

ИННОВАЦИОННЫЕ ПУТИ РАЗВИТИЯ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ И СООРУЖЕНИЙ

Научная статья

УДК 626.88

Выходной оголовок для рыбоходных и рыбоходно-нерестовых каналов с русло-пойменным поперечным очертанием

Алексей Викторович Шевченко¹, Виктор Николаевич Шкура²

^{1, 2}Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск,
Российская Федерация

¹rigge1111@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4839-6377>

²VNShkura@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4639-6448>

Аннотация. Цель: разработка компоновочно-конструктивного решения выходного (для рыб) оголовка полигонального поперечного сечения, формирующего благоприятные условия для перемещения и выхода рыб из трактов рыбоходных и рыбоходно-нерестовых каналов в речные русла. **Материалы и методы.** Основу исследования составили: данные о биологических основах поведения проходных, полупроходных и туводных видов рыб, совершающих нерестовые миграции; известные и авторские сведения о конструкциях выходных оголовков и рекомендации по их расчету и конструированию. **Результаты.** Проведен анализ известных конструкций выходных оголовков, устраиваемых в составе рыбопропускных каналов, и предложена схема их классификации. Обоснована целесообразность устройства, сформулированы требования и рекомендации по конструированию и разработано конструктивное решение выходного оголовка с русло-пойменной формой поперечного сечения. Оголовок выполнен расширяющимся в плане и включает русловую и симметрично расположенные пойменные части, дно которых расширяется в противоток течению. Дно центральной (русловой) части оголовка заглубляется до дна речного русла. Дно пойменных частей выполнено с нулевым уклоном, возвышающимся над дном реки. Геометрия выходного (для рыб) сечения принята из условия поддержания в нем скорости потока на уровне его среднего значения в реке. Конфигурация оголовка обеспечивает: адаптацию придонных (осетра, севрюги, судака, сазана и др.) и пелагических (шемаи, сельди и др.) рыб к гидрометрическим условиям их миграции в верхнем бьефе реки; восстановление рыбами затраченной при перемещении по тракту канала энергии (за счет системно снижающихся в направлении их выхода в реку скоростей течения). **Вывод.** Разработана схема классификации, сформулированы требования и положения по конструированию, и предложена конструкция выходного (для рыб) оголовка полигонального поперечного сечения, формирующего условия для отдыха и адаптации рыб к выходу из каналов в русла рек.

Ключевые слова: нерест рыб, миграция рыб, рыбоходный канал, рыбоходно-нерестовый канал, конструирование канала, выходной оголовок канала, адаптация рыб

Апробация результатов исследования: основные положения статьи доложены на научно-практической конференции «Инновационные пути развития мелиоративных систем и сооружений» (г. Новочеркасск, 5 сентября 2023 г.).

Для цитирования: Шевченко А. В., Шкура В. Н. Выходной оголовок для рыбоходных и рыбоходно-нерестовых каналов с русло-пойменным поперечным очертанием // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2023. Т. 91, № 3. С. 115–127.

INNOVATIVE WAYS OF DEVELOPING RECLAMATION SYSTEMS AND STRUCTURES

Original article

Outlet head for fish passage and fish passage and spawning channels with a channel-floodplain transverse profile

Alexey V. Shevchenko¹, Viktor N. Shkura²

^{1,2}Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk,
Russian Federation

¹rigge111@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4839-6377>

²VNShkura@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4639-6448>

Abstract. Purpose: to develop a layout and design solution for the outlet (for fish) head of a polygonal cross section, which forms favorable conditions for fish movement and exit from the tracts of fish passages and fish passage and spawning channels into riverbeds. **Materials and methods.** The basis of the study was: data on the biological basis of the behavior of anadromous, semi-anadromous and non-anadromous fish species that make spawning migrations; known and author's information about the designs of the output heads and recommendations for their calculation and design. **Results.** The analysis of the well-known designs of outlet heads, arranged as part of fish passage channels, was carried out, and the scheme for their classification was proposed. The expediency of the device is substantiated, the requirements and recommendations for design are formulated, and a constructive solution for the outlet head with a channel-floodplain transverse profile is developed. The outlet head is made expanding in plan and includes a channel and symmetrically located floodplain parts, the bottom of which expands against the current. The bottom of the central (river) part of the head is deepened to the bottom of the river channel. The bottom of the floodplain parts is made with a zero slope, rising above the riverbed. The geometry of the outlet (for fish) section is taken from the condition of maintaining the flow velocity in it at the level of its average value in the river. Head configuration provides: adaptation of demersal (sturgeon, stellate sturgeon, zander, carp, etc.) and pelagic (shemai, herring, etc.) fish to the hydrometric conditions of their migration in the upstream of the river; restoration of the energy expended by fish when moving along the canal tract (due to the systemically decreasing flow rates in the direction of their outlet into the river). **Conclusion.** A classification scheme has been developed, requirements and provisions for design have been formulated, and a design for the outlet (for fish) head of a polygonal cross-section, which forms conditions for fish rest and adaptation to the outlet from canals into river beds has been proposed.

