

Оригинальная статья

УДК 502/504:532.5

DOI: 10.26897/1997-6011-2022-3-108-114

РЕЗУЛЬТАТЫ НАТУРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ МАГИСТРАЛЬНОГО КАНАЛА В РЕСПУБЛИКЕ КАЛМЫКИЯ

КОЛГАНОВ АЛЕКСАНДР ВАСИЛЬЕВИЧ [✉], д-р техн. наук, профессор,
главный научный сотрудник
Kolganov49@mail.ru

БАЕВ ОЛЕГ АНДРЕЕВИЧ, канд. техн. наук, начальник гидротехнического отдела
oleg-baev1@yandex.ru

БАКЛАНОВА ДАРЬЯ ВИКТОРОВНА, канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник
d.baklanova@bk.ru

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации «РосНИИПМ»; 346400, г. Новочеркасск, пр. Баклановский, 190, Россия

Цель исследований – оценка современного технического состояния основного магистрального канала Сарпинской обводнительно-оросительной системы, а также определение его гидравлических характеристик на основании данных натурных обследований. В качестве топоосновы для изучения трассы магистрального канала ВР-1 обводнительно-оросительной системы была использована интерактивная карта изученности территории РФ ФГБУ «Росгеолфонд», а также данные спутниковых карт. Материалами для изучения параметров оросительных каналов и гидротехнических сооружений рассматриваемой системы послужили технические отчеты Сарпинского филиала ФГБУ «Управление «Калммелиоводхоз», а также паспорта магистральных и межхозяйственных каналов системы ВР-1 и «Обводной». Техническое состояние канала и гидротехнических сооружений оценивалось в соответствии с ГОСТ 31937-2011. В результате оценки современного состояния отдельных участков магистрального канала ВР-1 и гидротехнических сооружений Сарпинской обводнительно-оросительной системы установлено, что некоторые из обследованных объектов требуют проведения ремонтов по восстановлению дамб каналов на участке протяженностью 8,5 км, устройству противофильтрационных экранов, замене запорно-регулирующего оборудования гидротехнических сооружений. Гидравлические условия эксплуатации магистрального канала в створе гидропоста характеризуются повышенным значением коэффициента шероховатости, которое превышает нормативное значение для каналов с расходом воды не более 25 м³/с в 1,16 раза. Увеличение коэффициента шероховатости является следствием заиления дна канала и зарастания русла вдоль берегов с учетом многолетнего периода его эксплуатации. При увеличении расхода воды, подаваемой в канал до нормального и максимального значений, возможны снижение пропускной способности русла и увеличение нормальной глубины воды в канале.

Ключевые слова: обводнительно-оросительная система, магистральный канал, фильтрация, зарастание, заиление, коэффициент полезного действия, коэффициент шероховатости, земляное русло

Формат цитирования: Колганов А.В., Баев О.А., Бакланова Д.В. Результаты натурных исследований магистрального канала в Республике Калмыкия // Природообустройство. – 2022. – № 3. – С. 108-114. DOI: 10.26897/1997-6011-2022-3-108-114.

© Колганов А.В., Баев О.А., Бакланова Д.В., 2022

Original article

RESULTS OF FIELD STUDIES OF THE MAIN CANAL IN THE REPUBLIC OF KALMYKIA

KOLGANOV ALEXANDR VASILJEVICH [✉], doctor of technical sciences, professor, chief researcher
Kolganov49@mail.ru

BAEV OLEG ANDREEVICH, candidate of technical sciences, head of the Hydrotechnical department
oleg-baev1@yandex.ru

BAKLANOVA DARYA VICTOROVNA, candidate of technical sciences, leading researcher

d.baklanova@bk.ru

Russian research institute of problems of land reclamation «RosNIIPM»: 346400, Novocherkassk, pr. Baklanovskiy, 190, Russia

