

АКТУАЛЬНЫЕ НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ МЕЛИОРАЦИИ И ГИДРОТЕХНИКИ

Научная статья

УДК 628.113

Реконструкция бесплотинного водозабора на реке Кия в Тамбовской области

Александр Михайлович Анохин¹, Георгий Александрович Гусев²

^{1, 2}Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А. К. Кортунова –
филиал Донского государственного аграрного университета, Новочеркасск,

Российская Федерация

¹anochin2023@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0009-0256-2246>

²donskoi.rybak@yandex.ru

Аннотация. Цель: в статье рассматриваются вопросы проектирования водозаборного сооружения на реке Кия в Тамбовской области направленные на защиту от заиливания взвешенными и влекомыми наносами. **Материалы и методы.** Проанализировано современное состояние объекта, выявлены основные проблемы, связанные с заилением канала и попаданием наносов в водоприемную камеру. Определено наличие повышенного транспорта наносов, что характерно для рек с гидрологическим режимом смешанного снегового и дождевого питания. Предлагается комплекс мероприятий по реконструкции водозаборного узла, который включает в себя оптимизацию трассы магистрального канала и установку наносотранспортирующих щитов. **Результаты.** По расчетной схеме определено распределение наносов в зависимости от угла поворота отводного канала ($\varphi = 120^\circ$) и местоположение раздельных траекторий движения поверхностных ($b_n = 5,26$ м) и донных струй ($b_d = 19,0$ м). Обоснована необходимость реконструкции узла с применением наносотранспортирующих щитов, предназначенных для активного воздействия на структуру потока, перераспределения скоростей по живому сечению реки и создания циркуляционных течений, способствующих транзитному перемещению наносов и предотвращению их осаждения перед водоприемником. Рассчитаны параметры щитов: длина щита ($l = 3,50$ м), расстояние между щитами ($d = 3,0$ м), между рядами щитов ($C = 2,20$ м) и расстояние от берега ($S = 1,9$ м). **Выводы.** Распределение наносов в зависимости от угла поворота отводного канала и установка наносотранспортирующих щитов для водозаборного узла на р. Кия у с. Зыряново, применение современных расчетных методик позволит значительно повысить надежность водоснабжения, снизить эксплуатационные затраты и обеспечить требуемое качество забираемой воды.

Ключевые слова: водозаборный узел, снеговое и дождевое питание, магистральный канал, сечение реки, циркуляционные течения, наносы, гидравлический расчет, струенаправляющие щиты, параметры, угол поворота

Апробация результатов исследования: основные положения статьи доложены на Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов «Актуальные научные исследования в области мелиорации и гидротехники» (г. Новочеркасск, 28 мая 2026 г.).

Для цитирования: Анохин А. М., Гусев Г. А. Реконструкция бесплотинного водозабора на реке Кия в Тамбовской области // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2026. Т. 99, № 2. С. 69–79.

CURRENT SCIENTIFIC RESEARCH IN THE FIELD OF LAND RECLAMATION AND HYDRAULIC ENGINEERING

Original article

Reconstruction of a damless water intake on the Kiya River in the Tambov Region

Alexander M. Anokhin¹, George A. Gusev²

^{1, 2}Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute – branch of the Don State Agrarian University, Novocherkassk, Russian Federation, Novocherkassk, Russian Federation

¹anochin2023@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0009-0256-2246>

²donskoi.rybak@yandex.ru

Abstract. Purpose: the design of a water intake structure on the Kiya River in the Tambov region, which is aimed at protecting it from siltation by suspended and dragged sediments is discussed. **Materials and methods.** The current state of the facility was analyzed, identifying the main problems associated with canal siltation and sediment intrusion into the water intake chamber. Increased sediment transportation, typical of rivers with a hydrological regime of mixed snow and rainfall, was determined. A set of measures on water intake unit reconstruction, including optimization of the main canal route and the installation of sediment transport shields is proposed. **Results.** The sediment distribution depending on the turning angle of the diversion canal ($\varphi = 120^\circ$) and the location of single trajectories of surface ($b_n = 5.26$ m) and bottom streams ($b_o = 19.0$ m) was determined by design scheme. The need for reconstruction of the facility using sediment-transporting shields was substantiated. These shields are designed to influence actively the flow structure, redistribute velocities across the river's cross-section, and create circulation currents that facilitate the transit of sediment and prevent their sedimentation before the water intake. The shield parameters were calculated: shield length ($l = 3.50$ m), distance between shields ($d = 3.0$ m), distance between rows of shields ($C = 2.20$ m), and distance from the shore ($S = 1.9$ m). **Conclusions.** Sediment distribution depending on the turning angle of the diversion canal and the installation of sediment-transporting shields for the water intake unit on the Kiya River near the village of Zyryanovo, along with the use of modern calculation methods, will significantly improve reliability of water supply, reduce operating costs, and ensure the required quality of the withdrawn water.