Keywords: fish spawning, fish migration, fish passage, fish passage and spawning channel, channel design, channel outlet head, fish adaptation

Evaluation of the research results: the main provisions of the article were reported at the scientific and practical conference “Innovative ways of developing reclamation systems and structures” (Novocherkassk, September 5, 2023).

For citation: Shevchenko A. V., Shkura V. N. Outlet head for fish passage and fish passage and spawning channels with a channel-floodplain transverse profile. *Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture*. 2023;91(3):115–127. (In Russ.).

Введение. В зарегулированных реках пропуск рыб через водоподпорные и водосбросные сооружения гидроузлов осуществляется посредством устройства и использования рыбопропускных сооружений [1]. В сложив-

шейся рыбохозяйственной практике в качестве средств, обеспечивающих естественное воспроизводство речных рыбных запасов, широкое распространение получили рыбоходные и рыбоходно-нерестовые каналы [2, 3]. Многолетний опыт устройства, эксплуатации и исследований таких сооружений позволил установить основные направления совершенствования (оптимизации) их компоновочно-конструктивных решений, одним из которых является переход от каналов с трапецеидальной формой трактов к полигональной (русло-пойменной) [4]. В соответствии с данными, приведенными в работах А. А. Чистякова, В. Н. Шкуры, С. И. Алымова, Вл. Н. Шкуры [5, 6], русло-пойменная форма поперечного очертания трактов каналов создает необходимые гидравлические и пространственные условия для перемещения различных видов рыб с возможностью выбора ими наиболее приемлемых трасс, глубин и скоростей плавания в потоке. При этом одной из не решенных до настоящего времени задач является разработка выходного (для рыб) оголовка, конструкция которого адаптирована к устройству в каналах с полигональными трактами, что актуализирует проведение исследования и предопределяет его цель.

Цель исследования – разработка конструктивного решения выходного (для рыб) оголовка канала, характеризуемого русло-пойменным поперечным сечением.

Материалы и методы. Информационной основой для разработки конструкции выходного оголовка с полигональной формой сопрягающего канала послужили данные исследований биологических основ поведения рыб, мигрирующих на нерест по рыбопропускным сооружениям [7]. При определении конструктивных параметров и гидравлических характеристик верхового оголовка применялись общепринятые методики конструирования гидротехнических сооружений [8] и авторская методика расчета [9].

Результаты и их обсуждение. Выходные (для рыб) оголовки, или «верховые участки», обеспечивают подвод водных масс к головным регу-

лирующим сооружениям каналов и выпуск рыб из их трактов в верхние бьефы речных русел [1].

Известны разработки в области компоновочно-конструктивных решений выходных оголовков, приведенные в источниках авторства Вл. Н. Шкуры, А. Н. Дроботова, А. А. Чистякова, J. L. Brito-Santos, A. B. M. Baki, Y. Hui, Z. N. Zhai и др. [2, 3, 6, 9, 10–14], научно-технический анализ которых позволил установить отсутствие единого подхода специалистов к их конструированию и выделить ряд характерных недостатков, среди которых: эквивалентный скоростной режим в оголовке и тракте канала, возвышение дна выходных оголовков над дном речных русел, отсутствие условий для адаптации рыб к пространственным и скоростным условиям речного потока. Установленные недостатки конструкций приводят к отклонению рыб от трассы их перемещения и скату их стай к гидроузлу.

В рассмотренных конструкциях профилактика ската рыб в направлении, обратном их миграционному перемещению, осуществляется: воздействием на биологические рецепторы рыбных особей (созданием световых, акустических, эхолокационных эффектов, стимулирующих рыб к движению по направлению миграции в реке); устройством и использованием рыбонаправляющих технических средств (донных порогов, уступов, стенок и их комбинаций); расположением оголовка под углом к потоку реки.