The purpose of the research was to assess the current technical condition of the main canal of the Sarpinsky water supply-irrigation system, as well as to determine its hydraulic characteristics based on the data of field surveys. As a topographical basis for studying the route of the BP-1 of the main canal of the water supply-irrigation system, an interactive map of the study of the territory of the Russian Federation of the Federal State Budgetary Institution «Rosgeolfond», as well as data from satellite maps, was used. Materials for studying the parameters of irrigation canals and hydraulic structures of the system under consideration were the technical reports of the Sarpinsky branch of the Federal State Budgetary Institution «Kalmeliiovodkhoz» Administration», as well as the passports of the main and inter-farm canals of the BP-1 and «Bypass» system. The technical condition of the canal and hydraulic structures was assessed according to GOST 31937-2011. The hydraulic operating conditions of the main canals in the site of the hydrometric post are characterized by an increased value of the roughness coefficient, which exceeds the standard value for canals with a water flow of no more than 25 cubic meters/s by 1.16 times. The increase in the roughness coefficient is a consequence of siltation of the canal bottom and overgrowth of the canal along the banks, taking into account the long-term period of its operation. With an increase in the flow of water supplied to the canal to normal and maximum values, it is possible to reduce the flow capacity of the canal and increase the normal depth of water in the canal.

Keywords: supply-irrigation system, main canal, filtration, overgrowth, siltation, efficiency, roughness coefficient, earthen bed

Format of citation: Kolganov A.V., Baev O.A., Baklanova D.V. Results of field studies of the main canal in the Republic of Kalmykia // Prirodoobustrojstvo. – 2022. – № 3. – P. 108-114. DOI: 10.26897/1997-6011-2022-3-108-114.

Введение. В условиях ограниченности водных ресурсов, которые свойственны территории Республики Калмыкии [1-5], поиск решений, направленных на сохранение и увеличение производства риса и кормовых культур рисового севооборота в пределах Сарпинской низменности, где развито животноводство, приобретает весомую значимость. Если в 2019 г. площадь орошения риса в Октябрьском районе Калмыкии составляла 4300 га, то в 2022 г. этот показатель снизился до 2714 га при потенциальной общей площади орошения 5500 га. Это подтверждает необходимость интенсификации производства риса в указанном регионе за счет организации рационального (водосберегающего) и эффективного водопользования.

С учетом того, что Сарпинская обводнительно-оросительная система (ООС), по которой осуществляется подача воды на рисовые севообороты, размещенные в вышеуказанном районе Калмыкии, эксплуатируется уже в течение более 50 лет, оценка текущего состояния и гидравлических условий работы ее магистрального канала является актуальной задачей.

Цель исследований: оценка современного технического состояния основного магистрального канала Сарпинской ООС, а также определение его гидравлических характеристик на основании данных натурных обследований.

Гидравлическим расчетом каналов оросительных систем занимались такие ученые, как А.А. Угинчус [6], П.Г. Киселев [7], Р.Р. Чугаев [8],

В.Т. Чоу [9], А.М. Латышенков [10], Е.К. Рабкова [11], Ю.М. Косиченко, О.А. Баев [12-15] и др.

Материалы и методы исследований.

В качестве топоосновы для изучения трассы магистрального канала ВР-1 обводнительно-оросительной системы были использованы интерактивная карта изученности территории РФ ФГБУ «Росгеолфонд» и материалы спутниковых карт.

Материалами для изучения параметров каналов и сооружений рассматриваемой системы послужили отчеты Сарпинского филиала ФГБУ «Управление «Калмелиiovodkhoz», а также паспорта магистральных и межхозяйственных каналов системы ВР-1 и «Обводной».

Техническое состояние канала и гидротехнических сооружений оценивалось по ГОСТ 31937-2011. Измерение скоростей течения водного потока выполнено силами Сарпинского филиала ФГБУ «Управление «Калмелиiovodkhoz» с использованием гидрометрической вертушки ГР-21 М. Расход водного потока определялся методом «Скорость-площадь».

