограйского водохранилища были разработаны сценарии эксплуатации исследуемого объекта.

Сценарий № 1.

По условиям сценария принимается, что в 2021 г. режим эксплуатации водохозяйственного комплекса, участвующего в переброске воды из р. Терек в Чограйское водохранилище, остается на уровне 2020 г. При этом водозабор из Чограйского водохранилища увеличивается на 33,5 млн м³ по отношению к уровню 2020 г. Стартовая отметка уровня воды в водохранилище принята равной 20,63 м БС, что соответствует отметке заполнения водохранилища на конец 2020 г.

Анализ рассматриваемого сценария показывает, что водохозяйственный баланс Чограйского водохранилища отрицательный с недостатком водных ресурсов в объеме 119,08 млн м³. При этом отметки уровня воды в водохранилище с высокой долей вероятности изменятся от 20,63 м БС на начало года до 19,3 м БС к концу года. Минимальный уровень воды будет наблюдаться в начале октября и составлять 19,12 м (рисунок 3).

Рисунок 3 – Уровень воды в Чограйском водохранилище по сценарию № 1

Объем воды в водохранилище уменьшится с 233,5 млн м³ на начало года до 110 млн м³ к концу года. Минимальный объем в водохранилище будет наблюдаться в начале октября и составит 105 млн м³.

Таким образом, при обеспечении работы водохозяйственного комплекса по сценарию № 1 наблюдается отрицательный баланс в объеме 119,8 млн м³. При этом уровни воды в водохранилище снижаются в течение года, достигнув уровня на 0,5–0,7 м выше УМО. При этом объем воды в водохранилище сократится на 53 %.

Сценарий № 2.

Сценарий предусматривает начало забора воды из ТКК раньше плановой даты на 20 дней и доведение объема воды до уровня разрешенных лимитов. Режим потребления водных ресурсов из водохранилища соответствует плану 2021 г.

Забор воды из Чограйского водохранилища по ЧМК предусмотрен с первой декады февраля, а забор воды из р. Терек – с первой декады апреля. Лимит воды, который возможно забрать из р. Терек, установлен в размере 1147 млн м³. В 2020 г. объем воды, забранный из р. Терек, составил 1111,79 млн м³. Таким образом, забранный объем воды ниже установленного лимита на 35,21 млн м³. Для отбора этого объема воды за две последние декады марта необходимо осуществлять забор из р. Терек расходом 18,52 м³/с, что учтено в модели. При этом потери на испарение и фильтрацию составят 30 %.

Анализ рассматриваемого сценария показывает, что, как и в предыдущем варианте, водохозяйственный баланс Чограйского водохранилища отрицательный с недостатком водных ресурсов в объеме 100,25 млн м³. Уровень воды в водохранилище изменяется с 20,63 м на начало года до 19,45 м к концу года. Минимальный уровень воды будет наблюдаться в начале октября и составлять 19,38 м (рисунок 4).

Рисунок 4 – Уровень воды в Чограйском водохранилище по сценарию № 2

Объем воды в водохранилище изменяется от 233,5 млн м³ на начало года до 133,56 млн м³ к концу года. Минимальный объем в водохранилище будет наблюдаться в начале октября и составит 127 млн м³.

Таким образом, при обеспечении работы водохозяйственного комплекса по сценарию № 2 наблюдается отрицательный баланс с недостатком водных ресурсов в объеме 100,8 млн м³. При этом уровни воды в водохранилище падают в течение года, не достигая УМО на 1,3–1,4 м, а объем воды в водохранилище сокращается на 46 %.

Сценарий № 3.

Как видно из анализа сценариев, без дополнительного обеспечения водными ресурсами имеется значительный риск сработки Чограйского водохранилища до отметок, близких к УМО, в 2021 г. Был проведен анализ возможных источников дополнительного питания водохранилища, а также выполнена оценка повышения рациональности водопользования на нем. В качестве основных источников дополнительного питания могут быть рассмотрены следующие.

1 Дополнительная подача воды из р. Терек при условии увеличения лимита отбора воды.

В настоящее время в соответствии с установленным решением о предоставлении р. Терек в пользование (№ 200 от 15 октября 2018 г.) лимит забора воды на 2021 г. составляет 1147 млн м³. Однако за период с 2016 по 2020 г. фактический водозабор из р. Терек был меньше установленных лимитов. Так, в 2017 г. фактический объем водозабора составил 788,3 млн м³, что на 359 млн м³ меньше установленных лимитов. Лишь в 2020 г. фактический объем забора воды приблизился к установленному лимиту, но также не был выбран в полном объеме. Объем недобора составил 35 млн м³.