Keywords: water intake unit, snow and rain supply, main canal, river cross-section, circulation currents, sediments, hydraulic calculation, flow guide shields, parameters, turning angle

Evaluation of the research results: the fundamental principles of the article were reported at the International Scientific and Practical Conference of Young Scientists and Specialists “Current Scientific Research in the Field of Land Reclamation and Hydraulic Engineering” (Novocherkassk, May 28, 2026).

For citation: Anokhin A. M., Gusev G. A. Reconstruction of a damless water intake on the Kiya River in the Tambov Region. *Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture*. 2026;99(2):69–79. (In Russ.).

Введение. Водозаборный узел расположен¹ на р. Кия в Тамбовской области и представляет собой бесплотинный водозабор, предназначенный

¹Гидротехнические сооружения. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 33-01-2003: СП 58.13330.2012: утв. приказом Минрегиона России от 29.12.2011 № 623: введ. в действие 2013-01-01. Доступ из ИС «Техэксперт».

для забора воды на хозяйственно-питьевые и производственные нужды. Узел включает в себя водоприемный оголовок, подводящий и отводной каналы, аванкамеру и насосную станцию первого подъема (рисунок 1).

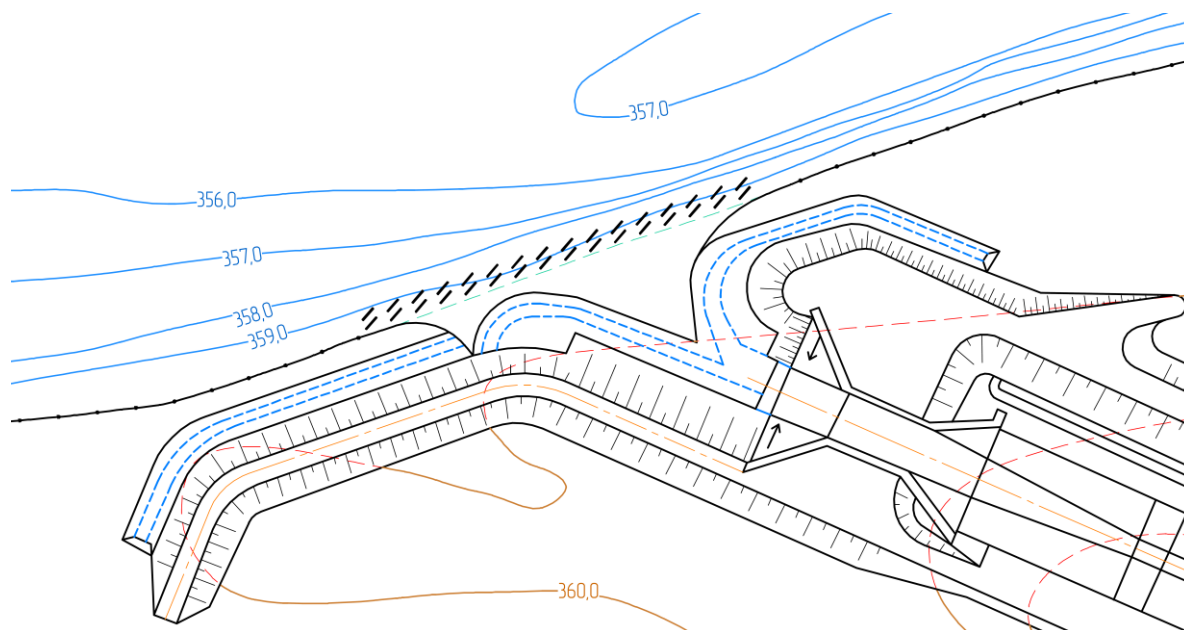


Рисунок 1 – Водозаборный гидроузел с установленными щитами
Figure 1 – Diversion unit with installed shields