Перечень обследованных участков магистрального канала и сооружений представлен в таблице 1. Рассмотренная ниже информация структурирована в порядке расположения сооружений по пикетам от головы магистрального канала ВР-1 Сарпинской ООС.

Карта-схема Сарпинской ООС с месторасположением и трассировкой рассматриваемых объектов представлена на рисунке 1.

Перечень обследованных участков и сооружений СООС

Table 1

List of Surveyed Sites and Structures of SOOS (Sarpinsky) water supply irrigation system)

Пикет / Picket	Наименование канала/сооружения / Name of the canal/structure	Материал / Material
ПК245+70- ПК332+00 PK245+70- PK332+00	Участок канала ВР-1 на границе Волгоградской области и Республики Калмыкия (после гидрометрического поста) Section of the VR-1 canal on the border of the Volgograd region and the Republic of Kalmykia (after the gauging post)	Земляное русло Earthen bed
ПК332+00 PK332+00	Поворотный участок канала ВР-1 Turning section of the canal VR-1	Земляное русло Earthen bed
ПК332+00 PK332+00	Трубчатый водовыпуск с переездом на канале ВР-1 Tubular water outlet with a crossing on the VR-1 canal	Железобетонное сооружение Reinforced concrete structure
ПК2+82 PK2+82	Головной регулятор канала «Обводной» (на канале ВР-1) The head controller of the «Bypass» canal (on the VR-1 canal)	Железобетонное сооружение Reinforced concrete structure

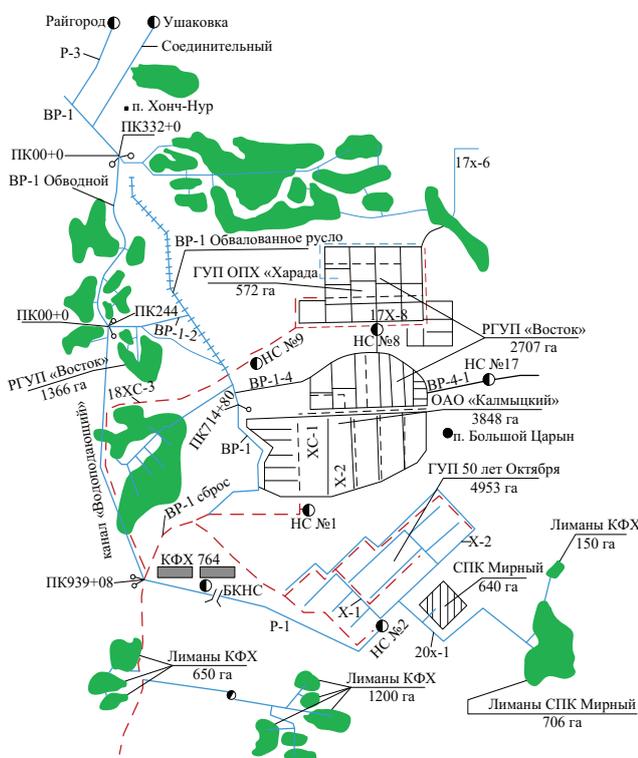


Рис. 1. Карта-схема Сарпинской обводнительно-оросительной системы

Fig. 1. Map-scheme of the Sarpinsky supply-irrigation system

Результаты и их обсуждение. На первом этапе исследований проанализировано состояние магистрального канала после передаточного гидропоста, расположенного на границе Волгоградской области и Республики Калмыкия. Канал на данном участке имеет протяженность 8,6 км (до ПК 332+00) и проходит в земляном русле. В результате обследований, проведенных совместно с сотрудниками Сарпинского филиала «ФГБУ «Управление «Калм-мелиоводхоз»», установлено, что на протяжении 8489 м имеет место

разрушение дамбы канала. Ширина разлива оросительной воды из канала доходит до 70 м. С началом поливного сезона приканальная зона интенсивно зарастает мелкоколесым и камышовой растительностью по всей ширине рассматриваемой зоны. Отсутствует возможность подъезда непосредственно к каналу. Ввиду указанных деформаций скорость движения воды на данном участке не обеспечивает необходимую транспортирующую способность незакрепленного русла, ввиду чего происходит процесс заиления дна канала и имеют место деформации русла от трапециевидного сечения к полигональному.

