

3. Анискин Н.А., Сергеев С.А. Устойчивость откоса грунтовой плотины при сработке водохранилища // Строительство: наука и образование. 2022. Т. 12. Вып. 3. Ст. 1. С. 6–17. DOI: 10.22227/2305-5502.2022.3.1.

4. Никитин В.М. Долгосрочный прогноз осадок каменно-набранных плотин // Тр. Ташкент ин-та инж. ирригации и механиз. с. х. 1973. Вып. 55. С. 118–121.

5. Леднев М.А., Шашкова Э.Г., Сатановский С.Г. Результаты натурных наблюдений за напряженно-деформируемым состоянием плотины Чарвакской ГЭС в строительный период // 3-е Науч.-техн. совещ. Гидропроекта по подведению итогов науч.-исслед. работ в обл. энерг. и водохоз. стр-ва за девятую пятилетку и рассмотрению задач десятой пятилетки: тезисы докл. и сообщ. Ч. 1. М., 1976. С. 112–114.

6. Турапин С.С., Савушкин С.С., Каштанов В.В. Эксплуатация гидротехнических сооружений мелиоративного комплекса Минсельхоза России // Экология и строительство. 2018. № 2. С. 19–26. DOI 10.24411/2413-8452-2018-10003.

7. Турапин С.С., Ольгаренко Г.В. Методические рекомендации по правилам эксплуатации мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений. Коломна: ИП Воробьев О.М., 2015. 68 с.

8. Сидоренко Д.А., Качаев А.Е. BIM-технологии в строительстве: что будет дальше? // Новые технологии в учебном процессе и производстве: материалы XXI Международной научно-технической конференции, посвященной 35-летию полета орбитального корабля-ракеты многоцелевой транспортной космической системы «Буран», Рязань, 12–14 апреля 2023 г. / Под ред. А.Н. Паршина. Рязань: Рязанский институт (филиал) ФГАОУ ВО «Московский политехнический университет», 2023. С. 490–492.

9. Хитров Я.И., Качаев А.Е. Использование BIM-технологий для объекта промышленного назначения при реконструкции одного из его действующих производств // New Technologies. Science, Engineering, Pedagogics: материалы Всероссийской научно-практической конференции «Proceedings of the All-Russian scientific-practical conference». М.: Московский Политех, 2024. С. 293–298.

10. Сорока В.В., Качаев А.Е. Информационное моделирование зданий и сооружений как инструмент снижения рисков инвестиционного строительства // Вестник Коломенского института (филиала) Московского политехнического университета: сборник научных трудов. М.: Московский политехнический университет, 2024. С. 341–346.

11. Muskat M. The Seepage of Water Through Dams with Vertical Faces // Physics. 1935. Vol. 6. Issue 12. Pp. 402–415. DOI: 10.1063/1.1745284.

12. Шестаков В.М. Некоторые вопросы моделирования неустановившейся фильтрации // Вопросы фильтрационных расчетов гидротехнических сооружений. 1956. № 2. С. 78–82.

13. Aniskin N.A., Antonov A.S. Development geo-seepage models for solving seepage problems of large dam's foundations, on an example of ANSYS Mechanical APDL // Advanced Materials Research. 2014. Vol. 1079–1080. Pp. 198–201.

14. Шестаков В.М. Фильтрационный расчет земляных плотин и перемычек при колебании бьефов // Гидротехническое строительство. 1953. № 7. С. 36–39.

#### REFERENCES

1. Grishin M., Slisky S., Antipov A., Vorobyov G., Ivanishchev V., Orekhov V., Pashkov G., Pospelov V., Rasskazov L. Hydraulic structures: Vol. 1. Moscow: Higher School. 1979. 615 p.

2. Reinius E. The stability of the upstream slope of earth dams. Stockholm, 1948. 120 p.

3. Aniskin N.A., Sergeev S.A. Stability of the slope of an earth dam during reservoir depletion. Construction: science and education. 2022. Vol. 12. Issue. 3. Article. 1. Pp. 6–17. DOI: 10.22227/2305-5502.2022.3.1.

4. Nikitin V.M. Long-term forecast of settlements of rockfill dams. Proceedings of the Tashkent Institute of Irrigation and Mechanization of Agriculture. 1973. Issue 55. Pp. 118–121.

5. Lednev M.A., Shashkova E.G., Satanovsky S.G. Results of in-kind observations of the stress-strain state of the Charvak hydroelectric power station dam during the construction // In the Proc. 3rd Scientific and Technical Conference of Hydroproject on summing up the results of scientific research in the field of energy and water management construction for the ninth five-year plan and consideration of the tasks of the tenth five-year plan. 1976. Abstracts of reports and communications. Vol. 1. Moscow, 1976. Pp. 112–114.