Река Кия – левый приток р. Чулым, протекающий по территории Кемеровской и Томской областей. Длина реки составляет 548 км, площадь водосбора – 32,2 тыс. км². Средний расход воды у г. Мариинска (ближайший гидрологический пост) составляет около 150 м³/с. Река характеризуется смешанным снеговым и дождевым питанием, что определяет ее гидрологический режим: выраженное весеннее половодье (с пиком в июне), устойчивая летне-осенняя межень, прерываемая дождевыми паводками, и зимняя межень. В верховьях река носит горный характер со скоростями течения 1,2–1,6 м/с, в нижнем течении скорости снижаются до 0,2–0,6 м/с, а на перекатах могут достигать 1,6 м/с. Перекаты располагаются через каждые 3–4 км, их длина составляет 50–200 м, а глубина – до 0,6 м. [1]

В настоящее время водозаборный узел сталкивается с рядом проблем, типичных для подобных сооружений на равнинных реках. Основная из них – заиление магистрального канала и попадание взвешенных и вле-

комых наносов в водоприемную камеру², что приводит к снижению пропускной способности канала, преждевременному износу насосного оборудования, ухудшению качества забираемой воды и, как следствие, увеличению затрат на ее очистку (рисунок 1).

Повышенный транспорт наносов особенно характерен для периода половодья и дождевых паводков³. Именно в это время р. Кия несет наибольшее количество взвешенных частиц⁴, которые, попадая в магистральный канал, оседают в нем, снижая его живое сечение и требуя регулярной дорогостоящей механической очистки. Кроме того, существующая конфигурация канала не позволяет эффективно бороться с наносами, что снижает общую надежность и эффективность работы водозаборного узла.

Для решения описанных проблем предлагается комплекс мероприятий по реконструкции водозаборного узла, который включает в себя:

- оптимизацию трассы магистрального канала с целью пересмотра угла поворота, крепления русла в верхнем бьефе гидроузла [2–10] и планового расположения канала для минимизации зон с пониженными скоростями и, соответственно, снижения интенсивности осаждения наносов;

- установку наносотранспортирующих щитов для активного воздействия на структуру потока, перераспределения скоростей по живому сечению канала и создания циркуляционных течений, способствующих транзитному перемещению наносов и предотвращению их осаждения перед водоприемником.

Особое внимание уделяется участку поворота магистрального канала. Гидравлический расчет позволяет определить, как при заданном угле поворота α будет распределяться мутность потока по ширине реки перед водозабором при делении потока на речной и водозаборный.

²Многолетние колебания и изменчивость водных ресурсов и основных характеристик стока рек Российской Федерации: науч.-приклад. справ. СПб.: РИАЛ, 2021. 190 с.

³Шмидт Т. С. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик. Л.: Гидрометеиздат, 1984. 444 с.

⁴Инженерная гидрология и регулирование стока / В. И. Желязко, В. К. Курсаков, В. М. Лукашевич, Г. Н. Рудковская, И. А. Левшунов. Горки, 2021. 112 с.

Целью исследований является обоснование строительства сооружений, повышающих надежность водоснабжения, снижения эксплуатационных затрат и обеспечивающих требуемое качество забираемой воды.

Материалы и методы. Расчетная схема распределения наносов в зависимости от угла поворота отводного канала и местоположение отдельных траекторий движения поверхностных (на расстоянии b_n) и донных (на расстоянии b_d) струй определяем по зависимостям проф. В. А. Шаумяна (рисунок 2):

$$b_d = 1,02 \cdot (K + 0,86) \cdot b_k, \quad (1)$$

$$b_n = 0,49 \cdot (K + 0,33) \cdot b_k, \quad (2)$$

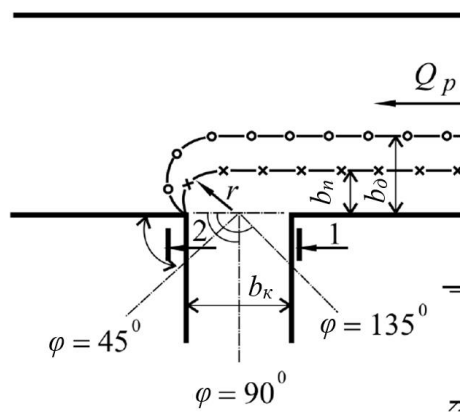
где K – отношение удельных расходов, м³/с;

$$K = q_k / q_p, \quad (3)$$

где q_k – удельный расход канала, м²/с;

q_p – удельный расход реки, м²/с;

b_k – ширина канала (регулятора), м.