Рассмотренный участок канала ВР-1 находится в ограниченно работоспособном состоянии. Требуется проведение ремонта для восстановления проектного поперечного сечения русла канала (трапециевидное в полувыемке-полунасыпи) в целях предотвращения аварийных ситуаций, при которых дальнейшая подача воды потребителям будет невозможна.

На поворотном участке канала ВР-1 (ПК332+00, в районе п. Хонч-Нур) его русло подвержено интенсивному зарастанию. Наблюдается интенсивная фильтрация воды из канала с образованием участков подтопления приканальной территории площадью 1201,07 и 866,53 м² (рис. 2).

В целях ликвидации подтопления и заболачивания прилегающих к каналу территорий (рис. 3) для данного участка необходимо проработать противофильтрационные мероприятия с применением современных строительных материалов и конструкции «одежды» каналов на их основе [16].

Текущее техническое состояние верхнего и нижнего бьефов трубчатого водовыпуска на канале ВР-1 представлено на рисунке 4.



Рис. 2. Участок подтопления приканальной территории фильтрационными водами из канала ВР-1 на ПК332+00

Fig. 2. Flooding area of the canal territory by seepage water from canal VR-1 to PK332+00

Визуальное обследование показало, что данное водовыпускное сооружение находится в неудовлетворительном техническом состоянии. Несмотря на то, что перегораживающий элемент опущен (затвор закрыт), в нижний бьеф сооружения поступает оросительная вода. Отсыпанная эксплуатирующей организацией грунтовая перемычка (рис. 4 а) не исправила

ситуацию: сооружение продолжает фильтровать оросительную воду, что увеличивает непроизводительные потери воды из системы.

Обследование головного регулятора канала «Обводной» на канале ВР-1 Сарпинской ООС позволило выявить, что бетонные конструкции регулятора частично разрушены, имеются множественные трещины и коррозия бетона (рис. 5); верхний бьеф сооружения засорен крупным мусором, деревьями, камышом и рогозом, что уменьшает пропускную способность сооружения; водовыпускные трубы регулятора засорены камышовой растительностью и нуждаются в прочистке.

В целом техническое состояние рассмотренных участков каналов и сооружений характеризуется уменьшением площади живого сечения водопроводящей сети по причине зарастания мелколесьем и камышовой растительностью. Участки, где разрушена дамба магистрального канала ВР-1 и подтоплены массивы приканальной зоны, нуждаются в ремонте для приведения их в нормативное состояние.



Рис. 3. Ситуационный план расположения участков подтопления приканальной территории на ПК332+00 канала ВР-1

Fig.3. Situational plan for the location of flooding areas near the canal territory at PK332+00 of the VR-1 canal



а



б

Рис. 4. Трубчатый водовыпуск на канале ВР-1 при закрытом затворном элементе, ПК332+00: а – верхний бьеф; б – нижний бьеф

Fig. 4. Tubular water outlet on the VR-1 canal with closed shutter element, PK332+00: а – upstream; б – downstream



Рис. 5. Головной регулятор канала «Обводной», ПК2+87

Fig. 5. Head regulator of the canal «Bypass», PK2+87

На втором этапе исследований проведена обработка данных замеров скорости течения водного потока в створе гидрометрического поста, расположенного на границе Волгоградской области и Республики Калмыкия. Расход воды в канале $Q_{\text{факт}}$, м³/с, определялся путем суммирования элементарных расходов между скоростными вертикалями (табл. 2). Обработка измерений, вычисление площади водного сечения между скоростными вертикалями выполнялись с использованием программных средств Microsoft Excel. На основании данных замеров значение расхода воды составило: $Q_{\phi} = 15,65$ м³/с.

