

ПОРТЫ, ПОРТОВОЕ ХОЗЯЙСТВО И ТРАНСПОРТНАЯ ЛОГИСТИКА

PORTS, PORT INFRASTRUCTURE AND TRANSPORT LOGISTICS

Научная статья
УДК 627.42
<https://doi.org/10.24143/2073-1574-2025-2-114-120>
EDN USIPGU

К вопросу применения сквозных сооружений при регулировании речного потока

Евгений Александрович Черняев[✉], Вера Васильевна Шамова

*Сибирский государственный университет водного транспорта,
Новосибирск, Россия, spn73@mail.ru[✉]*

Аннотация. Проводится анализ осуществления задачи устройства непрерывного водного пути из Европы в Азию. Ключевым участком выбран район, где верховье реки Исеть и ее притока реки Решетки максимально сближаются с рекой Чусовой. Рассматривается организация сквозных гидросооружений с целью увеличения гарантированных глубин на судоходной трассе. Характерной их особенностью является наличие уменьшенной, по сравнению с естественным состоянием, проточности в перекрываемой части русла. Снижение скоростей течения за сооружением создает условия для отложения наносов и обеспечивает сохранение благоприятной экологической ситуации в зоне регулирования речного потока. Актуальность изучения гидравлического режима в зоне взаимодействия проницаемых преград с потоком, разработка расчетного обоснования для их проектирования определяется рядом преимуществ сквозных сооружений по сравнению со сплошными. Задачами регулирования гидравлического режима потока проницаемыми конструкциями являются защита берегов от размыва, создание проточных изолированных акваторий, перекрытие несудоходных рукавов, обеспечение гарантированных глубин на судоходной трассе. В отличие от сооружений гравитационного типа, устойчивость которых определяется массой грунта, сквозные сооружения являются более легкими конструкциями; их прочность и устойчивость определяются не только массой элементов, но и особенностью инженерных решений отдельных узлов. Эффект работы сквозных сооружений определяется коэффициентом застройки, степенью стеснения потока, углом установки относительно берега, скоростями течений в межполузапрудных пространствах, расстояниями между сооружениями и другими параметрами, которые рассчитываются по зависимостям, описывающим гидравлику потока. Расчет габаритов сквозных полузапруд и их плановой компоновки является наиболее важным вопросом, решаемым при проектировании.

Ключевые слова: сквозные гидротехнические сооружения, водный путь, непроницаемая полузапруда, сквозная полузапруда, транспортный маршрут, судоходный рукав

Для цитирования: Черняев Е. А., Шамова В. В. К вопросу применения сквозных сооружений при регулировании речного потока // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. 2025. № 2. С. 114–120. <https://doi.org/10.24143/2073-1574-2025-2-114-120>. EDN USIPGU.

Original article

On the issue of the through structures use in regulating river flow

Evgeny A. Cherniaev[✉], Vera V. Shamova

*Siberian State University of Water Transport,
Novosibirsk, Russia, spn73@mail.ru[✉]*

Abstract. The analysis of the implementation of the task of establishing a continuous waterway from Europe to Asia is carried out. The key area chosen for you is the area where the upper reaches of the Iset River and its tributary, the Latki River, converge as closely as possible with the Chusovaya River. The organization of end-to-end hydraulic structures is being considered in order to increase the guaranteed depths on the shipping route. Their characteristic feature is the presence of reduced flow in the blocked part of the riverbed compared to the natural state. Reducing the flow rates behind the structure creates conditions for sediment deposition and ensures the preservation of a favorable environmental situation in the river flow control zone. The relevance of studying the hydraulic regime in the zone of interaction of permeable barriers with the flow, the development of a computational justification for their design is determined by the advantages of through structures in comparison with continuous ones. The objectives of regulating the hydraulic flow regime with permeable structures are to protect the shores from erosion, create flow-through isolated water areas, block non-navigable branches, and ensure guaranteed depths on the shipping route. Unlike gravity-type structures, the stability of which is determined by the mass of the ground, through structures are lighter structures; their strength and stability are determined not only by the mass of the elements, but also by the specific engineering solutions of individual nodes. The effect of through structures is determined by the building coefficient, the degree of flow obstruction, the installation angle relative to the shore, the flow velocities in the inter-dam spaces, the distances between structures, and other parameters that are calculated based on dependencies describing the flow hydraulics. The calculation of the dimensions of through half-dams and their planned layout is the most important issue to be solved during design.