6. Turapin S.S., Savushkin S.S., Kashtanov V.V. Operation of hydraulic structures of the melioration complex of the Ministry of Agriculture of Russia. Ecology and Construction. 2018. No. 2. Pp. 19–26. DOI 10.24411/2413-8452-2018-10003. (rus)

7. Turapin S.S., Olgarenko G.V. Methodical recommendations on the rules for the operation of melioration systems and separately located hydraulic structures. Kolomna: IP Vorobyov O.M., 2015. 68 p.

8. Sidorenko D.A., Kachaev A.E. BIM technologies in construction: what will happen next? Ryazan: Ryazan Institute (branch) of the FSAEI of Higher Education «Moscow Polytechnic University», 2023. Pp. 490–492.

9. Khitrov Ya.I., Kachaev A.E. Use of BIM technologies for an industrial facility during the reconstruction of one of its existing production facilities // New Technologies. Science, Engineering, Pedagogics: Proceedings of the All-Russian scientific-practical conference. Moscow: Moscow Polytechnic University, 2024. Pp. 293–298.

10. Soroka V.V., Kachaev A.E. Information modeling of buildings and structures as a tool for reducing the risks of investment construction. Bulletin of the Kolomna Institute (branch) of the Moscow Polytechnic University: Collection of scientific papers. Moscow: Moscow Polytechnic University, 2024. Pp. 341–346.

11. Muskat M. The Seepage of Water Through Dams with Vertical Faces // Physics. 1935. Vol. 6. Issue 12. Pp. 402–415. DOI: 10.1063/1.1745284.

12. Shestakov V.M. Some issues of modeling unsteady filtration. Issues of filtration calculations of hydraulic structures. 1956. No. 2. Pp. 78–82.

13. Aniskin N.A., Antonov A.S. Development geo-seepage models for solving seepage problems of large dam's foundations, on an example of ANSYS Mechanical APDL // Advanced Materials Research. 2014. Vol. 1079–1080. Pp. 198–201.

14. Shestakov V.M. Filtration calculation of earth dams and cofferdams with fluctuating pools. Hydrotechnical construction. 1953. No. 7. Pp. 36–39.

**Качаев Александр Евгеньевич**, канд. техн. наук, зав. кафедрой строительного производства, *doctor\_cement@mail.ru* (Коломенский институт (филиал) Московского политехнического университета); науч. сотрудник отдела водоснабжения (ВНИИ систем орошения и сельхозводоснабжения «Радуга», г. Коломна); **Турапин Сергей Сергеевич**, канд. техн. наук, врио директора, *praduga@yandex.ru* (ВНИИ систем орошения и сельхозводоснабжения «Радуга», г. Коломна).

УДК 626.826

DOI: 10.32962/0235-2524-2025-1-12-17

## РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДОПРОВОДЯЩЕЙ СЕТИ КАНАЛОВ И СООРУЖЕНИЙ РЕСПУБЛИКИ КАЛМЫКИЯ

**В.Ф. ТАЛАЛАЕВА, О.А. БАЕВ, А.В. КОЛГАНОВ**

**Ключевые слова:** техническое состояние, гидравлический расчет, канал, гидротехническое сооружение, реконструкция, оросительная система, обследование, фильтрация.

**Keywords:** hydraulic calculations, canal, reconstruction, irrigation system, surveys, filtration, water resistance.

**Аннотация.** Цель работы: оценка технического состояния и определение гидравлических характеристик каналов различного порядка водопроводящей сети Сарпинской и Черноземельской обводнительно-оросительных систем с учетом их современного состояния. По результатам натурных исследований установлено, что основные магистральные

и распределительные каналы находятся в неудовлетворительном техническом состоянии. Наблюдаются заиление, зарастание кустарниковой и древесной растительностью, а также значительные фильтрационные потери и деформации русел, в результате чего, объемы воды в отдельные периоды поливного сезона не соответствуют паспортным значениям. Определено среднее расчетное значение коэффициента шероховатости для магистрального канала Р-1, которое превышает допустимое нормативное значение в 1,66 раза с отклонением, составляющим порядка 65,8%. При этом расчетные значения коэффициента шероховатости канала Р-1 на участке от ПК603+00 до ПК1145+76 колеблется в пределах 0,0270...0,0599 и увеличиваются при уменьшении расхода пропускаемого по каналу. Также выявлено, что по каналу ВР-1 среднее расчетное значение коэффициента шероховатости превышает нормативное значение в 2,09 раза. Такое значительное превышение вызвано не только зарастанием русла канала вдоль берегов и отложением наносов, но и особенностью формы поперечного сечения, которое на участке с ПК245+70 по ПК847+24 канала ВР-1 имеет значительную ширину по дну (17...20 м).