Таблица 2

Данные измерения скоростей течения и определения расхода водного потока

Table 2

Flow rate measurement data and water flow rate determination

Замеры / Measurements				Площадь водного сечения между скоростными вертикалями, м ² <i>Water area section between high-speed verticals, m²</i>	Средняя скорость, м ³ /сек <i>Average speed, m³/s</i>		Элементарный расход между вертикалями, м ³ /сек <i>Elementary flow rate between verticals, m³/s</i>
Номер скоростной вертикали <i>Speed vertical number</i>	Расстояние от постоянного начала, м <i>Distance from permanent start, m</i>	Глубина воды на вертикали, м <i>Vertical water depth, m</i>			На скоростных вертикалях <i>On high-speed verticals</i>	Между скоростными вертикалями <i>Between high-speed verticals</i>	
		На вертикали <i>On the vertical</i>	Между вертикалями <i>Between verticals</i>				
Ур. / Lv.	3,10	–	0,78	–	–	0,482	–
1	–	1,55	–	–	–	–	1,914
2	–	1,55	–	3,97	0,536	–	–
3	–	1,53	–	–	–	0,546	1,693
4	–	1,55	–	3,10	0,555	–	–
5	–	1,55	–	–	–	0,572	1,785
6	–	1,58	–	3,12	0,588	–	–
7	–	1,58	–	–	–	0,588	1,858
8	–	1,57	–	3,16	0,588	–	–
9	–	1,58	–	–	–	0,575	1,823
10	–	1,59	–	3,17	0,562	–	–
11	–	1,59	–	–	–	0,555	1,76
12	–	1,59	–	3,18	0,547	–	–
13	–	1,62	–	–	–	0,538	1,74
14	–	1,62	–	3,23	0,573	–	–
15	–	1,62	–	–	–	0,518	1,611
16	–	1,59	–	3,11	0,509	–	–
17	–	1,4	–	3,201	–	0,458	1,466
Ур. / Lv.	2,1	–	0,81	–	–	–	–
Расход водного потока, м ³ /с / Water flow rate, m ³ /s							15,65

Далее были проведены расчеты основных элементов живого сечения канала для максимального $Q_{\text{max}} = 38,0$ м³/с, нормального $Q_{\text{норм}} = 25,0$ м³/с и фактического (на момент проведения измерений, 13 мая 2022 г.) расхода воды в канале $Q_{\text{факт}} = 15,65$ м³/с. Согласно паспорту канала его ширина по дну составляет $b = 17$ м, глубина наполнения при максимальном расходе – $h_{\text{max}} = 4$ м, при нормальном – $h_{\text{норм}} = 2,6$ м; поперечное сечение канала трапецидальное

в полувыемке-полунасыпи; коэффициент заложения откосов $m = 3$. Определение значений основных элементов живого сечения канала выполнялось в соответствии с СП 100.13330.2016. Полученные данные отражены в таблице 3.

Анализ результатов расчетов показал, что при фактическом расходе воды в канале $Q_{\text{факт}} = 15,65$ м³/с, средней глубине наполнения $h_{\text{cp}} = 1,58$ м и средней скорости движения водного потока $v_{\text{cp}} = 0,54$ м/с значение

коэффициента шероховатости русла превышает рекомендуемое СП 100.13330.2016 значение данного коэффициента для каналов,

проложенных в связных и песчаных грунтах ($n = 0,0225$ при расходе канала не более $25 \text{ м}^3/\text{с}$), в 1,16 раза.