Keywords: through hydraulic structures, waterway, impenetrable semi-dam, through semi-dam, transport route, navigable arm

For citation: Cherniaev E. A., Shamova V. V. On the issue of the through structures use in regulating river flow. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Marine engineering and technologies.* 2025;2:114-120. (In Russ.). <https://doi.org/10.24143/2073-1574-2025-2-114-120>. EDN USIPGU.

Введение

Транспорт в современном мире – это одна из ведущих отраслей любой экономической системы. Путь к повышению эффективности его работы часто пролегает в плоскости достижения ключевых показателей снижения транспортных расходов на транспортировку единицы грузовых или пассажирских перевозок. Стоимость перевозки грузов при использовании водного транспорта в 14,3 раза ниже, чем у автомобильного транспорта, и в 3,3 раза ниже, чем у железнодорожного транспорта. Дополнительным фактором, существенно влияющим на выбор водного транспорта в качестве одного из основных драйверов развития экономики Российской Федерации, является тот факт, что во многих регионах Севера, Сибири и Дальнего Востока автомобильная и железнодорожная сеть все еще недостаточно развита. А на отдельных обширных территориях дорожное строительство и вовсе невозможно в силу объективных причин природного характера. Решения, основанные на использовании авиации, также могут быть совершенно неприемлемы, например, для крупногабаритных грузов, т. к. стоимость авиaperвозок слишком высока, а требования к назем-

ной инфраструктуре тяжелой транспортной авиации весьма существенны [1–3].

Реализация проекта о «сшивании регионов», определенного Президентом РФ, включающего развитие сети водных путей России, позволяет прогнозировать значительное расширение транспортных маршрутов, особенно в части, касающейся единой сквозной системы комбинированной логистики, обеспечивающей надежный транспортный доступ к отдаленным регионам России [4, 5]. В частности, такой прогноз может быть связан как с неизбежностью развития существующих технологий, а также перспективных видов транспорта, так и с вероятностью оценки и принятия решений, способных соединить Волго-Камский и Обь-Иртышский бассейны в единую транспортную систему за счет улучшения гидрологии на отдельных проблемных участках.

Существующие проблемы

Сегодня в России общая протяженность рек, пригодных для судоходства, составляет почти 100 тыс. км [6]. При этом реки Европейской части России связаны в Единую глубоководную систему,

а крупные реки Сибири и Дальнего Востока пока не имеют единого сквозного глубоководного транспортного маршрута. Для транспортировки различных грузов в основном используются полноводные реки (это около 70 % от общей протяженности водных путей страны). Чтобы поддерживать их в надлежащем состоянии и обеспечивать безопасное судоходство, необходимо ежегодно проводить значительное количество путевых работ, таких как выправление и дноуглубление [1, 7].

Краткий литературный обзор

Выбор литературы по теме исследования обусловлен гипотезой о возможности применения сквозных гидротехнических сооружений на руслах уральских рек Чусовой и Исети с целью регулирования потока в связи с проектом создания непрерывного водного пути через Уральскую горную систему, препятствующую соединению Волго-Камского и Обь-Иртышского бассейнов (рис. 1).



Рис. 1. Соединение Волго-Камского с Обь-Иртышским бассейном по рекам Чусовой и Исети

Fig. 1. Connection of the Volga-Kama basin with the Ob-Irtysh basin along the Chusovaya and Iseti rivers

Река Исеть – горная широкопойменная река с разветвленным руслом и особой морфологией, т. е. имеет признаки типичной равнинной реки [8, 9]. Вся сложность включения данной реки с подобными характеристиками в тракт связана с большой скоростью течения и рисками локального размыва берегов при высокой устойчивости береговых массивов в целом, что затруднит хозяйственную деятельность на данном участке. Более надежным участком планируемого тракта является канал реки Чусовой со стабильным руслом, но большим количеством отломков скал, что также затрудняет судоходство и требует больших вложений при преднавигационной подготовке.