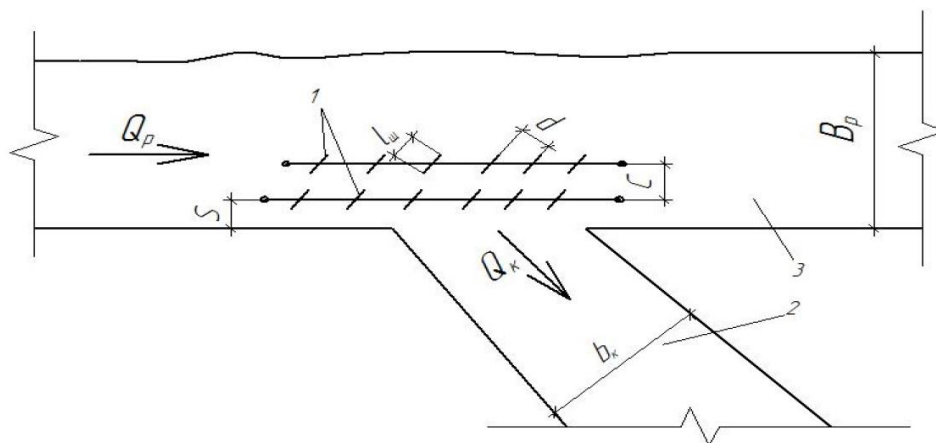
b_n – поверхностное движение струй, м; b_d – донное движение струй, м;
 Q_p – расход реки, м³/с; b_k – ширина канала (регулятора), м; φ – угол поворота
 канала, градусы; r – радиус поворота взвешенных наносов, м
 b_n – surface flow of streams, m; b_d – bottom flow of streams, m; Q_p – river
 discharge, m³/s; b_k – canal (regulator) width, m; φ – canal turning angle,
 degrees; r – suspended sediment turning radius, m

**Рисунок 2 – Расчетная схема распределения наносов
 в зависимости от угла поворота отводного канала
 Figure 2 – Calculation diagram of sediment distribution
 depending on the turning angle of the diversion canal**

Следующим шагом реконструкции водозабора является проектирование струенаправляющих щитов. Применение струенаправляющих щитов особенно эффективно на реках с большим количеством наносов. Их можно использовать как в качестве временных сооружений для размыва скоплений наносов, так и в качестве постоянных конструкций для обеспечения благоприятной циркуляции потока перед водозабором.

Исследование погруженных в воду щитов показывает, что в зоне действия щитов образуется циркуляционный поток, изменяющий направление движения наносов. Также результаты исследования свидетельствуют о применении различных схем установки массивов щитов, которые могут исключить попадание наносов в водозаборные сооружения на 60–70 % [11–18].

Для защиты бокового водозабора от наносов нами принята схема установки щитов, состоящая из двух рядов (рисунок 3). Исследования показывают, что щиты, которые установлены вне забора воды, более эффективны, чем внутреннее расположение щитов в ковше.



1 – щиты; 2 – отводной канал; 3 – река; Q_p – расход реки, $\text{м}^3/\text{с}$; Q_k – расход канала, $\text{м}^3/\text{с}$; S – расстояние от берега, м; C – расстояние между массивами, м; d – расстояние между щитами, м; B_p – ширина реки, м; b_k – ширина канала (регулятора), м; $L_{ш}$ – длина щита, м
 1 – shields; 2 – diversion canal; 3 – river; Q_p – river flow rate, $\text{м}^3/\text{с}$; Q_k – canal flow rate, $\text{м}^3/\text{с}$; S – distance from bank, м; C – distance between arrays, м; d – distance between shields, м; B_p – river width, м; b_k – canal (regulator) width, м; L_{sh} – shield length, м

**Рисунок 3 – Схема установки массива щитов,
установленных перед водозабором**

**Figure 3 – Installation diagram of an array of shields
upstream of a headworks**

Результаты и обсуждение. Параметры щитов принимаем по таблице 1, принимая $H = 3,8$ м.