Таблица 3

Сводные результаты гидравлических расчетов

Table 3

Summary results of hydraulic calculations

Пример расчета Example of calculation	Элемент потока Flow element	Значение показателя / Indicator value						
		Расход $Q, \text{ м}^3/\text{с}$ Consumption $Q, \text{ m}^3/\text{s}$	Ширина по вер- ху $B, \text{ м}$ Top width $B, \text{ m}$	Площадь сечения $\omega, \text{ м}^2$ Cross-sectional area, m^2	Смочен- ный пери- метр $\chi, \text{ м}$ Wetted pe- rimeter $\chi, \text{ m}$	Гидрав- лический радиус R Hydraulic radius R	Коэффи- циент Шези $C, \text{ м}^{0.5}/\text{с}$ Coefficient Shez y $C, \text{ m}^{0.5}/\text{s}$	Коэффи- циент шерохова- тости n Roughness coefficient
При максимальном и нормальном расходе / At maximum and normal flow								
1	Земляное русло (в голове канала) Earthenbed (at the head of the canal)	38	41	116	42,30	2,74	60,19	0,0200*
2	Земляное русло Earthen bed	25	32,6	64,48	33,44	1,93	50,52	0,0225**
При фактическом расходе / At actual consumption								
3	Земляное русло Earthen bed	15,65	26,48	34,35	26,99	1,27	40,44	0,0260***

Примечание:

* нормативное значение коэффициента шероховатости для каналов проложенных в связных и песчаных грунтах с расходом воды более $25 \text{ м}^3/\text{с}$;

** нормативное значение коэффициента шероховатости для каналов проложенных в связных и песчаных грунтах с расходом воды не более $25 \text{ м}^3/\text{с}$;

*** среднее значение коэффициента шероховатости, полученное расчетным путем на основе натуральных данных.

Note:

* normative value of the roughness coefficient for canals laid in cohesive and sandy soils with a water flow rate of more than $25 \text{ m}^3/\text{s}$;

** normative value of the roughness coefficient for canals laid in cohesive and sandy soils with a water flow rate of not more than $25 \text{ m}^3/\text{s}$;

*** the average value of the roughness coefficient obtained by calculation on the basis of field data.

Увеличение коэффициента шероховатости является следствием заиления дна канала и зарастания русла вдоль берегов, что характерно для магистральных каналов Юга России с учетом многолетнего периода эксплуатации. При увеличении расхода воды, подаваемой в канал до $25...38 \text{ м}^3/\text{с}$, возможны снижение пропускной способности его русла и увеличение нормальной глубины в канале.

Выводы

1. По результатам оценки современного состояния отдельных участков магистрального канала ВР-1 и гидротехнических сооружений Сарпинской ООС установлено, что некоторые из обследованных объектов находятся в неудовлетворительном техническом состоянии и требуют проведения работ по восстановлению дамб каналов (на участке протяженностью 8,5 км), устройству противофильт-

трационных экранов и замене запорно-регулирующего оборудования гидротехнических сооружений.

2. Гидравлические условия эксплуатации магистрального канала в своре гидропоста характеризуются повышенным значением коэффициента шероховатости, которое превышает нормативное значение для каналов с расходом воды не более $25 \text{ м}^3/\text{с}$ в 1,16 раза, что обуславливается заилением дна и зарастанием русла канала вдоль берегов.

3. В целях обеспечения нормативного состояния проводящей сети Сарпинской ООС необходимо добиться стабильной пропускной способности русел каналов и ГТС, обеспечить реализацию мероприятий, направленных на снижение непроемчивых потерь оросительной воды за счет технического совершенствования системы, а также путем организации высокоэффективной системы водоучета.

Библиографический список

1. Дедова Э.Б., Шабанов Р.М., Дедов А.А. Пути повышения эффективности функционирования рисовой оросительной системы на территории

References

1. Dedova E.B., Shabanov R.M., Dedov A.A. Puti povysheniya effektivnosti funktsionirovaniya risovoj orositelnoy sistemy na territorii Sarpinskoy

Сарпинской низменности // Colloquium-journal. – 2019. – № 5(29). – С. 41-43.