Выбранное направление единого судоходного пути способно существенно увеличить значение города Екатеринбурга, являющегося центром экономической и политической жизни края [1], обеспечив городу статус и возможности одного из главных

логистических и деловых центров России, географически расположенного на стыке Европы и Азии.

Постановка и описание задачи

Устойчивый безопасный грузооборот и пассажиропоток по внутренним водным путям, в первую очередь для обеспечения доставки в регионы, включающие труднодоступные районы Сибири и Дальнего Востока, способен существенно увеличить объемы грузовых и пассажирских перевозок в интересах развития национальной экономики и освоения новых регионов страны. В настоящей работе, наряду с различными типами гидросооружений, предлагается использование сквозных конструкций для регулирования гидравлического режима потока, обеспечивающего защиту берегов от размыва, создание проточных акваторий, перекрытие несудоходных рукавов, обеспечение гарантированных глубин на судоходной трассе [9, 10].

Изложение методов решения

Основная задача сквозных сооружений – перераспределить поток воды на судоходную трассу для обеспечения транспортировки наносов и поддержания судоходных глубин. Сооружения представляют собой поперечные ограждения в виде рядов свай, насыпей из четырехгранного железобетона, рельсовых каркасов, сипаев, плавучих непроницаемых конструкций и т. д. Отличительной особенностью является наличие пониженного потока в перекрываемой части русла по сравнению с естественным состоянием. Снижение скоростей стока за сооружением создает условия для отложения наносов, а также обеспечивает поддержание благоприятной экологической обстановки в зоне регулирования. Так, например, при перекрытии заходящих плесовых лощин для улучшения судоходных условий непроницаемыми полузапрудами возникают обширные области с нарушенным водообменом, интенсивность которого регламентируется санитарными и природоохранными инстанциями. Сквозные сооружения применяются на реках Кавказа, Средней Азии, в Западно-Сибирском и других бассейнах и за рубежом [11, 12].

Обсуждение основных результатов

Изучение опыта возведения сквозных сооружений в нашей стране и за рубежом свидетельствует о том, что основными достоинствами их являются:

- возможность строительства из сборных элементов, производимых на специализированных предприятиях;
- полная механизация строительно-монтажных работ;
- особым условием охраны природной среды является обеспечение сточными водами нижних бьефов запруд, расположенных в несудоходных рукавах;
- возможность более эффективного воздействия на течение, по сравнению с непроходимыми сооружениями, применяемыми при проведении выправительных работ;
- ремонт производится механическим способом с заменой отдельных элементов [13].

Пример сквозной полузапруды представлен на рис. 2. Полузапруда выполнена из свай, расположенных в шахматном порядке, забитых в три ряда, расстояние между которыми составляет 2 м, расстояние между сваями принято 0,8 м.

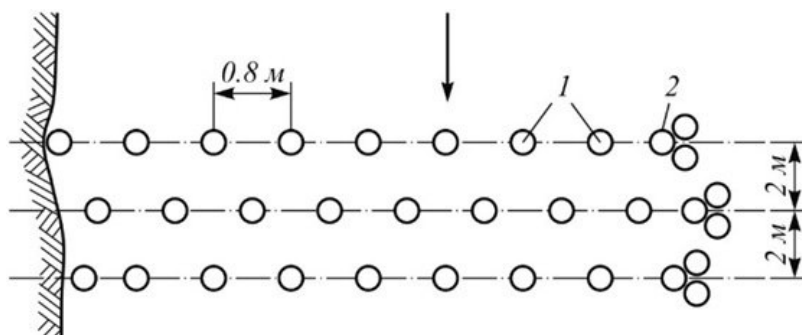


Рис. 2. Пример конструкции сквозной полузапруды: 1 – сваи; 2 – голова полузапруды

Fig. 2. An example of a through-hole half-dam design: 1 – piles; 2 – the head of the half-dam

Головы свай укреплены тремя сваями. Конструктивные параметры сооружений (длина, ширина, количество рядов, диаметр свай, угол расположения свай по отношению к направлению течения и др.) определяются гидравлическими расчетами.

Исходя из проведенного анализа картографических источников и данных, полученных в ходе научной экспедиции в сентябре – начале октября 2024 г., в результате геодезических и гидрологических измерений, включающих практические промеры глубин, построены графические сечения профиля дна русел Исети и Чусовой (рис. 3).