Таблица 1 – Параметры донных щитов

Table 1 – Parameters of bottom shields

Угол установки	Длина щита	Глубина погружения	Расстояние между щитами	Длина действия системы	Расстояние между рядами щитов	Минимальное расстояние от берега
20–40	$(0,9–1,0)H$	$(0,3–0,5)H$	$(0,6–0,9)H$	$9,0 H$ (один ряд)	$(0,5–0,6)H$	$(0,3–0,5)H$

Параметры донных щитов (таблица 2) и принятая схема установки представлены на рисунке 4.

Таблица 2 – Принятые параметры донных щитов

Table 2 – Accepted parameters of bottom shields

Угол установки	Длина щита	Глубина погружения	Расстояние между щитами	Длина действия системы	Расстояние между рядами щитов	Минимальное расстояние от берега
30	3,5	1,1	3,0	31,5	2,2	1,9

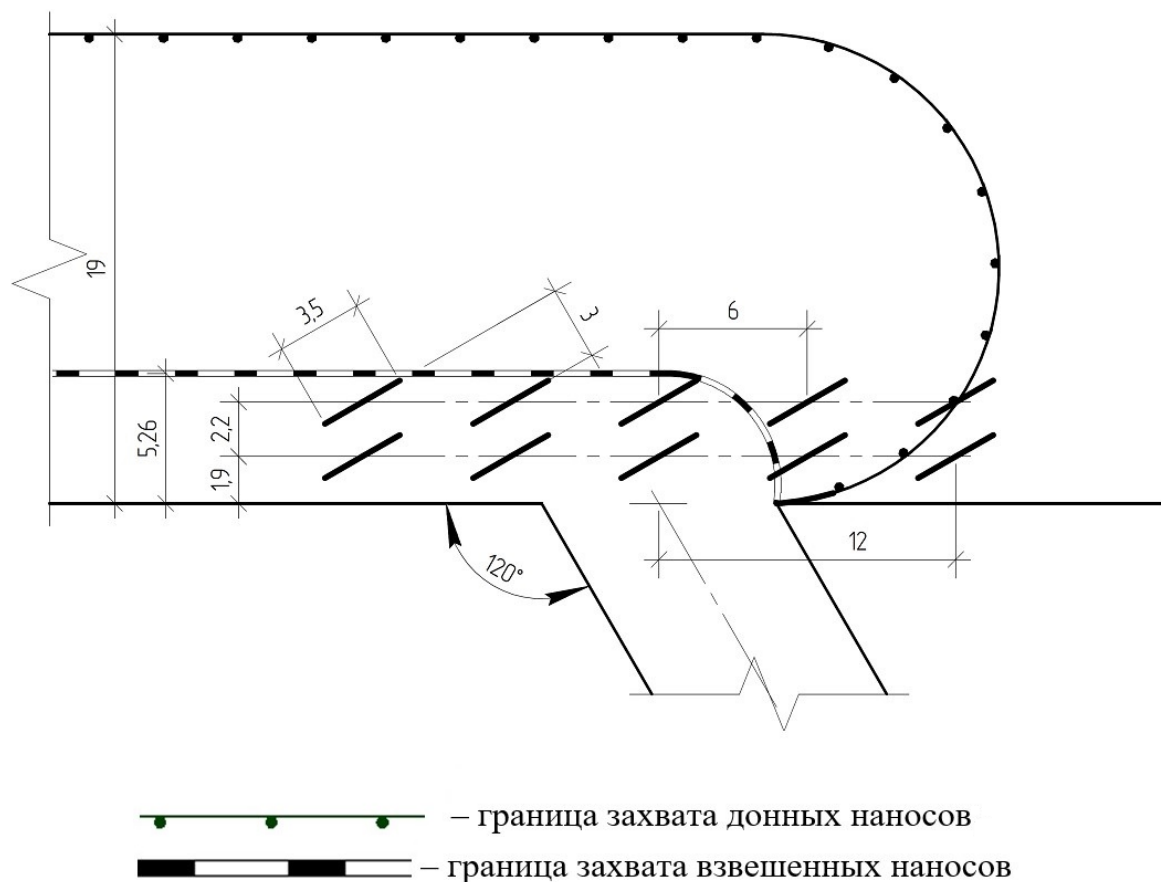


Рисунок 4 – Принятая схема установки массива щитов
Figure 4 – Accepted scheme for installing an array of shields

Выводы. Распределение наносов в зависимости от угла поворота отводного канала и местоположение отдельных траекторий движения поверхностных и донных струй является неотъемлемой частью проектирования эффективных водозаборных узлов. Распределение позволяет не только спрогнозировать работу существующего сооружения, но и научно обосновать необходимость и параметры реконструкции. В рассматриваемом случае для водозаборного узла на р. Кия у с. Зыряново применение современных расчетных методик и последующая установка наносотранспортирующих щитов позволит значительно повысить надежность водоснабжения, снизить эксплуатационные затраты и обеспечить требуемое качество забираемой воды.