Отметим, что недостатками устройства рыбонаправляющих элементов и технических средств, оказывающих воздействие на биологические рецепторы рыбных особей, являются: их расположение за пределами канала; кратковременность воздействия на организмы рыб (за период которого особи не успевают перестроиться к новым для них условиям перемещения в реке); дороговизна и трудоемкость строительных работ; отсутствие автономности работы канала; необходимость организации охраны объекта.

Одним из способов предотвращения ската рыб в направлении, обратном их миграционному перемещению, является адаптация особей к гидро-

метрическим условиям их плавания по руслу реки в пределах акватории оголовка, по выходе из которого организмы рыб приспособлены к новой для них среде обитания, что предопределяет сохранение направления их движения к нерестилищам. Указанное исключает потребность в использовании вспомогательных технических средств, что значительно снижает материалоемкость конструкции выходного оголовка и упрощает его эксплуатацию.

По результатам проведенного анализа разработана схема классификации выходных (для рыб) оголовков рыбоходных и рыбоходно-нерестовых каналов (рисунок 1).

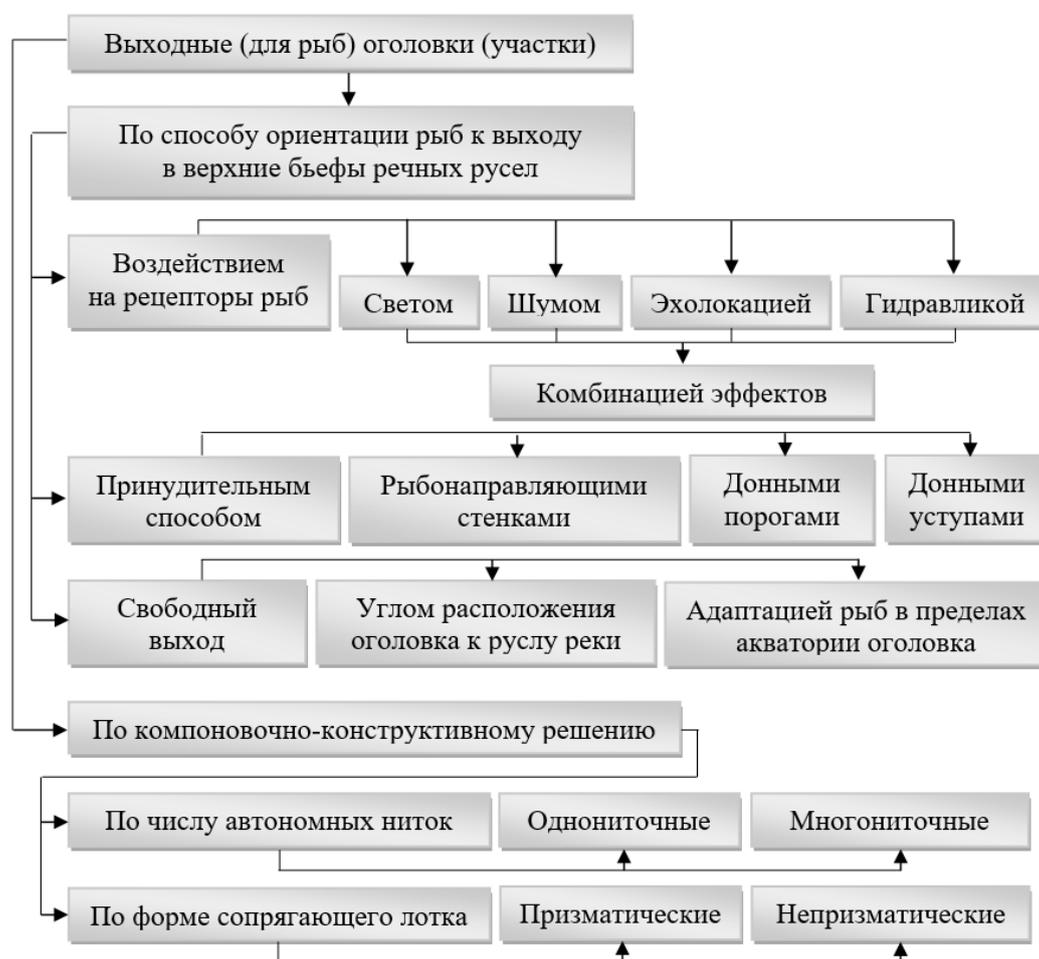


Рисунок 1 – Схема классификации выходных (для рыб) оголовков каналов

Figure 1 – Classification scheme of outlet channel heads (for fish)