Анализ рельефов дна с учетом особенностей скального грунта позволяет сделать вывод о том, что форма сечения стабильна, река Чусовая отли-

чается треугольными очертаниями, а Исеть характеризуется округлой формой русла. Годовой расход воды в Чусовой примерно втрое больше, чем у Исети, и составляет 222 и 73 м³/с соответственно. Принимая во внимание, что показатели питания анализируемых рек эквивалентны: Чусовая имеет значение 80,4 км² на каждый километр длины, Исеть – 97,2 км² на километр длины, перепады высот между истоками и устьями и, соответственно, скорости течения существенно разнятся. Так, Чусовая характеризуется перепадом 290,5 м (0,49 м/км) и скоростями 2,2 м/с в верховье и 0,8 м/с на равнинном участке. Исеть имеет 199,2 м перепада (0,33 м/км) и скорости 0,5 и 0,2 м/с соответственно.

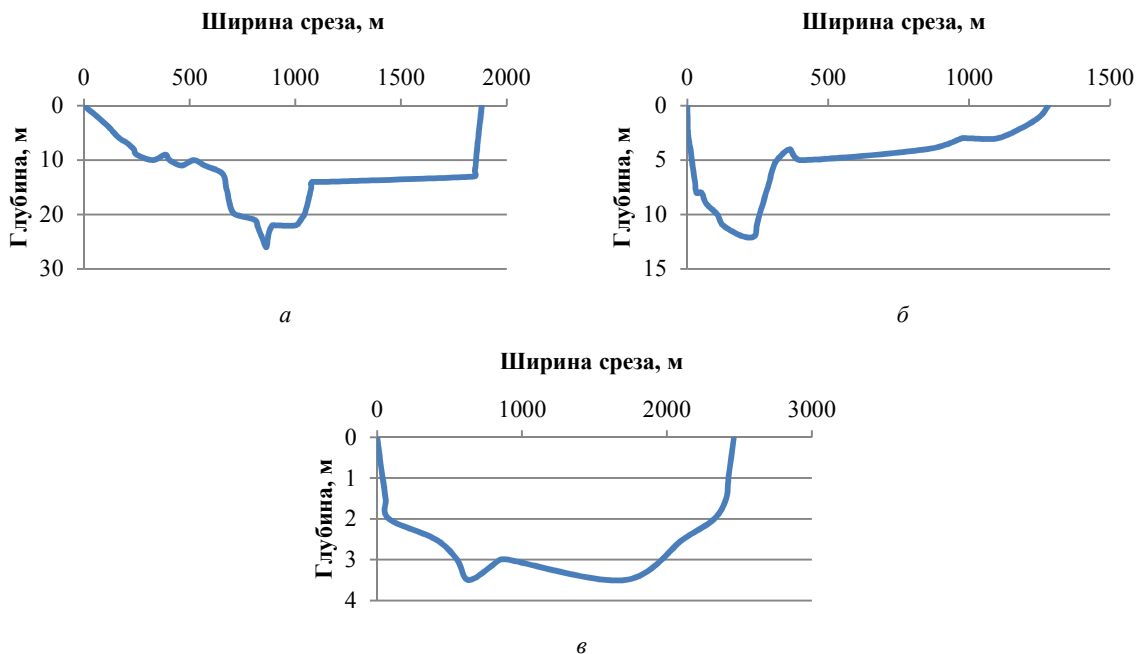


Рис. 3. Схемы рельефа дна: а – река Чусовая (район города Пальники); б – река Чусовая (район – Конец гор); в – река Исеть (район устья в Исетское водохранилище)

Fig. 3. Bottom relief schemes: а – the Chusovaya River (near the city of Palniki); б – the Chusovaya River (near the End of the Mountains); в – the Iset River (near the mouth of the Iset reservoir)

Помимо этого, стоит отметить высокую степень извилистости русла Исети в равнинной ее части, при этом некоторые участки имеют склонность к меандрированию. Также наличие на протяжении обеих рек зон с особым режимом использования не позволяет проводить сложные масштабные гидротехнические проекты по затопливанию, дамбированию, искусственному спрямлению русел. Например, на реке Исеть располагаются как археологические памятники стоянок древних людей, жертвенников, первобытных мастерских, так и природо-

охранные территории регионального значения – скала Каменные ворота и базальтовые скалы с мраморным карьером. В среднем течении Чусовой расположен природный парк, включающий 148 км акватории [14].