Список источников

1. Соколова С. А., Бакштанян А. М., Беглярова Э. С. Изучение русловых процессов и плановых деформаций русел // Природообустройство. 2022. № 4. С. 118–123. EDN: TORIZW.
2. Щербина Е. В. Геосинтетические материалы в строительстве. М.: Изд-во Ассоц. строит. вузов, 2004. 111 с. EDN: QNKVER.
3. Левкевич В. Е. Крепление берегов и верховых откосов подпорных сооружений гидроузлов Беларуси. Минск: БНТУ, 2019. 172 с. EDN: IJOGQO.
4. Новиков В. Ю. Берегоукрепление. Набережные. Комфорт жизненной среды. Рыбинск: Изд-во РДП, 2024. 87 с.
5. Анохин А. М., Гарбуз А. Ю. Комплекс конструкций и сооружений для защиты берегов рек и каналов от эрозии // Мелиорация и гидротехника. 2023. Т. 13, № 2. С. 318–333. DOI: 10.31774/2712-9357-2023-13-2-318-333. EDN: NVGMWG.
6. Прокопов А. Ю., Адоньев Н. А. Обзор зарубежного опыта инженерной защиты морских берегов и склонов // Современные тенденции в строительстве, градостроительстве и планировке территорий. 2024. Т. 3(1). С. 27–47. EDN: ZBEROK.
7. Чернов А. А. Оптимизация проектов ГТС с помощью шпунта Ларсена ЕСО // Гидротехника. 2024. № 1(74). С. 60–61. EDN: ACYJPH.
8. Баев О. А., Косиченко Ю. М. Разработка технологических решений и апробация методов ремонта бетонных облицовок в натуральных условиях // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2021. № 1(81). С. 5–12. EDN: NBSGXV.
9. Абдразаков Ф. К., Сафин Э. Э. Перспективные подходы к ремонту и усовершенствованию облицовки оросительных каналов с применением композитов // Современные проблемы и перспективы развития строительства, теплогазоснабжения и энергообеспечения: материалы XIV Нац. конф. с междунар. участием, г. Саратов, 25–26 апр. 2024 г. Саратов: Саратов. гос. ун-т генетики, биотехнологии и инженерии им. Н. И. Вавилова, 2024. С. 271–275. EDN: PPJOOM.
10. Ардаков А. А. Гибкие бетонные плиты ПБЗГУ как фактор надежной защиты в строительстве // Гидротехника. 2024. № 2(75). С. 59–61. EDN: TNCICZ.
11. Sediment control at water intakes / Y. Wang, A. J. Odgaard, B. W. Melville,

S. C. Jain // Journal of Hydraulic Engineering. 1996. Vol. 122, no. 6. P. 353–356. DOI: 10.1061/(ASCE)0733-9429(1996)122:6(353).

12. Ouyang, H., Weber, L. J., & Odgaard, A. J. Design optimization of a two-dimensional hydrofoil by applying a genetic algorithm // Engineering Optimization. 2006. Vol. 38, iss. 5. P. 529–540. DOI: 10.1080/03052150600574317.

13. James C. S. Flow-measuring structures // Hydraulic Structures. 2020. P. 243–282. DOI: 10.1007/978-3-030-34086-5_7.

14. Fish passes. Design, Dimensions and Monitoring [Electronic resource] / B. Adam, R. Bosse, U. Dumont [et al.]. Rome: FAO, 2002. 119 p. URL: <https://www.fao.org/4/y4454e/y4454e00.htm> [accessed 04.05.2026].

15. Effect of an extreme flood event on solute transport and resilience of a mine water treatment system in a mineralised catchment / W. M. Mayes, M. T. Perks, A. R. G. Large [et al.] // Science of the Total Environment. 2021. Vol. 750. Article number: 141693. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.141693. EDN: KVJFGU.