Компоновочно-конструктивное решение и гидрометрические параметры проектируемого оголовка должны соответствовать биологическим

особенностям перемещения (по глубинам, скоростям, траекториям) пропускаемых по их акватории рыб и обеспечивать системное привыкание (адаптацию) рыбных стад к резко изменяющимся (скоростным, пространственным, температурным, барометрическим и др.) параметрам речного потока. Обеспечению наибольшего разнообразия пространственно-скоростных условий перемещения рыб отвечает конструкция выходного оголовка, характеризуемого русло-пойменной формой поперечного сечения (очертания), сконструированного в соответствии с нижеследующими требованиями и рекомендациями.

1 Протяженность выходного оголовка принимается от 80,0 до 150,0 м (в зависимости от длины и габаритов рыбоходного (рыбоходно-нерестового) канала, условий производства строительных работ и других параметров и ограничений по местности).

2 Гидравлические и конструктивные параметры (средняя по сечению скорость, глубины и ширины по дну руслового и пойменных отсеков, заложение их откосов, размер фракций материала крепления дна и откосов и др.) верхового (для потока) и низового (для рыб) сечения оголовка принимаются исходя из параметров тракта канала (чаще соответствующими таковым) в сечении, прилегающем к головному регулятору.

3 Технические характеристики верхового (для рыб) и низового (для потока) сечения устанавливаются по результатам топографической съемки (фиксации характера рельефа речного дна и глубин) и исследований скоростей течений на приканальном участке русла реки. При этом должно соблюдаться условие выдерживания в указанном сечении осредненных скоростей течения по прилегающему участку речного русла.

4 Дно русловой (центральной) части оголовка должно выполняться расширяющимся в плане и заглубляющимся до дна верхнего бьефа гидроузла в связи с необходимостью формирования в его русле условий для адаптации придонных видов рыб (осетра, севрюги, белуги, судака, сазана,

рыбца и др.) к дальнейшему их плаванию (миграции) в реке. С целью нейтрализации заиления оголовка речными наносами дно его центральной части должно возвышаться над дном реки на величину 0,5–0,7 м.

5 Значение продольного уклона дна русла оголовка определяется перепадом отметок дна в створах его сопряжения с головным регулятором и руслом реки.

6 Дно пойменных участков (ввиду пропуска по нему пелагических рыб или особей, мигрирующих на нерест в средних и поверхностных слоях потока: сельди, шемаи и др.) устраивается с нулевым уклоном, расширяющимся по направлению перемещения рыб. Для обеспечения достаточных по биологическим потребностям рыб размеров жизненного пространства ширина дна пойменного участка оголовка во входном и выходном (для потока) сечениях принимается из расчета 40–50 % ширины дна русла.

7 Дно и откосы выходного (для рыб) оголовка крепятся по длине насыпью крупного камня, предотвращающей их размыв и деформацию поперечного сечения потоком. Участок дна оголовка у головного регулятора протяженностью 10,0–15,0 м, подвергающийся наибольшему размыву со стороны набирающего скорость потока, может быть дополнительно закреплён посредством устройства каменно-набросной призмы.

8 Первичный конструктивно-гидравлический расчет выходного оголовка может быть осуществлен в соответствии с последовательностью и рекомендациями, приведенными в авторской методике [9], основанной на допущении об установившемся и равномерном движении потока. Более точные данные о характере распределения скоростей по длине выходного участка могут быть получены при использовании интегральных методов Н. Н. Павловского и Б. А. Бахметева и (или) метода конечных разностей В. И. Чарномского, учитывающих неравномерное движение потока воды в оголовке [8].

9 При конструировании выходных оголовков заложение их русловых

и пойменных откосов может приниматься переходного (по длине тракта сооружения) типа.