На основании вышеизложенного мы считаем, что применение сквозных гидротехнических сооружений (рис. 4) позволит произвести регулирование водного потока без сильного вмешательства как в гидрологическую, так и в экологическую ситуацию региона.

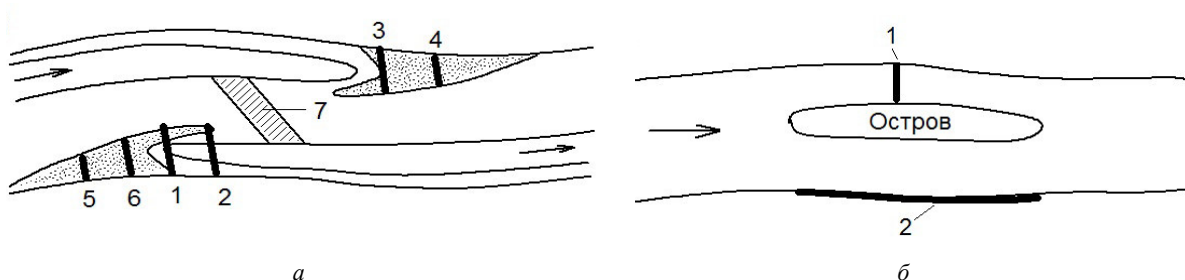


Рис. 4. Примеры выправления затруднительных участков рек: а – выправление перекатного участка: 1, 2 – полузапруды, отсекающие затонную часть; 3, 4 – полузапруды на нижней косе; 5, 6 – полузапруды на верхней косе; 7 – прорезь; б – улучшение судоходных условий разветвленного участка: 1 – запруда; 2 – берегоукрепительное сооружение

Fig. 4. Examples of straightening difficult sections of rivers: а – straightening of the rolling section: 1, 2 – semi-dams cutting off the bottom part; 3, 4 – semi-dams on the lower spit; 5, 6 – semi-dams on the upper spit; 7 – a slit; б – improvement of navigable conditions of the branched section: 1 – dam; 2 – shore protection structure

Заклучение

Улучшение судоходного состояния разветвленного участка реки можно получить перекрытием запрудой несудоходного рукава и сосредоточением расхода воды в судоходном рукаве. Таким обра-

зом, создание системы сквозных гидросооружений на анализируемом тракте позволит с минимальными затратами сил и средств обеспечить качество судоходного тракта.

Список источников

1. Дегтянников В. Н. Расчет русловых деформаций р. Вятка в районе г. Киров // Вопросы гидрологии, геоэкологии и охраны водных объектов: материалы Межрегион. науч.-практ. конф. студентов, магистрантов и аспирантов (Пермь, 13–14 октября 2016 г.). Пермь: Изд-во ПГНИУ, 2016. С. 23.
2. Жирнова Е. А. Расчетное обоснование сквозных свайных выправительных сооружений на судоходных реках: автореф. дис. ... канд. техн. наук. СПб., 2000. 25 с.
3. Шамова В. В. Особенности использования сквозных сооружений для улучшения судоходных условий // Тез. докл. Науч.-техн. конф. профессор.-преподават. состава и инженер.-техн. работников реч. трансп. и др. отраслей (Новосибирск, 14 мая 2001 г.). Новосибирск: Изд-во НГАСВ, 2001. С. 12.
4. Стратегия развития внутреннего водного транспорта Российской Федерации на период до 2030 года (утв. распоряжением Правительства РФ от 29.02.2016 № 327-р). URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71240936/?ysclid=m9wkakha3h78536340> (дата обращения: 15.09.2024).
5. Транспортная стратегия Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года (утв. распоряжением Правительства РФ от 27.11.2021 № 3363-р). URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/403056321/?ysclid=m9wkevqynp403730043> (дата обращения: 15.09.2024).
6. Водный кодекс Российской Федерации от 03.06.2006 № 74-ФЗ (ред. от 08.08.2024). URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=489368&ysclid=m9wi7c7va5124893119> (дата обращения: 15.09.2024).