16. Vercruysse K., Grabowski R. C. Human impact on river planform within the context of multi-timescale river channel dynamics in a Himalayan river system // Geomorphology. 2021. Vol. 381. Article number: 107659. DOI: 10.1016/j.geomorph.2021.107659. EDN: WSJPGV.

17. Large variations in global irrigation withdrawals caused by uncertain irrigation efficiencies / A. Puy, B. Lankford [et al.] // Environmental Research Letters. 2022. Vol. 17, no 4. Article number: 044014. DOI:10.1088/1748-9326/ac5768. EDN: DRJSDU.

18. Overcoming challenges for implementing nature-based solutions in deltaic environments: Insights from the Ganges-Brahmaputra delta in Bangladesh / A. K. Gain, M. M. Rahman, Md. Sh. Sadik [et al.] // Environmental Research Letters. 2022. Vol. 17, no 6. Article number: 064052. DOI: 10.1088/1748-9326/ac740a. EDN: YAWSEI.

References

1. Sokolova S.A., Bakshtanin A.M., Beglyarova E.S., 2022. *Izuchenie ruslovykh protsessov i planovykh deformatsiy rusel* [Study of channel processes and planned channel deformations]. *Prirodoobustroystvo* [Environmental Engineering], no. 4, pp. 118-123, EDN: TORIZW. (In Russian).

2. Shcherbina E.V., 2004. *Geosinteticheskie materialy v stroitel'stve* [Geosynthetic Materials in Construction]. Moscow, Assoc. Construction Universities Publ., 111 p., EDN: QNKVEP. (In Russian).

3. Levkevich V.E., 2019. *Kreplenie beregov i verkhovykh otkosov podpornykh sooruzheniy gidrouzlov Belarusi* [Fastening of Banks and Upstream Slopes of Retaining Structures of Waterworks in Belarus]. Minsk, BNTU, 172 p., EDN: IJOGQO. (In Russian).

4. Novikov V.Yu., 2024. *Beregoukreplenie. Naberezhnye. Komfort zhiznennoy sredy* [Bank protection. Embankments. Comfort of the Living Environment]. Rybinsk, RDP Publ., 87 p. (In Russian).

5. Anokhin A.M., Garbuz A.Yu., 2023. *Kompleks konstruktivnykh i sooruzheniy dlya zashchity beregov rek i kanalov ot erozii* [A complex of river bank-and-canal protection structures and facilities from erosion]. *Melioratsiya i gidrotekhnika* [Land Reclamation and Hydraulic Engineering], vol. 13, no. 2, pp. 318-333, DOI: 10.31774/2712-9357-2023-13-2-318-333, EDN: NVGMWG. (In Russian).

6. Prokopov A.Yu., Adonyev N.A., 2024. *Obzor zarubezhnogo opyta inzhenernoy zashchity morskikh beregov i sklonov* [Foreign Experience Review on Engineering Protection of Seashores and Hillslopes]. *Sovremennye tendentsii v stroitel'stve, gradostroitel'stve i planirovke territoriy* [Modern Trends in Construction, Urban and Territorial Planning], vol. 3(1), pp. 27-47, EDN: ZBEPOK. (In Russian).

7. Chernov A.A., 2024. *Optimizatsiya proektov GTS s pomoshch'yu shpunta Larsena ECO* [Optimization of hydraulic engineering structures projects using Larssen sheet piles]. *Gidrotekhnika* [Hydraulic Engineering], no. 1(74), pp. 60-61, EDN: ACYJPH. (In Russian).

8. Baev O.A., Kosichenko Yu.M., 2021. *Razrabotka tekhnologicheskikh resheniy i aprobatsiya metodov remonta betonnykh oblitsovok v naturnykh usloviyakh* [Development of technological solutions and testing of methods for repairing concrete linings in natural conditions]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture], no. 1(81), pp. 5-12, EDN: NBSGXB. (In Russian).

9. Abdrazakov F.K., Safin E.E., 2024. *Perspektivnye podkhody k remontu i usovershenstvovaniyu oblitsovki orositel'nykh kanalov s primeneniem kompozitov* [Promising approaches to repairing and improving the lining of irrigation canals using composites]. *Sovremennye problemy i perspektivy razvitiya stroitel'stva, teplogazosnabzheniya i energoobespecheniya: materialy XIV Nats. konferentsii s mezhdunar. uchastiem* [Modern Problems and Prospects for the Development of Construction, Heat and Gas Supply and Energy Supply: Proceed. of the XIV National Conference with International Participation]. Saratov, Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N. I. Vavilov, pp. 271-275, EDN: PPJOOM. (In Russian).