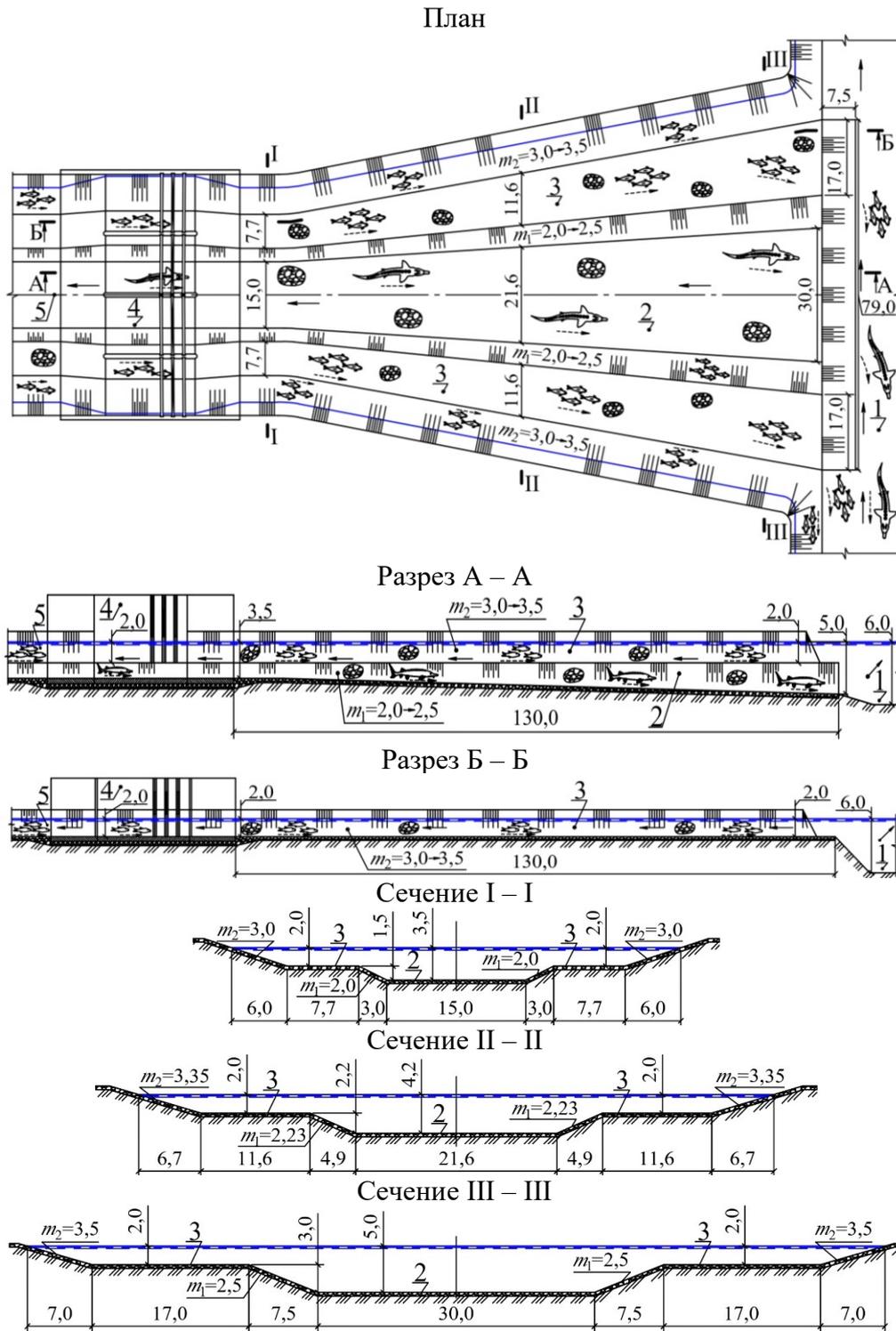
10 Расположение оголовка относительно оси речного русла (его береговой линии) осуществляется под углом, значения которого варьируются от 35,0 до 45,0°.

11 Компоновку полигональных выходных оголовков рекомендуется осуществлять с использованием соответствующих форме их поперечного сечения конструкций головных регуляторов, авторские предложения по которым нашли отражение в нашей предыдущей публикации [15].

До настоящего времени приведенные рекомендации не реализованы на практике. С целью их апробации разработан вариант компоновочно-конструктивного решения выходного (для рыб) и входного (для потока) оголовка, приведенный на рисунке 2.