Анализ архивных материалов показал, что в соответствии с решением о предоставлении р. Терек в пользование от 24 ноября 2008 г. лимит забора (изъятия) водных ресурсов для орошения земель сельскохозяйственного назначения составлял 1200 млн м³, что на 53 млн м³ больше лимитов, установленных действующим решением. Однако по причине неудовлетворительного технического состояния ТТК забор и переброска водных ресурсов были ограничены. При реализации мероприятий по расчистке канала, запланированных на 2019–2025 гг., появится возможность забора и переброски дополнительных объемов воды в КМК и Чограйское водохранилище.

2 Сокращение сбросов в русло р. Восточный Маныч (Подманок).

По данным ФГБУ «УЭКГиЧВ», объем сброса в русло р. Восточный Маныч (Подманок) превышает 40 млн м³. При этом расход составляет 1,5 м³/с.

В соответствии с методикой расчета водохозяйственных балансов водных объектов, утвержденной приказом Министерства природных ресурсов РФ от 30 ноября 2007 г. № 314, для зарегулированных рек минимальный попуск должен соответствовать минимально допустимому расходу в реке, устанавливаемому в размере минимального среднесуточного расхода 95% обеспеченности за меженный период. Предварительные гидрологические расчеты показывают, что минимальный среднесуточный расход р. Восточный Маныч (Подманок) 95% обеспеченности составляет $Q_{\text{ср.сут.95\%}} = 0,004 \text{ м}^3/\text{с}$.

Таким образом, объем сброса в р. Восточный Маныч (Подманок) из Чограйского водохранилища представляется избыточным. Необходима проработка вопроса сокращения таких сбросов.

Анализ рассматриваемого сценария показывает, что водохозяйственный баланс Чограйского водохранилища хоть и остается отрицательным, но является оптимальным с точки зрения сохранения воды в водохранилище. Уровень воды в водохранилище изменяется от 20,63 м на начало года до 20,35 м к концу года. Минимальный уровень воды будет наблюдаться в начале июня и составлять 19,77 м (рисунок 5).

Рисунок 5 – Уровень воды в Чограйском водохранилище при сценарии № 3

Объем воды в водохранилище изменяется с 233,5 млн м³ на начало года до 209,75 млн м³ к концу года. Минимальный объем в водохранилище будет наблюдаться в начале июня и составит 161 млн м³.

Таким образом, при обеспечении работы водохозяйственного комплекса по сценарию № 3 наблюдается отрицательный баланс с недостатком водных ресурсов в объеме 25,01 млн м³. При этом уровни воды в водохранилище снижаются на 0,9 м, а объем воды сокращается на 30 %.

При исполнении рассматриваемого сценария запасов водных ресур-

сов в Чограйском водохранилище будет достаточно для гарантированного прохождения вегетационного периода 2021 г. и сохранения водных ресурсов к 2022 г.

Гарантированное обеспечение водными ресурсами Чограйского водохранилища, а также выполнение заявок водопользователей возможно при восстановлении функции и назначения Отказненского водохранилища.

Отказненское водохранилище позволит аккумулировать паводковые воды р. Кумы и обеспечивать переброску дополнительных водных ресурсов в Чограйское водохранилище в объеме до 59,5 млн м³.

Сводные результаты моделирования по трем сценариям представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты моделирования

Сценарий	Уровень воды в водохранилище, м БС			Объем воды в водохранилище, млн м ³		
	на начало периода	на конец периода	дата, мини- мальный	на начало периода	на конец периода	дата, мини- мальный
Сценарий № 1	20,63	19,30	01.10 19,12	233,55	114,71	01.10 105,0
Сценарий № 2	20,63	19,45	01.10 19,38	233,55	133,56	01.10 127,04
Сценарий № 3	20,63	20,35	10.06 19,78	233,55	209,75	10.06 161,00

Выводы

1 Увеличение забора воды из Чограйского водохранилища в Черноземельский магистральный канал приведет к снижению уровня воды в водохранилище к концу 2021 г. до отметки 19,3 м БС, а объем наполнения составит 114,71 млн м³. Существует вероятность, что водопользование в 2021 г. будет обеспечено необходимыми объемами воды, однако по итогам года сформируется уровневый режим, близкий к уровню мертвого объема, это создаст значительные риски для водохозяйственной деятельности в 2022 г.