**Abstract.** The purpose of the work is to assess the technical condition and determine the hydraulic characteristics of the channels of various orders of the Sarpinsk and Chernozemelskaya water supply network of irrigation systems, taking into account their current state. Based on the results of field studies, it was found that the main trunk and distribution channels are in poor technical condition. Siltation, overgrowth of shrubby and woody vegetation, as well as significant filtration losses and deformations of riverbeds are observed, as a result, the volume of water in certain periods of the irrigation season does not correspond to the passport values. The average calculated value of the roughness coefficient for the main channel P-1 has been determined, which exceeds the permissible standard value by 1.66 times with a deviation of about 65.8%. At the same time, the calculated values of the roughness coefficient of the P-1 channel in the section from PK603+00 to PK1145+76 range from 0.0270–0.0599 and increase with a decrease in the flow rate passed through the channel. It was also revealed that the average calculated value of the roughness coefficient in the ВР-1 channel exceeds the standard value by 2.09 times. Such a significant excess is caused not only by the overgrowth of the channel bed along the banks and sediment deposition, but also by the peculiarity of the shape of the cross-section, which in the section from PK245+70 to PK847+24 of the ВР-1 channel has a significant width along the bottom (17–20 m).

**Введение.** Республика Калмыкия относится к самым вододефицитным регионам Российской Федерации, т. к. не имеет в достаточной мере необходимого количества собственных источников водных ресурсов и обеспечивается из бассейнов сопредельно расположенных рек: Волги, Кубани, Кумы, Терека, а также Чограйского водохранилища. Ввиду ограниченности в водных ресурсах, сокращение их потерь, восстановление изношенной оросительной сети, предотвращение деградации земель являются приоритетными задачами в рассматриваемом регионе для сохранения и развития сельскохозяйственного производства [1].

Существенное снижение площадей посевов риса в период 2019–2022 гг. орошаемых в Республике Калмыкия, подтверждают необходимость производства данной культуры за счет организации рационального и эффективного водопользования рассматриваемых обводнительно-оросительных систем. Ввиду этого комплексная оценка эффективности действующих оросительных систем, и в т. ч. определение пропускной способности водопроводящей сети, объемов фильтрационных потерь и КПД каналов является важной задачей на пути к организации водосберегающего орошения в Республике Калмыкия [2].

Сотрудниками «РосНИИПМ» в период с 2022 и 2023 г. выполнен ряд исследований мелиоративных систем Республики Калмыкия, в частности Сарпинской и Черноземельской ООС. Цель работ — определение текущего технического состояния оросительных каналов вышеупомянутых обводнительно-ороситель-

ных систем, а также определение гидравлических характеристик водопроводящих сетей [3].

**Материалы и методы исследования.** Получены данные от эксплуатирующей мелиоративный объект организации, выполнены натурные обследования гидротехнических сооружений и элементов на выбранных участках [4].

При проведении натурных исследований был выбран наиболее проблемный участок трассы магистрального канала ВР-1 Сарпинской ООС, который находится на границе Республики Калмыкия и Волгоградской области. Участок имеет протяженность 8489 м, где наблюдался размыв и разрушение дамбы канала. Ширина выхода оросительной воды за пределы дамбы канала составляет порядка 70 м. В экологическом аспекте с началом поливного сезона приканальная зона заболачивается и интенсивно зарастает мелколесьем и камышовой растительностью по всей ширине рассматриваемой зоны [5].

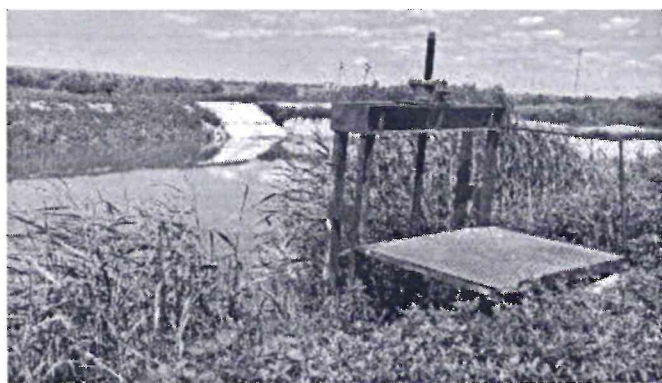
Ввиду зафиксированных деформаций отсутствует возможность подъезда к данному участку. Эксплуатационные дороги размыты и затоплены. Скорости движения водного потока на данном участке не соответствуют проектным. Имеются деформации русла от трапецидального сечения канала в сторону к полигональному. Происходят процессы заиления дна канала по причине снижения скорости транспортирования водных ресурсов. Выполненные исследования на участке канала ВР-1 позволяют сделать вывод, что он находится в ограниченно-работоспособном состоянии, требуется восстановление проектной пропускной способности, устройство противотрационных покрытий для снижения потерь и предотвращения аварийных ситуаций.

Наряду с этим был выбран участок на ПК 332+00 магистрального канала ВР-1 (в районе сельского муниципального образования (СМО) Хонч-Нур). На момент проведения обследований русло канала ВР-1 не подвержено интенсивному зарастанию; на поворотном участке трассы канала наблюдается интенсивная фильтрация воды из канала с образованием участков подтопления приканальной территории площадью на момент проведения обследований (май 2022 г.) — 1201,07 м<sup>2</sup> и 866,53 м<sup>2</sup>.