2. **Бородычев В.В., Дедова Э.Б., Сухарев Ю.И.** Ресурсно-экологическая оценка рисовых агроландшафтов Сарпинской низменности // Природообустройство. – 2016. – № 2. – С. 55-61.

3. **Шумова Н.А.** Водохозяйственные аспекты землепользования в Республике Калмыкия в современных климатических условиях // Степи Северной Евразии: Материалы IX Международного симпозиума. – [Электронный ресурс]. – URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_46699491_23911111.pdf (дата обращения: 09.02.2022). DOI: 10.24412/cl-36359-2021-880-887.

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

5. **Бакланова Д.В.** Пути обеспечения рационального и эффективного водопотребления в зоне действия Сарпинской обводнительно-оросительной системы // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2022. – № 2 (86). – С. 22-31.

6. **Угинчус А.А.** Гидравлические и технико-экономические расчеты каналов. – М.: Стройиздат, 1965. – 274 с.

7. Справочник по гидравлическим расчетам / П.Г. Киселев и др. – М.: ЭКОЛИТ, 2011. – 312 с.

8. **Чугаев Р.Р.** Гидравлика. – Л.: Энергоиздат, 1982. – 672 с.

9. **Чоу В.Т.** Гидравлика открытых каналов / Пер. с англ. – М.: Стройиздат, 1969. – 464 с.

10. Каналы систем водоснабжения и ирригации: Рекомендации по проектированию и эксплуатации каналов / А.М. Латышенков и др. – М.: Стройиздат, 1972. – 153 с.

11. **Рабкова Е.К.** Проектирование и расчет оросительных каналов в земляном русле. – М.: Изд-во УДН, 1990. – 252 с.

12. **Косиченко Ю.М.** Обобщение данных по шероховатости русел каналов в земляном русле и облицовке // Экология и водное хозяйство. – 2020. – № 2(5). – С. 155-168.

13. **Косиченко Ю.М., Баев О.А.** Расчет коэффициентов шероховатости русел каналов с неоднородными участками // Природообустройство. – 2020. – № 3. – С. 6-14.

14. **Косиченко Ю.М., Баев О.А.** Гидравлическая эффективность оросительных каналов при эксплуатации // Вестник МГСУ. – 2020. – Т. 15, № 8. – С. 1147-1162.

15. **Косиченко Ю.М., Баев О.А.** Особенности гидравлических и фильтрационных расчетов осушительно-оросительной системы // Природообустройство. – 2021. – № 4. – С. 90-98. DOI: 10.26897/1997-6011-2021-4-90-98.

16. **Козлов К.Д.** Исследования гидродинамического воздействия водного потока на защитное покрытие из геосинтетического материала / Н.В. Ханов, В.А. Фартуков, Д.В. Козлов // Строительство: наука и образование. – 2018. – Т. 8, № 1(27). – С. 108-117.

Критерии авторства

Колганов А.В., Баев О.А., Бакланова Д.В. выполнили теоретические и экспериментальные исследования, на основании которых провели обобщение и написали рукопись. Имеют на статью авторское право и несут ответственность за плагиат.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликтов интересов

Статья поступила в редакцию 14.05.2022 г.

Одобрена после рецензирования 25.05.2022

Принята к публикации 24.06.2022

nizmennosti // Colloquium-journal. – 2019. – № 5(29). – С. 41-43.

2. **Borodychev V.V., Dedovo E.B., Sukharev Yu.I.** Resursno-ekologicheskaya otsenka risovykh agrolandshaf-tov Sarpinskoj nizmennosti // Prirodoobustrojstvo. – 2016. – № 2. – С. 55-61.