2 Начало подачи воды из Терско-Кумского канала раньше плановой даты на 20 дней позволяет обеспечить уровни воды в Чограйском водохра-

нилище к концу 2021 г. до отметки 19,45 м БС. При этом объем воды в водохранилище составит 133,56 млн м³, что на 18,85 млн м³ больше объема, накопленного по сценарию № 1. Однако это также не позволит обеспечить водными ресурсами вегетационный период 2022 г.

3 Проведение мероприятий по сценарию № 3 обеспечивает наполнение водохранилища до 20,35 м БС к концу эксплуатационного периода 2021 г., а объем наполнения водохранилища составит 209,75 млн м³. Водохозяйственный баланс водохранилища при этом остается отрицательным (дефицит – 25 млн м³). Однако развитие водохозяйственной обстановки по сценарию № 3 позволяет обеспечить водными ресурсами вегетационный период 2021 и 2022 гг.

4 Восстановление функции и назначения Отказненского водохранилища позволит аккумулировать паводковые воды р. Кумы и обеспечивать переброску водных ресурсов в Чограйское водохранилище в объеме до 59,5 млн м³.

Список источников

1. 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. 283 с.
2. Адьяев С. Б., Дедова Э. Б., Сазанов М. Л. Комплексное использование водных ресурсов Республики Калмыкия: монография / под общ. ред. О. В. Демкина. Элиста: Джангар, 2006. 200 с.
3. Дедова Э. Б. Мелиоративный комплекс Калмыкии: проблемы и пути решения // Вестник Института комплексных исследований аридных территорий. 2011. Т. 2, № 2(23). С. 123–128.
4. Река Терек: освоенность бассейна и перспективы (по материалам конф. «Бассейн реки Терек: проблемы регулирования, восстановления и реабилитации водных объектов», май 2015 г.): сб. науч. тр. / редкол.: Э. В. Запорожченко [и др.]. Пятигорск: Севкавказпроводхоз, 2015. С. 270–286.
5. Уланова С. С. Влияние динамики гидрорежима искусственных водоемов на прилегающие территории (на примере Чограйского водохранилища) // Вестник Института комплексных исследований аридных территорий. 2009. № 1(18). С. 85–91.
6. Шикломанов И. А., Бабкин В. И., Балонишникова Ж. А. Водные ресурсы, их использование и водообеспеченность в России: современные и перспективные оценки // Водные ресурсы. 2011. Т. 38, № 2. С. 131–141.
7. Пулатов Я. Э. Водосберегающие технологии орошения и эффективность использования воды в сельском хозяйстве // Экология и строительство. 2017. № 4. С. 21–26.
8. 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 Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020, 14 Oct. Vol. 577, iss. 1. Article number: 012013. DOI: 10.1088/1755-1315/577/1/012013.

9. Экология и природные ресурсы Калмыкии на 2002–2010 гг. Республиканская целевая программа. Элиста: Джангар, 2002. 232 с.

10. Дедова Э. Б., Бородычев В. В., Шуравилин А. В. Хозяйственно-мелиоративная оценка оросительных систем Республики Калмыкии // Мелиорация и водное хозяйство. 2011. № 4. С. 11–13.

11. Схема комплексного использования и охраны водных объектов бассейна рек Каспийского моря междуречья Терека и Волги. Кн. 1. Общая характеристика речного бассейна [Электронный ресурс]. URL: <http://zkbvu.ru/upload/medialibrary/ee9/ee9de92636115e17906a13e552d39fd6.pdf> (дата обращения: 10.03.2021).

12. Правила эксплуатации гидротехнических сооружений Чограйского водохранилища. Покойное, 2019. 55 с.

References

1. Schedrin V.N., Kolganov A.V., Vasiliev S.M., Churaev A.A., 2013. *Orositel'nye sistemy Rossii: ot pokoleniya k pokoleniyu: monografiya* [Irrigation Systems in Russia: From Generation to Generation: monograph]. In 2 parts, pt. 1, Novocherkassk, Helikon Publ., 283 p. (In Russian).

2. Ad'yaev S.B., Dedova E.B., Sazanov M.L., 2006. *Kompleksnoe ispol'zovanie vodnykh resursov Respubliki Kalmykiya: monografiya* [Complex Use of Water Resources of the Republic of Kalmykia: monograph]. Elista, Dzhangar Publ., 200 p. (In Russian).

3. Dedova E.B., 2011. *Meliorativnyy kompleks Kalmykii: problemy i puti resheniya* [Reclamation complex of Kalmykia: problems and solutions]. *Vestnik Instituta kompleksnykh issledovaniy aridnykh territoriy* [Bull. of the Institute for Comprehensive Research of Arid Territories], vol. 2, no. 2(23), pp. 123-128. (In Russian).