По результатам выполненных натурных обследований на поворотном участке оросительного канала можно сделать вывод, что рекомендуется проведение противотрационных мероприятий в целях предотвращения развития трационных деформаций грунтовых дамб и гидротехнических сооружений [5].

Наряду с обследуемыми объектами Сарпинской ООС также рассмотрены и обследованы оросительные каналы Черноземельской ООС. Так, например, одним из объектов выбран водовыдел на Яшкульском РК, его проектная пропускная способность составляла 3 м<sup>3</sup>/с. На момент проведения обследований (Республика Калмыкия, Яшкульский район, 2023 г.) текущее техническое состояние сооружений водовыдела приведено на рис. 1.

Выполнено обследование водовыдела четырехочкового с переездом на ПК1400 Черноземельского маги-



а

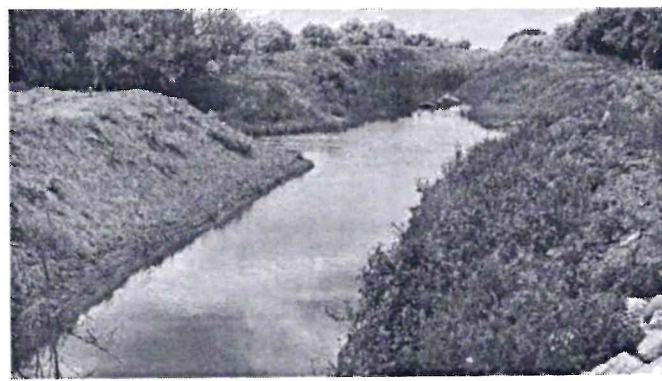


б

Рис. 1. Входной оголовок (а) и нижний бьеф сооружения (б) водовыдела с переездом в Яшкульский РК



а



б

Рис. 2. Нижний бьеф (а) и русло канала (б) одноочкового водовыдела канала УС-4

стрального канала. Перед сооружением зафиксировано засорение и заиливание приемной камеры значительным количеством плавающего сора и ила, что ухудшает пропускную способность сооружения. Металлические затворные элементы отсутствуют (сняты службой эксплуатации в целях облегчения очистки верхнего бьефа от периодически скапливающегося мусора). Из четырех ниток трубопроводов водовыдела на момент обследования функционировали три, т. е. сооружение не работает в проектом режиме, что значительно сказывается на пропускной способности.

В нижнем бьефе установлена бетонная облицовка, которая служит для закрепления откосов, как показали натурные обследования, она деформирована, на ее поверхности имеются крупные сколы, выбоины и повреждения. Русло на головном участке канала подвержено интенсивному зарастанию растительностью, что негативно влияет на пропускную способность самого распределителя.

Водовыдел одноочковый с переездом на ПК72+30 канала УС-4 (сброс в оз. Бузга) находится в нормативном состоянии. В рамках выполнения противопаводковых мероприятий, запланированных в 2022 г. сооружение отремонтировано, его техническое состояние на момент обследования характеризуется как работоспособное (рис. 2). На подходном и отводном участках к сооружению зафиксировано зарастание русла, деформации откосов земляного русла сбросного канала.

По результатам натурных обследований Сарпинской и Черноземельской обводнительно-ороситель-

ных систем следует сделать вывод, что основные магистральные и распределительные каналы находятся в неудовлетворительном техническом состоянии, заилены и заросли кустарниковой и древесной растительностью, наблюдаются значительные фильтрационные потери и деформации русел, в результате чего, объемы водных ресурсов в отдельные периоды поливного сезона не достигают и не соответствуют паспортным значениям, что сказывается на пропускной способности и КПД сооружения.

**Результаты исследования и их обсуждение.** На основании вышеописанных фактов, актуальным становится вопрос определения гидравлических характеристик рассматриваемых систем. Для этого проведены гидравлические расчеты [6, 7] для участков магистральных, межхозяйственных и сбросных каналов (Р-1 и ВР-1, «Обводной» «Водоподающий», ВР-1-3, ВР-1-4, 18ХС-3) Сарпинской ООС.

В целях определения коэффициента шероховатости и при максимальном  $Q_{\max}$  и нормальном  $Q_n$  расходах воды в канале Р-1, ширине канала по основанию  $b$ , гидравлическом уклоне на участке  $i_0$ , коэффициенте заложения откосов канала  $m$ , глубине наполнения  $h$ , определены гидравлические характеристики: площадь поперечного сечения  $\omega$ , м<sup>2</sup>; смоченный периметр  $\chi$ , м; гидравлический радиус  $R$ .