За счет принятой конфигурации и гидравлических параметров конструкции верхового участка канала обеспечивается: формирование необходимых условий для перемещения рыб в соответствии с трассами их плавания в тракте канала; их акклиматизация к скоростному режиму речного потока в процессе движения рыб по акватории оголовка к реке (за счет системно увеличивающейся скорости потока в направлении, противоположном перемещению рыбных стад); условия для отдыха рыб (в частности, для видов, траектория плавания которых проходит по центрально-русловой части тракта канала с наиболее высоким (и энергетически затратным) скоростным режимом).

Компоновочно-конструктивное решение выходного оголовка по рисунку 2 может быть принято за основу при разработке проектов новых и реконструкции действующих рыбоходных и рыбоходно-нерестовых каналов, устраиваемых при речных гидроузлах. Например, в проектах по устройству и реконструкции каналов при Кочетовском (на р. Дон), Федоровском (на р. Кубань) и Каргалинском (на р. Терек) гидроузлах.



m_1, m_2 – заложение откосов в русле и поймах выходного (для рыб) оголовка;
 1 – верхний бьеф русла реки; 2, 3 – русловая и пойменные части выходного (для рыб) оголовка; 4 – полигональный головной регулятор; 5 – тракт рыбопропускного канала
 m_1, m_2 – slope grading in the channel and floodplains of outlet channel heads (for fish);
 1 – upstream of the riverbed; 2, 3 – channel and floodplain parts of the outlet head (for fish);
 4 – polygonal head regulator; 5 – fish passage channel tract

**Рисунок 2 – Конструктивное решение полигонального
 выходного оголовка канала**

Figure 2 – Structural solution of the polygonal outlet channel head

Выводы

1 Проведен анализ известных конструкций выходных оголовков рыбоходных и рыбоходно-нерестовых каналов, и предложена схема их классификации.

2 Сформулированы требования и рекомендации по разработке конструкций выходных оголовков полигонального сечения, обеспечивающих благоприятные условия для выхода и адаптации рыб к гидрометрии верхнего бьефа зарегулированной реки.

3 Предложено конструктивное решение выходного оголовка канала, соответствующее разработанным требованиям и рекомендациям по проектированию.

Список источников

1. Шкура В. Н. Рыбопропускные сооружения. В 2 ч. Ч. 1. М.: Рома, 1999. 729 с.
2. Шкура Вл. Н., Дроботов А. Н. Рыбоходные и рыбоходно-нерестовые каналы: монография / Новочеркас. инж.-мелиоратив. ин-т ДГАУ. Новочеркасск: Лик, 2012. 204 с.
3. Чистяков А. А. Конструкции рыбоходных и рыбоходно-нерестовых каналов: учеб. пособие. Новочеркасск, 2004. 150 с.
4. Рыбоходно-нерестовый канал «русло – пойма» / М. А. Скоробогатов, А. И. Лупандин, Е. С. Горбашева, А. П. Решетов // Охрана и возобновление гидрофлоры и ихтиофауны. Новочеркасск: НГМА, 2001. С. 100–104.
5. Пат. 2274702 Российская Федерация, МПК Е 02 В 8/06, Е 02 В 8/08. Способ гашения кинетической энергии водного потока в рыбоходно-нерестовом канале и рыбоходно-нерестовый канал, его осуществляющий / Чистяков А. А., Шкура В. Н., Алымов С. И.; патентообладатель Новочеркас. гос. мелиоратив. акад. № 2004135132/03; заявл. 01.12.04; опубл. 20.04.06, Бюл. № 11. 20 с.
6. Шкура Вл. Н. Рыбоводные мелиорации малых и средних степных рек (обоснование путей и средств их реализации): монография. Новочеркас. инж.-мелиоратив. ин-т ДГАУ. Новочеркасск, 2015. 197 с.
7. Павлов Д. С. Биологические основы управления поведением рыб в потоке воды. М.: Наука, 1979. 319 с.
8. Гидротехнические сооружения / Г. В. Железняков, Ю. А. Ибад-заде, П. Л. Иванов, А. М. Латышенков, В. П. Недрига, А. С. Образовский, Д. Я. Раткович, Н. П. Розанов, В. С. Шайтан, А. Е. Асарин, В. В. Буренкова, И. А. Васильева, В. Г. Дианов, Г. М. Каганов, И. С. Клейн, Т. В. Колесникова, А. М. Мотинов, В. М. Павилонский, Г. И. Покровский, Н. Н. Розанов, В. И. Титова, С. А. Березинский, В. С. Забавин; под общ. ред. В. П. Недриги. М.: Стройиздат, 1983. 543 с.
9. Шевченко А. В., Шкура В. Н. Расчет и проектирование выходных участков (оголовков) рыбоходных и рыбоходно-нерестовых каналов // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2023. № 1(89). С. 159–169.
10. Пат. 2262569 Российская Федерация, МПК Е 02 В 8/08. Рыбоходно-нересто-