15.09.2024).

7. Чалов Р. С. Управление русловыми процессами как основа совершенствования водных путей // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. 2017. № 3. С. 3–10.
8. Климов И. П. Развитие транспорта на Урале: автореф. дис. ... д-ра ист. наук. Тюмень, 2006. 49 с.
9. Липатов И. В. Гидродинамика речных потоков и ее влияние на эксплуатационные параметры судоходных гидротехнических сооружений: методология исследований. Н. Новгород: Изд-во ВГАВТ, 2006. 97 с.
10. Петровская О. А. Оптимизация методов расчета расхода донных наносов с учетом гидравлических параметров рек: автореф. дис. ... канд. техн. наук. СПб., 2018. 26 с.
11. Сазонов А. А., Дмитриева К. О. Результаты исследования выбора эффективного варианта конфигурации полупруды // Вестн. Волж. гос. акад. вод. трансп. 2015. Вып. 44. С. 77–83.
12. Хованский А. Д., Латун В. В., Хорошев О. А., Денисов В. И. Оценка воздействия на окружающую среду углубления и расширения судоходных каналов в дельтах рек // Изв. вузов. Северо-Кавказ. регион. 2018. № 1. С. 104.
13. Пат. RU2076168C1, МПК E02B3/12. Полупруда и способ ее строительства / Курбанов С. О., Тутаяев А. А., Казанчев А. А.; заявл. 11.01.1993; опубл. 27.03.1997.
14. Об утверждении Правил охраны поверхностных водных объектов: Постановление Правительства РФ от 10.09.2020 № 1391. URL: <https://base.garant.ru/74626856/?ysclid=m9wjvgvi6t871636196> (дата обращения: 15.09.2024).

References

1. Degtiannikov V. N. Raschet ruslovykh deformatsii r. Viatka v raione g. Kirov [Calculation of channel deformations of the Vyatka River in the Kirov area]. *Voprosy gidrologii, geoekologii i okhrany vodnykh ob"ektov: materialy Mezhregional'noi nauchno-prakticheskoi konferentsii studentov, magistrantov i aspirantov (Perm', 13–14 oktiabria 2016 g.)*. Perm', Izd-vo PGNIU, 2016. P. 23.
2. Zhirnova E. A. *Raschetnoe obosnovanie skvoznykh svainykh vypravitel'nykh sooruzhenii na sudokhodnykh rekakh: avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk* [Computational justification of through-pile straightening structures on navigable rivers: abstract of the dissertation ... Candidate of Technical Sciences]. Saint Petersburg, 2000. 25 p.
3. Shamova V. V. Osobennosti ispol'zovaniia skvoznykh sooruzhenii dlia uluchsheniia sudokhodnykh uslovii [Features of the use of through structures to improve navigation conditions]. *Tezisy dokladov Nauchno-tekhnicheskoi konferentsii professorsko-prepodavatel'skogo sostava i inzhenerno-tekhnicheskikh rabotnikov rechnogo transporta i drugih otraslei (Novosibirsk, 14 maia 2001 g.)*. Novosibirsk, Izd-vo NGAVT, 2001. P. 12.
4. *Strategiia razvitiia vnutrennego vodnogo transporta Rossiiskoi Federatsii na period do 2030 goda (utv. rasporyazheniem Pravitel'stva Rossiiskoi Federatsii ot 29.02.2016 № 327-r)* [Strategy for the Development of Inland Waterway Transport of the Russian Federation for the period up to 2030 (approved by Decree of the Government of the Russian Federation dated 02/29/2016 No. 327-r)]. Available at: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71240936/?ysclid=m9wkakha3h78536340> (accessed: 15.09.2024).
5. *Transportnaia strategiia Rossiiskoi Federatsii do 2030 goda s prognozom na period do 2035 goda (utv. rasporyazheniem Pravitel'stva RF ot 27.11.2021 №3363-r)* [Transport Strategy of the Russian Federation until 2030 with a forecast for the period up to 2035 (approved by Decree of the Government of the Russian Federation dated 11/27/2021 No. 3363-r)]. Available at: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/403056321/?ysclid=m9wkevqynp403730043> (accessed: 15.09.2024).
6. *Vodnyi kodeks Rossiiskoi Federatsii ot 03.06.2006 № 74-FZ (redaktsiia ot 08.08.2024)* [Water Code of the Russian Federation No. 74-FZ dated 06/03/2006 (as amend-

ed on 08/08/2024)]. Available at: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=489368&ysclid=m9wi7c7va5124893119> (accessed: 15.09.2024).