Ввиду того, что полученное расчетное значение гидравлического радиуса находится в пределах  $R = 1 \dots 3$  м, показатель степени  $u$  принимается приблизительно равным 0,2, следовательно:

- при  $Q_{\max}$ ,  $M^3/c$ :

$$n = \frac{\omega R^y \sqrt{Ri_0}}{Q_{\max}} = \frac{39 \cdot 1,7^{0,2} \sqrt{1,7 \cdot 1,15 \cdot 10^{-5}}}{7,1} = 0,0270;$$

- при  $Q_n$ ,  $M^3/c$ :

$$n = \frac{\omega R^y \sqrt{Ri_0}}{Q_{\max}} = \frac{39 \cdot 1,7^{0,2} \sqrt{1,7 \cdot 1,15 \cdot 10^{-5}}}{6,0} = 0,0319.$$

Аналогичные расчеты значений коэффициента шероховатости были выполнены для остальных участков канала Р-1 и для ряда других каналов Сарпинской ООС, в том числе и для магистрального канала ВР-1 для значений максимальных и нормальных расходов воды в начале каждого участка канала [7]. Полученные расчетные значения представлены в табл. 1.

Гидравлические параметры каналов Сарпинской ООС

Расчетный створ	Расчетные значения					Нормативное значение $n_n$ [8]	$\frac{n_{\text{ср. взв}}}{n_n}$	Отклонение $\frac{n_{\text{ср. взв}} - n_n}{n_n} 100, \%$
	$\omega$ , м <sup>2</sup>	$\chi$ , м	$R$	$n_{\text{расч}}$	$n_{\text{ср. взв}}$			
Магистральный и межхозяйственный канал Р-1								
ПК603+00– ПК1145+76	39	22,97	1,7	0,0270	0,0373	0,0225	1,66	65,8
				0,0319				
ПК1145+76– ПК1177				0,0304				
Магистральный и межхозяйственный канал ВР-1								
ПК245+70– ПК332+00	116	42,3	2,7	0,0655	0,0471	0,0225	2,09	109,3
ПК332+00– ПК397+53	68,75	35,81	1,92	0,0303				
ПК397+53– ПК668+62	116	42,30	2,74	0,0735				
ПК668+62– ПК847+24				0,0564				
Магистральный и межхозяйственный канал ВР-1–3								
ПК0–ПК87+30	26,25	18,81	1,4	0,0363	0,0363	0,0225	1,61	61,3
ПК87+30– ПК116								
Межхозяйственный канал ВР-1–4								
ПК0–ПК161	28,75	19,81	1,45	0,0246	–	0,0225	1,1	9,3

Согласно рекомендациям СП 100.13330.2016 [8] использовались нормативные значения коэффициента шероховатости оросительных каналов в земляном русле [8], составляющий  $n=0,0225$  (см табл. 1). Для сбросного канала 18ХС-3 нормативное значение коэффициента  $n$  определено за счет повышения на 10 % величины коэффициента шероховатости для оросительных каналов с округлением до ближайшего принятого в таблице М.1 значения [8].

Таким образом, среднее расчетное значение коэффициента шероховатости для магистрального канала Р-1 превышает допустимое нормативное значение в 1,66 раза с отклонением, которое составляет порядка 65,8 %. При этом расчетные значения коэффициента шероховатости на рассматриваемом участке от ПК603+00 до ПК1145+76 канала Р-1 колеблется

в пределах 0,0270...0,0599 и увеличиваются при уменьшении расхода пропускаемого по каналу.

По полученным расчетным данным канала ВР-1 среднее расчетное значение коэффициента шероховатости превышает нормативное значение в 2,09 раза. Такое значительное превышение вызвано не только зарастанием русла канала вдоль берегов и отложением наносов, но и особенностью формы поперечного сечения, которое на рассматриваемом участке ПК245+70 по ПК847+24 канала ВР-1 имеет значительную ширину по дну, которая составляет до 17...20 м.

Необходимо также отметить, что при пропуске по каналу (на головном участке) сниженных расходов, значение коэффициента шероховатости возрастает до значения 0,0655 и обуславливается зарастанием откосов канала мелкоколесом и водной растительностью, что зафиксировано в процессе натуральных обследований.

Для контрольного створа на канале ВР-1 на основании данных измерений глубин (на скоростных вертикалях), построен поперечный профиль канала (рис. 3), который свидетельствует о заилинии его русла наносами вдоль одного из откосов.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что влияние наносов в контрольном створе данного канала на значение коэффициента шероховатости минимально, основной причиной повышенного среднего значения коэффициента шероховатости в данном створе ( $n_{\text{ср}} = 0,0445$ ) является зарастаемость откосов в вегетационный период [8].

Гидравлические расчеты [9–13] основных элементов живого сечения Гапунского и Яшкульского каналов Черноземельской ООС выполнялись с использованием данных паспортов (2023 г.) и результатов натуральных обследований рассматриваемых каналов с учетом СП 100.13330.2016. Полученные результаты расчетов приведены в табл. 2.