вый канал / Чистяков А. А., Шкура В. Н. № 2004108541/03; заявл. 22.03.04; опубл. 20.10.05, Бюл. № 29. 24 с.

11. Fishway in hydropower dams: a scientometric analysis / J. L. Brito-Santos, K. Dias-Silva, L. S. Brasil, J. B. da Silva, A. M. Santos, L. M. de Sousa, T. B. Vieira // *Environmental Monitoring and Assessment*. 2021, 28 Oct. Vol. 193. P. 1–17. <https://doi.org/10.1007/s10661-021-09360-z>.

12. Baki A. B. M., Azimi A. H. Hydraulics and design of fishways II: vertical-slot and rock-weir fishways // *Journal of Ecohydraulics*. 2021. P. 1–13. DOI: 10.1080/24705357.2021.1981780.

13. Study on the population and effect of fish passing through the fishway in Cao'e River Gate / Y. Hui, B. Fuqing, C. Xinchuang, C. Xinsheng, S. Yueshu, W. Rong // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2020. Vol. 510. 042013. P. 1–10. DOI: 10.1088/1755-1315/510/4/042013.

14. Zhai Z. N., Wang Y. Research development in measures for downstream migration of fish through dams // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2018. Vol. 191. 012026. P. 1–6. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/191/1/012026>.

15. Шевченко А. В., Шкура В. Н. Головные регуляторы для рыбоходных (рыбоходно-нерестовых) каналов с полигональным поперечным сечением тракта // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2023. № 2(90). С. 67–74.

References

1. Shkura V.N., 1999. *Rybopropusknyye sooruzheniya* [Fish Passage Structures]. In 2 parts, pt. 1, Moscow, Roma Publ., 729 p. (In Russian).

2. Shkura V.I.N., Drobotov A.N., 2012. *Rybokhodnye i rybokhodno-nerestovyye kanaly: monografiya* [Fish Passage and Fish Passage Spawning Channels: monograph]. Novocheerkassk Engineering and Land Reclamation Institute of Don State Agrarian University, Novocheerkassk, Lik Publ., 204 p. (In Russian).

3. Chistyakov A.A., 2004. *Konstruktssii rybokhodnykh i rybokhodno-nerestovykh kanalov: ucheb. posobie* [Designs of Fish Pass and Fish Passage and Spawning Channels: text-book]. Novocheerkassk State Land Reclamation Academy, Novocheerkassk, 150 p. (In Russian).

4. Skorobogatov M.A., Lupandin A.I., Gorbashева E.S., Reshetov A.P., 2001. *Rybokhodno-nerestovyy kanal "ruslo – poyma"* [Fish passage and spawning canal "channel-floodplain"]. *Okhrana i vozobnovlenie gidroflory i ikhtiofauny* [Protection and Renewal of Hydroflora and Ichthyofauna]. Novocheerkassk, NGMA, pp. 100-104. (In Russian).

5. Chistyakov A.A., Shkura V.N., Alymov S.I., 2006. *Sposob gasheniya kineticheskoy energii vodnogo potoka v rybokhodno-nerestovom kanale i rybokhodno-nerestovyy kanal, ego osushchestvlyayushchiy* [Method for Kinetic Flow Energy Dissipation in Fish Passing and Spawning Channel and Fish Passing and Spawning Channel that Implements It]. Patent RF, no. 2274702. (In Russian).

6. Shkura V.I.N., 2015. *Rybovodnye melioratsii malykh i srednikh stepnykh rek (obosnovanie putey i sredstv ikh realizatsii): monografiya* [Fish-Growing Reclamation of Minor and Medium Sized Steppe Rivers (Substantiation of Ways and Means of Their Implementation): monograph]. Novocheerkassk Engineering and Land Reclamation Institute of Don State Agrarian University, Novocheerkassk, 197 p. (In Russian).