10. Ardakov A.A., 2024. *Gibkie betonnye plity PBZGU kak faktor nadezhnoy zashchity v stroitel'stve* [Flexible concrete slabs PBZGU as a factor of reliable protection in construction]. *Gidrotekhnika* [Hydraulic Engineering], no. 2(75), pp. 59-61, EDN: TNCICZ. (In Russian).

11. Wang Y., Odgaard A.J., Melville B.W., Jain S.C., 1996. Sediment control at water intakes. *Journal of Hydraulic Engineering*, vol. 122, no. 6, pp. 353-356, DOI: 10.1061/(ASCE)0733-9429(1996)122:6(353).

12. Ouyang H., Weber, L.J., & Odgaard A.J., 2006. Design optimization of a two-dimensional hydrofoil by applying a genetic algorithm. *Engineering Optimization*, vol. 38, iss. 5, pp. 529-540, DOI: 10.1080/03052150600574317.

13. James C.S., 2020. Flow-measuring structures. *Hydraulic Structures*, pp. 243-282, DOI: 10.1007/978-3-030-34086-5_7.

14. Adam B., Bosse R., Dumont U. [et al.], 2002. Fish passes. Design, Dimensions and Monitoring. Rome: FAO, 119 p., URL: <https://www.fao.org/4/y4454e/y4454e00.htm> [accessed 04.05.2026].

15. Mayes W.M., Perks M.T., Large A.R.G. [et al.], 2021. Effect of an extreme flood event on solute transport and resilience of a mine water treatment system in a mineralised catchment. *Science of the Total Environment*, vol. 750, article number: 141693, DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.141693, EDN: KVJFGU.

16. Vercruysse K., Grabowski R.C., 2021. Human impact on river planform within the context of multi-timescale river channel dynamics in a Himalayan river system. *Geomorphology*, vol. 381, article number: 107659, DOI: 10.1016/j.geomorph.2021.107659, EDN: WSJPGV.

17. Puy A., Lankford B., [et al.], 2022. Large variations in global irrigation withdrawals caused by uncertain irrigation efficiencies. *Environmental Research Letters*, vol. 17, no 4, article number: 044014, DOI: 10.1088/1748-9326/ac5768, EDN: DRJSDU.

18. Gain A.K., Rahman M.M., Sadik Md.Sh. [et al.], 2022. Overcoming challenges for implementing nature-based solutions in deltaic environments: Insights from the Ganges-Brahmaputra delta in Bangladesh. *Environmental Research Letters*, vol. 17, no. 6, article number: 064052, DOI: 10.1088/1748-9326/ac740a, EDN: YAWSEI.

Информация об авторах

А. М. Анохин – профессор кафедры гидротехнических сооружений, кандидат технических наук, Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А. К. Кортунова – филиал Донского государственного аграрного университета, Новочеркасск, Российская Федерация, anochin2023@yandex.ru, ORCID: 0009-0009-0256-2246;

Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2026. Т. 99, № 2. С. 69–79.
Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture. 2026. Vol. 99, no. 2. P. 69–79.

Г. А. Гусев – бакалавр 4 года обучения, Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А. К. Кортунова – филиал Донского государственного аграрного университета, Новочеркасск, Российская Федерация, donskoi.rybak@yandex.ru.

Information about the authors

A. M. Anokhin – Professor of the Department of Hydraulic Engineering Structures, Candidate of Technical Sciences, Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute – branch of the Don State Agrarian University, Novocherkassk, Russian Federation, anochin2023@yandex.ru, ORCID: 0009-0009-0256-2246;

G. A. Gusev – Bachelor's Degree 4 Years of Study, Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute – branch of the Don State Agrarian University, Novocherkassk, Russian Federation, donskoi.rybak@yandex.ru.

*Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Все авторы в равной степени несут ответственность за нарушения в сфере этики научных публикаций.*

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

All authors are equally responsible for ethical violations in scientific publications.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

*Статья поступила в редакцию 27.04.2026; одобрена после рецензирования 22.05.2026;
принята к публикации 20.08.2026.*

The article was submitted 27.04.2026; approved after reviewing 22.05.2026; accepted for publication 20.08.2026.