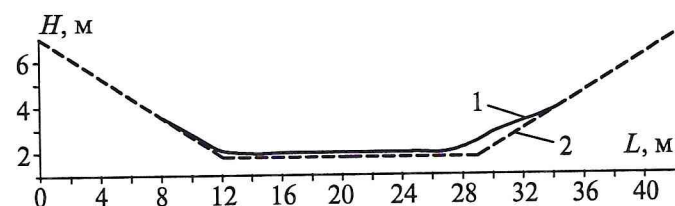


Рис. 3. Поперечный профиль магистрального канала ВР-1 в контрольном створе (участок 1): 1 — фактическое русло; 2 — проектное русло

Таблица 2

## Гидравлический расчет расхода и средней скорости

Параметр	Значение параметра при разных уровнях					
<b>Гашунский РК</b>						
Элемент потока	Земляное русло					
Уклон $i_0$	0,09					
Заложение откосов $m$	1:1,5					
Расход $Q$ , м <sup>3</sup> /с	1,89	4,2	5,3	8,0	11,0	15,0
Глубина $h$ , м	0,74	1,5	1,75	2,4	2,8	3,0
Ширина $B$ , м	8,22	10,5	11,25	13,2	14,4	15,0
Ширина по дну $b$ , м	6,0					
Средняя скорость $v_{cp}$ , м/с	0,23	0,33	0,36	0,44	0,46	0,48
Средняя глубина $h_{cp}$ , м	0,64	1,18	1,34	1,75	1,98	2,1
Гидравлический радиус $R$ , м	0,61	1,09	1,23	1,57	1,78	1,87
Коэффициент Шези $C$ , м <sup>0,5</sup> /с	30,66	33,82	34,51	36,60	36,70	37,01
Коэффициент шероховатости $n$	0,030					
Смоченный периметр $\chi$ , м	8,67	11,4	12,3	14,64	16,08	16,82
Площадь поперечного сечения $\omega$ , м <sup>2</sup>	5,26	12,38	15,09	23,04	28,56	31,5
<b>Яшкульский РК</b>						
Уклон $i_0$	0,001					
Заложение откосов $m$	1:1,5					
Расход $Q$ , м <sup>3</sup> /с	0,71	1,0	1,25	1,61	2,13	3,0
Глубина $h$ , м	0,6	0,8	1,0	1,2	1,5	1,9
Ширина $B$ , м	4,8	5,4	6,0	6,6	7,5	8,7
Ширина по дну $b$ , м	3,0					
Гидравлический радиус $R$ , м	0,45	0,57	0,68	0,79	0,94	1,13
Коэффициент Шези $C$ , м <sup>0,5</sup> /с	29,21	30,36	31,26	32,02	32,97	34,02
Смоченный периметр $\chi$ , м	5,16	5,88	6,61	7,33	8,41	9,85
Средняя скорость $v_{cp}$ , м/с	0,62	0,73	0,82	0,90	1,01	1,14
Коэффициент шероховатости $n$	0,030					
Площадь поперечного сечения $\omega$ , м <sup>2</sup>	2,34	3,36	4,5	5,76	7,88	11,12
Средняя глубина $h_{cp}$ , м	0,49	0,62	0,75	0,87	1,05	1,28

Для контрольного створа Гашунского канала установлено, что заиление русла канала в расчетном створе будет происходить при расходе водного потока  $Q < 2,75$  м<sup>3</sup>/с и наполнении канала  $h < 1$  м, т. к. при данных значениях средняя скорость водного потока будет меньше минимальной допускаемой (незаиляющей) скорости равной 0,27 м/с. При оценке русла Гашунского канала на подверженность размыву, определено, что канал на участке контрольного створа не может пропускать заданные расходы не подвергаясь размыву. Проверка русла Яшкульского канала в контрольном створе на заиление и размыв показала, что его русло будет подвергаться размыву и заилению в рассмотренном диапазоне скоростей составляющие от 0,62...1,14 м/с.

**Заключение**

1. При проведении визуальных натурных обследований отмечена необходимость проведения текущих ремонтов и реконструкции всех основных каналов систем, а также сооружений на водораспределительной и сбросной сети. Необходимо осуществить ряд мероприятий, направленных на сокращение объемов потерь воды за счет устройства защитных облицовок. В целях сокращения непроизводительных потерь в рассматриваемых ООС, узлы водораспределения и точки водовыделов в хозяйства необходимо оборудовать водомерными

ми устройствами, позволяющими замерять расходы (объемы) подаваемой потребителям.

2. Среднее расчетное значение коэффициента шероховатости для магистрального канала Р-1 превышает допустимое нормативное значение в 1,66 раза, при этом, расчетные значения изменяются в пределах 0,0270...0,0599 и увеличиваются при уменьшении расхода пропускаемого по каналу. Среднее расчетное значение коэффициента шероховатости канала ВР-1 превышает нормативное значение, что вызвано зарастанием русла канала вдоль берегов, отложением наносов, а также особенностью формы поперечного сечения.

3. В результате гидравлических расчетов Гашунского канала было установлено, что заиление русла канала в расчетном створе будет происходить при расходе водного потока  $Q < 2,75$  м<sup>3</sup>/с и наполнении канала  $h < 1$  м. При оценке русла Гашунского канала на подверженность размыву было определено, что канал на участке контрольного створа не может пропускать заданные расходы, не подвергаясь размыву. Проверка русла Яшкульского канала в контрольном створе на заиление и размыв показала, что его русло будет подвергаться размыву и заилению в рассмотренном диапазоне скоростей водного потока.