7. Chalov R. S. Upravlenie ruslovymi protsessami kak osnova sovershenstvovaniia vodnykh putei [River flow management as a basis for improving waterways]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5*, 2017, no. 3, pp. 3-10.

8. Klimov I. P. *Razvitie transporta na Urale: avtoref. dis. ... d-ra ist. nauk* [Development of transport in the Urals: abstract of the dissertation ... Doctor of Historical Sciences]. Tiumen', 2006. 49 p.

9. Lipatov I. V. *Gidrodinamika rechnykh potokov i ee vliianie na ekspluatatsionnye parametry sudokhodnykh gidrotekhnicheskikh sooruzhenii: metodologiya issledovaniia* [Hydrodynamics of river flows and its influence on the operational parameters of navigable hydraulic structures: research methodology]. Nizhnii Novgorod, Izd-vo VGAVT, 2006. 97 p.

10. Petrovskaia O. A. *Optimizatsiia metodov rascheta raskhoda donnykh nanosov s uchetom gidravlicheskikh parametrov rek: avtoreferat dis. ... kand. tekhn. nauk* [Optimization of methods for calculating the flow of bottom sediments, taking into account the hydraulic parameters of rivers: abstract of the dissertation ... Candidate of Technical

Sciences]. Saint Petersburg, 2018. 26 p.

11. Sazonov A. A., Dmitrieva K. O. Rezul'taty issledovaniia vybora effektivnogo varianta konfiguratsii poluzaprudy [The results of the study on the choice of an effective configuration option for a semidam]. *Vestnik Volzhskoi gosudarstvennoi akademii vodnogo transporta*, 2015, iss. 44, pp. 77-83.

12. Khovanskii A. D., Latun V. V., Khoroshev O. A., Denisov V. I. Otsenka vozdeistviia na okruzhaiushchuiu srediu uglubleniia i rasshireniia sudokhodnykh kanalov v del'takh rek [Environmental impact assessment of deepening and widening of navigable channels in river deltas]. *Izvestiia vuzov. Severo-Kavkazskii region*, 2018, no. 1, p. 104.

13. Kurbanov S. O., Tutaev A. A., Kazanchev A. A. *Poluzapruda i sposob ee stroitel'stva* [A semi-dam and the method of its construction]. Patent RF, no. RU2076168C1, 27.03.1997.

14. *Ob utverzhdenii Pravil okhrany poverkhnostnykh vodnykh ob'ektov: Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 10.09.2020 № 1391* [On approval of the Rules for the Protection of Surface Water Bodies: Decree of the Government of the Russian Federation dated 09/10/2020 No. 1391]. Available at: <https://base.garant.ru/74626856/?ysclid=m9wjvgvi6t871636196> (accessed: 15.09.2024).

Статья поступила в редакцию 04.11.2024; одобрена после рецензирования 03.04.2025; принята к публикации 29.04.2025
The article was submitted 04.11.2024; approved after reviewing 03.04.2025; accepted for publication 29.04.2025

Информация об авторах / Information about the authors

Евгений Александрович Черняев — аспирант кафедры строительного производства, водных путей и гидротехнических сооружений; Сибирский государственный университет водного транспорта; spn73@mail.ru

Evgeny A. Cherniaev — Postgraduate Student of the Department of Construction Industry, Waterways and Hydraulic Structures; Siberian State University of Water Transport; spn73@mail.ru

Вера Васильевна Шамова — кандидат технических наук, доцент; профессор кафедры строительного производства, водных путей и гидротехнических сооружений; Сибирский государственный университет водного транспорта; vera-shamova@rambler.ru

Vera V. Shamova — Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor; Professor of the Department of Construction Industry, Waterways and Hydraulic Structures; Siberian State University of Water Transport; vera-shamova@rambler.ru