7. Pavlov D.S., 1979. *Biologicheskie osnovy upravleniya povedeniem ryb v potoke vody* [Biological Bases of Fish Behavior Control in Water Flow]. Moscow, Nauka Publ., 319 p. (In Russian).

8. Zheleznyakov G.V., Ibadzade Yu.A., Ivanov P.L., Latyshenkov A.M., Nedriga V.P., Obrazovsky A.S., Ratkovich D.Ya., Rozanov N.P., Shaitan V.S., Asarin A.E., Burenkova V.V., Vasilyeva I.A., Dianov V.G., Kaganov G.M., Klein I.S., Kolesnikova T.V., Moti-

nov A.M., Pavilonsky V.M., Pokrovsky G.I., Rozanov N.N., Titova V.I., Berezinsky S.A., Zabavin V.S., 1983. *Gidrotekhnicheskie sooruzheniya* [Waterworks]. Moscow, Stroyizdat Publ., 543 p. (In Russian).

9. Shevchenko A.V., Shkura V.N., 2023. *Raschet i konstruirovaniye vykhodnykh uchastkov (ogolovkov) rybokhodnykh i rybokhodno-nerestovykh kanalov* [Calculation and design of exit sections (heads) of fish passage and fish passage and spawning canals]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture], no. 1(89), pp. 159-169. (In Russian).

10. Chistyakov A.A., Shkura V.N., 2005. *Rybokhodno-nerestovyy kanal* [Fish Passage and Spawning Channel]. Patent RF, no. 2262569. (In Russian).

11. Brito-Santos J.L., Dias-Silva K., Brasil L.S., da Silva J.B., Santos A.M., de Sousa L.M., Vieira T.B., 2021. Fishway in hydropower dams: a scientometric analysis. *Environmental Monitoring and Assessment*, 28 Oct., vol. 193, pp. 1-17, <https://doi.org/10.1007/s10661-021-09360-z>.

12. Baki A.B.M., Azimi A.H., 2021. Hydraulics and design of fishways II: vertical-slot and rock-weir fishways. *Journal of Ecohydraulics*, pp. 1-13, DOI: 10.1080/24705357.2021.1981780.

13. Hui Y., Fuqing B., Xinchuang C., Xincheng C., Yueshu S., Rong W., 2020. Study on the population and effect of fish passing through the fishway in Cao'e River Gate. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 510, 042013, pp. 1-10, DOI: 10.1088/1755-1315/510/4/042013.

14. Zhai Z.N., Wang Y., 2018. Research development in measures for downstream migration of fish through dams. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 191, 012026, pp. 1-6, <https://doi.org/10.1088/1755-1315/191/1/012026>.

15. Shevchenko A.V., Shkura V.N., 2023. *Golovnye regulatory dlya rybokhodnykh (rybokhodno-nerestovykh) kanalov s poligonal'nyim poperechnym secheniem trakta* [Head regulators for fish-passing (fish-passage and spawning) channels with a conduit polygonal cross-section]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture], no. 2(90), pp. 67-74. (In Russian).

Информация об авторах

А. В. Шевченко – младший научный сотрудник, аспирант, Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация, rigge1111@mail.ru, AuthorID: 1027431, <https://orcid.org/0000-0003-4839-6377>;

В. Н. Шкура – ведущий научный сотрудник, кандидат технических наук, профессор, Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация, VNShkura@yandex.ru, AuthorID: 734199, <https://orcid.org/0000-0002-4639-6448>.

Information about the authors

A. V. Shevchenko – Junior Researcher, Postgraduate Student, Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novochoerkassk, Russian Federation, rigge1111@mail.ru, AuthorID: 1027431, <https://orcid.org/0000-0003-4839-6377>;

V. N. Shkura – Leading Researcher, Candidate of Technical Sciences, Professor, Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novochoerkassk, Russian Federation, VNShkura@yandex.ru, AuthorID: 734199, <https://orcid.org/0000-0002-4639-6448>.

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.

Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2023. Т. 91, № 3. С. 115–127.
Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture. 2023. Vol. 91, no. 3. P. 115–127.

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare no conflicts of interests.*

*Статья поступила в редакцию 23.08.2023; одобрена после рецензирования 30.08.2023;
принята к публикации 06.09.2023.
The article was submitted 23.08.2023; approved after reviewing 30.08.2023; accepted for
publication 06.09.2023.*