**ЛИТЕРАТУРА**

- Сангаджиев М.М., Онкаев В.А. Вода Калмыкии – экология и современное состояние // Вестник Калмыцкого университета. 2012. № 3(15). С. 18–25.
- 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.
- Государственная программа эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса Российской Федерации [Электронный ресурс]: утв. Постановлением Правительства РФ от 14 мая 2020 г. № 731. Доступ из справ. правовой системы «Консультант-Плюс».
- Бородычев В.В., Дедова Э.Б., Сухарев Ю.И. Ресурсно-экологическая оценка рисовых агроландшафтов Сарпинской низменности // Природообустройство. 2016. № 2. С. 55–61.
- Алтунин В.С. Мелиоративные каналы в земляных руслах. М.: Колос, 1979. 255 с.
- Косиченко Ю.М. Гидравлические и экологические аспекты эксплуатации каналов. Новочеркасск: НГМА, 2000. 230 с.
- Штеренлихт Д.В. Гидравлика. М.: Колос С, 2007. 655 с.
- Мелиоративные системы и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.06.03–85 (с изм. № 1): СП 100.13330.2016: введ. в действие с 17.06.17. М.: Стандартинформ, 2017. 231 с.
- Косиченко Ю.М., Бакланова Д.В. Расчет фильтрации через дамбу канала в насыпи и оценка риска аварийных ситуаций // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки. 2012. № 4(168). С. 77–81.

10. Михневич Э.И. Новые способы гидравлического расчета каналов // Мелиорация. 2016. № 3. С. 7–12.
11. Косиченко Ю.М. Оценка достоверности расчетов удельного фильтрационного расхода через насыпную дамбу необлицованного канала // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2022. № 2(86). С. 135–142.
12. Бакланова Д.В. Расчет фильтрации через земляные дамбы на проницаемом основании // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2016. № 1(21). С. 196–208.
13. Косиченко Ю.М., Баев О.А. Особенности гидравлических и фильтрационных расчетов осушительно-орошительной системы // Природообустройство. 2021. № 4. С. 90–98. DOI: 10.26897/1997-6011-2021-4-90-98.

## REFERENCES

1. Sangadzhiev M.M., Onkaev V.A. Voda Kalmykii – jekologija i sovremennoe sostojanie // Vestnik Kalmyckogo universiteta. 2012. No 3(15). Pp. 18–25.
2. Dedova Je.B., Shabanov R.M., Dedov A.A. Puti povyshenija jeffektivnosti funkcionirovanija risovoj orositel'noj sistemy na territorii Sarpinskoj nizmennosti // Colloquium-journal. 2019. No 5(29). Pp. 41–43.
3. Gosudarstvennaja programma jeffektivnogo вовлечения в оборот zemel' sel'skohozjajstvennogo naznachenija i razvitiya meliorativnogo kompleksa Rossijskoj Federacii [Elektronnyj resurs]: utv. Postanovleniem Pravitel'stva RF ot 14 maja 2020 g. No 731. Dostup iz sprav. pravovoj sistemy «Konsul'tant-Pljus».
4. Borodychev V.V., Dedova Je.B., Suharev Ju.I. Resursno-jekologicheskaja ocenka risovyh agrolandshaftov Sarpinskoj nizmennosti // Prirodoobustrojstvo. 2016. No 2. Pp. 55–61.
5. Altunin V.S. Meliorativnye kanaly v zemljanyh ruslah. M.: Kolos, 1979. 255 p.

6. Kosichenko Ju.M. Gidravlicheskie i jekologicheskie aspekty jekspluatcii kanalov. Novoчеркасск: NGMA, 2000. 230 p.
7. Shterenliht D.V. Gidravlika. M.: Kolos S, 2007. 655 p.
8. Meliorativnye sistemy i sooruzhenija. Aktualizirovannaja redakcija SNiP 2.06.03–85 (s izm. № 1): SP 100.13330.2016: vved. v dejstvie s 17.06.17. M.: Standartinform, 2017. 231 p.
9. Kosichenko Ju.M., Baklanova D.V. Raschet fil'tracii cherez dambu kanala v nasypi i ocenka riska avarijnyh situacij // Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Severo-Kavkazskij region. Tehnicheskie nauki. 2012. No 4(168). Pp. 77–81.
10. Mihnevich Je.I. Novye sposoby gidravlichesкого rascheta kanalov // Melioracija. 2016. No 3. Pp. 7–12.
11. Kosichenko Ju.M. Ocenka dostovernosti raschetov udel'nogo fil'tracionnogo rashoda cherez nasypnuju dambu neoblicovannogo kanala // Puti povyshenija jeffektivnosti oroshaемого земледелия. 2022. No 2(86). Pp. 135–142.
12. Baklanova D.V. Raschet fil'tracii cherez zemljanye damby na pronicаемом osnovanii // Nauchnyj zhurnal Rossijsкого НИИ проблем melioracii. 2016. No 1(21). Pp. 196–208.
13. Kosichenko Ju.M., Baev O.A. Osobennosti gidravlicheskih i fil'tracionnyh raschetov osushitel'no-orositel'noj sistemy // Prirodoobustrojstvo. 2021. No 4. Pp. 90–98. DOI: 10.26897/1997-6011-2021-4-90-98.
- Талалаева Виктория Федоровна**, науч. сотр. гидротехнического отдела, vika-silchenko@mail.ru, ORCID: 0000-0002-2541-204X; **Баев Олег Андреевич**, доктор техн. наук, доц., вед. науч. сотрудник, нач. гидротехнического отдела, Oleg-Baev1@yandex.ru, ORCID: 0000-0003-0142-4270; **Колганов Александр Васильевич**, доктор техн. наук, проф., гл. науч. сотрудник отдела РВП в АПК, kolganov49@mail.ru, ORCID: 0000-0003-0234-0079 (Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, г. Новочеркасск).