4. Zaporozhchenko E.V. [et al.], 2015. *Reka Terek: osvoyennost' basseyna i perspektivy (po materialam konf. "Basseyn reki Terek: problemy regulirovaniya, vosstanovleniya i reabilitatsii vodnykh ob"ektov")* [The Terek river: development of the basin and prospects. Proc. of the Conference "Basin of the Terek River: Problems of Regulation, Restoration and Rehabilitation of Water Bodies"]. Pyatigorsk, Sevkavgirovodkhoz Publ., pp. 270-286. (In Russian).

5. Ulanova S.S., 2009. *Vliyanie dinamiki gidrorezhima iskusstvennykh vodoemov na prilegayushchie territorii (na primere Chograyskogo vodokhranilishcha)* [Influence of the dynamics of the hydro-regime of artificial reservoirs on the adjacent territories (on the example of the Chograi reservoir)]. *Vestnik Instituta kompleksnykh issledovaniy aridnykh territoriy* [Bull. of the Institute for Comprehensive Research of Arid Territories], no. 1(18), pp. 85-91. (In Russian).

6. Shiklomanov I.A., Babkin V.I., Balonishnikova Zh.A., 2011. *Vodnye resursy, ikh ispol'zovanie i vodoobespechennost' v Rossii: sovremennye i perspektivnye otsenki* [Water resources, their use and water supply in Russia: modern and prospective assessments]. *Vodnyye resursy* [Water Resources], vol. 38, no. 2, pp. 131-141. (In Russian).

7. Pulatov Ya.E., 2017. *Vodosberegayushchie tekhnologii orosheniya i effektivnost' ispol'zovaniya vody v sel'skom khozyaystve* [Water-saving irrigation technologies and efficiency of water use in agriculture]. *Ekologiya i stroitel'stvo* [Ecology and Construction], no. 4, pp. 21-26. (In Russian).

8. Koshkarova T.S., Medvedeva L.N., Novikov A.A., Voyevodina L.A., 2020. Organization of water accounting and water saving of irrigation water based on world experience in

the conditions of changing climate. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 14 Oct., vol. 577, iss. 1, article number: 012013, DOI: 10.1088/1755-1315/577/1/012013.

9. *Ekologiya i prirodnye resursy Kalmykii na 2002–2010 gg. Respublikanskaya tselovaya programma* [Ecology and Natural Resources of Kalmykia for 2002–2010. Republican Target Program]. Elista, Dzhangar Publ., 2002, 232 p. (In Russian).

10. Dedova E.B., Borodychev V.V., Shuravilin A.V., 2011. *Khozyaystvenno-meliorativnaya otsenka orositel'nykh sistem Respubliki Kalmykii* [Economic and reclamation assessment of irrigation systems in the Republic of Kalmykia]. *Melioratsiya i vodnoye khozyaystvo* [Reclamation and Water Management], no. 4, pp. 11-13. (In Russian).

11. *Skhema kompleksnogo ispol'zovaniya i okhrany vodnykh ob'yektov basseyna rek Kaspiyskogo morya mezhdurech'ya Tereka i Volgi. Kn. 1. Obshchaya kharakteristika rechnogo basseyna* [Scheme of integrated use and protection of water bodies of the Caspian Sea basin between the Terek and the Volga rivers. B. 1. General of the River Basin], available: <http://zkbvu.ru/upload/medialibrary/ee9/ee9de92636115e17906a13e552d39fd6.pdf> [accessed 10.03.2021]. (In Russian).

12. *Pravila ekspluatatsii gidrotekhnicheskikh sooruzheniy Chograyskogo vodokhranilishcha* [Rules for the Hydraulic Structures of the Chograysky Reservoir Operation]. Pokoynoe, 2019, 55 p. (In Russian).

Информация об авторах

В. Д. Гостищев – ведущий научный сотрудник, начальник отдела, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;

Т. С. Пономаренко – научный сотрудник;

А. В. Бреева – младший научный сотрудник.

Information about the authors

V. D. Gostishchev – Leading Researcher, Head of Department, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor;

T. S. Ponomarenko – Researcher;

A. V. Breeva – Junior Researcher.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 30.03.2021; одобрена после рецензирования 15.06.2021; принята к публикации 25.06.2021.

The article was submitted 30.03.2021; approved after reviewing 15.06.2021; accepted for publication 25.06.2021.