3. **Shumova N.A.** Vodohozyajstvennye aspekty zemlepolzovaniya v Respublike Kalmyliya v sovremennykh klimaticheskikh usloviyah // Stepi Severnoj Evrazii: materialy IX mezhdunarodnogo simpoziuma [Elektronny resurs]. 2021. – С. – 880-887. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_46699491_23911111.pdf (data obrashcheniya: 09.02.2022). DOI: 10.24412/cl-36359-2021-880-887.

4. **Baklanova D.V.** Analiz problem funktsionirovaniya Sarpinskoj obvodnitelno-orositelnoj stemy v Respublike Kalmykia // Melioratsiya i gidrotehnika. – 2022. – Т. 12, № 2. – С. 209-222. <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2022-12-2-209-222>.

5. **Baklanova D.V.** Puti obespecheniya ratsionalnogo i effektivnogo vodopotrebleniya v zone dejstviya Sarpinskoj obvodnitelno-orositelnoj istemy // Puti povyshe-niya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya. – 2022. – № 2 (86). – С. 22-31. // Ways to improve the efficiency of irrigated agriculture. –

6. **Uginchus A.A.** Gidravlicheskie i tehniko-ekonomicheskie raschety kanalov. – М.: Strojizdat, 1965. – 274 s.

7. Spravochnik po gidravlicheskim raschetam / P.G. Kisilev [i dr.]. – М.: EKOLIT, 2011. 312 s.

8. **Chugaev R.R.** Gidravlika. – Л.: Energoizdat, 1982. – 672 s.

9. **Chou V.T.** Gidravlika otkrytyh kanalov / per. s angl. – М.: Strojizdat, 1969. – 464 s.

10. Kanaly system vodosnabzheniya i irrigatsii: rekomendatsii po proektirovaniyu i expluatatsii kanalov / A.M. Latyshenkov [i dr.]. – М.: Strojizdat, 1972. – 153 s.

11. **Rabkova E.K.** Proektirovanie i raschet orositelnykh kanalov v zemlyanom rusle. – М.: Izd-vo UDN, 1990. – 252 s.

12. **Kosichenko Yu.M.** Obobshchenie dannykh po sherohovatosti rusel kanalov v zemlyanom rusle i oblitsovke // Ekologiya i vodnoe hozyajstvo. – 2020. – № 2(5). – С. 155-168.

13. **Kosichenko Yu.M., Baev O.A.** Raschet koef-fitsientov sherohovatosti rusle kanalov s neodnorodnymi uchastkami // Prirodoobustrojstvo. – 2020. – № 3. – С. 6-14.

14. **Kosichenko Yu.M., Baev O.A.** Gidravlicheskaya effektivnost orositelnykh kanalov pri expluatatsii // Vestnik MGSU. – 2020. – Т. 15, № 8. – С. 1147-1162.

15. **Kosichenko Yu.M., Baev O.A.** Osobennosti gidravlicheskih i filtratsionnykh raschetov osushitel'no-orositelnoj sistemy // Prirodoobustrojstvo. – 2021. – № 4. – С. 90-98. DOI: 10.26897/1997-6011-2021-4-90-98.

16. **Kozlov K.D.** Issledovaniya gidrodinamicheskogo vozdejstviya vodnogo potoka na zashchitnoe pokrytie iz geosinteticheskogo materiala / Hanov N.V., Farttukov V.A., Kozlov D.V. // Stroitelstvo: nauka i obrazovanie. – 2018. – Т. 8, № 1(27). – С. 108-117.

Criteria of authorship

Kolganov A.V., Baev O.A., Baklanova D.V. carried out theoretical and practical studies, on the basis of which they generalized and wrote the manuscript. Kolganov A.V., Baev O.A., Baklanova D.V. have a copyright on the article and are responsible for plagiarism.

Conflict of interests

The authors state that there are no conflicts of interests

The article was submitted to the editorial office 14.05.2022

Approved after reviewing 25.05.2022

Accepted for publication 24.06.2022