УДК 631.6:631.47

DOI: 10.32962/0235-2524-2025-1-17-24

## ПОЧВЕННЫЕ ВОДОХРАНИЛИЩА

Н.Н. ДУБЕНОК, В.Н. МАРКИН, А.Д. СОЛОШЕНКОВ, В.В. ШАБАНОВ

**Ключевые слова:** catena, ценность почвенной влаги, требования биотического сообщества к водному режиму почв, депонирование углерода, точная мелиорация.

**Keywords:** catena, soil moisture capacity, soil reservoirs, requirements of the biotic community to the water regime of soils, carbon sequestration, precise hydro amelioration.

**Аннотация.** В статье для точного мелиоративного регулирования обоснована целесообразность введения «нового» научного понятия – почвенные водохранилища. Рассмотрение почвенных водохранилищ как самостоятельных объектов точного мелиоративного управления, в которых обитает почвенное биотическое сообщество, позволит дифференцировать управление водным режимом между сельскохозяйственными растениями и почвенной биотой, требования которых к условиям внешней среды во многих случаях не совпадают. Областью применения данной разработки может быть оптимизация мелиоративных режимов сельскохозяйственной культуры и почвенной биоты, что очень важно для обоснования режимов депонирования углерода при мелиорации земель. В результате проведенных исследований, создан определенный методологический подход и получены конкретные рекомендации, которые могут быть использованы не только в области мелиорации земель, но и в гидрологических расчетах. Предлагается рассматривать почвенные водохранилища, со всеми атрибутами, присущими наземным водохозяйственным системам. Обсуждается возможность увеличения объема почвенных водохранилищ, за счет увеличения свободной пористости, т. е. улучшения структуры почвы. Рассматривается возможность прогнозирования весеннего поверхностного стока с использованием линейной связи объемов почвенных вод перед замерзанием почвы осенью и перед оттаиванием весной. Информирован о наличии зарегистрированных баз данных продуктивных влагозапасов на различных элементах ландшафтных катен, по которым возможно определить объемы почвенных водохранилищ на территориях различных стран (территория бывшего Советского Союза).

**Abstract.** The expediency of introducing the concept of «soil reservoirs» is considered in the article. Water in the soil plays an important role both in the

process of harvesting and carbon sequestration by the soil biota. Quantitative and qualitative assessment of soil water resources is necessary because the intensity of sequestration significantly depends on the volume of water in the soil. To consider soil reservoirs similarly to reservoirs on rivers is proposed. The Top of surcharge storage for soil reservoirs corresponds a full moisture capacity. The normal retaining level for soil ones does a maximum field moisture capacity. The optimal volume of soil reservoirs does a field moisture capacity. Dead storage of a reservoir – wilting moisture. The boundary of soil biota life (this is the capacity of water in which life is possible) is a maximum molecular moisture capacity or hygroscopic one, depending on the type of soil microorganisms. This approach makes it possible to quantify the value of various water forms for the activities of terrestrial and soil ecosystems and to determine their role in the deposition of the carbon footprint. In this case, one is able to calculate the economic efficiency of various types of land reclamation for carbon sequestration. The possibility of increasing the volume of soil reservoirs by increasing free porosity, i.e. improving the soil structure, is discussed. As one of the practical applications, to predict spring high water using a linear function of soil water capacity before and after freezing of the soil during the cold season is considered. The information about availability of registered databases of productive moisture capacity on various elements of landscape catenae is given. It allows you to determine volumes of soil reservoirs on the territories of various countries (the territory of the former Soviet Union).

**Введение.** Существующие глобальные «вызовы» (повышение концентрации углерода в атмосфере, изменение климата, рост численности населения) [10] повышают роль почвенных вод в создании оптимальных (для человека) условий жизни на Земле. Представляется, что сейчас почвенным водам в водном балансе Земли уделяется недостаточное внимания в связи с их «незначительным» абсолютным объемом (с гидрологической точки зрения – 10...25% от осадков). Однако роль, кото-