

## АКТУАЛЬНЫЕ НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ МЕЛИОРАЦИИ

Научная статья  
УДК 626.88

### Нерестовые устройства пригидроузловых рыбоходно-нерестовых каналов

**Алексей Викторович Шевченко**

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск,  
Российская Федерация, rigge1111@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4839-6377>

**Аннотация.** **Цель:** разработка технических решений устройств для нереста рыб в трактах пригидроузловых рыбоходно-нерестовых каналов. **Материалы и методы.** Основу разработок составили материалы известных исследований природных и искусственных нерестилищ для рыб, позволяющие установить основные требования к конструктивным решениям нерестовых устройств, к условиям их создания и функционирования в рыбоходно-нерестовых каналах. При разработке нерестовых устройств использовались технологии поискового конструирования. **Результаты.** Предложено три технических решения мобильных нерестовых устройств с их размещением на откосах каналов и в поперечных сечениях их трактов. Откосные нерестилища представляют собой гибкое полотно с закрепленным нерестовым субстратом – искусственной растительностью для фитофильных рыб или шероховатыми элементами, имитирующими каменно-галечниковое покрытие, являющееся субстратом для нереста литофилов. Конструкция предусматривает возможность укладки полотна на определенных участках откосов канала с соответствующими скоростями и глубинами потока на период нереста определенного вида рыб и его удаления по его окончании. Поперекрусловые нерестилища для фитофилов представляют собой тросовую систему с прикрепленной к ней искусственной растительностью с возможностью ее погружения в водный поток. Несущий трос устройства закрепляется на опоре одного откоса и барабане лебедки, устанавливаемой на противоположном откосе канала с возможностью регулирования его положения, установки и съема. Разработанные конструкции обеспечивают условия для откладывания производителями рыб икры, ее оплодотворения и выклева. Простота и гибкость конструкций позволяют адаптировать их к различным условиям функционирования каналов. Конструкции имеют перспективы широкого применения и дальнейшего совершенствования. **Вывод.** Предложены конструкции нерестовых устройств откосного и руслового размещения в трактах рыбоходно-нерестовых каналов, обеспечивающие условия для нереста рыб.

**Ключевые слова:** речные гидроузлы, рыбоходно-нерестовые каналы, искусственные нерестилища, нерестовые устройства, нерестовый субстрат, нерест рыб

**Апробация результатов исследования:** основные положения статьи доложены на Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых и специалистов «Актуальные научные исследования в области мелиорации» (г. Новочеркасск, 31 мая 2024 г.).

**Для цитирования:** Шевченко А. В. Нерестовые устройства пригидроузловых рыбоходно-нерестовых каналов // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2024. Т. 93, № 2. С. 221–236.

## CURRENT SCIENTIFIC RESEARCH IN THE FIELD OF LAND RECLAMATION

Original article

### **Spawning facility of fish passage and spawning channels near waterworks**

**Alexey V. Shevchenko**

Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk,  
Russian Federation, rigge111@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4839-6377>

**Abstract. Purpose:** to develop engineering solutions of facilities for fish spawning in the tracts of the near waterworks fish passage and spawning channels. **Materials and methods.** The developments were based on materials from well-known studies of natural and artificial spawning grounds for fish, which made it possible to establish the basic requirements for the design solutions of spawning facilities, for the conditions of their creation and functioning in fish passage and spawning channels. When developing spawning devices, search design technologies were used. **Results.** Three technical solutions for mobile spawning devices with their placement on channel slopes and in the cross sections of their tracts have been proposed. Slope spawning grounds are a flexible canvas with a fixed spawning substrate – artificial vegetation for phytophilous fish or rough elements imitating a stone-pebble coating, which is a substrate for the spawning of lithophiles. The design provides for the possibility of laying the canvas in certain areas of the channel slopes with appropriate flow rates and depths for the period of spawning of a certain species of fish and its removal at its end. Cross-channel spawning grounds for phytophiles are a cable system with artificial vegetation attached to it with the possibility of its immersion in the water flow. The supporting cable of the device is fixed to the support of one slope and the winch drum, installed on the opposite slope of the channel with the ability to regulate its position, installation and removal. The developed structures provide conditions for fish producers to lay eggs, fertilize them and hatch them. The simplicity and flexibility of the designs allow them to be adapted to various operating conditions of the channels. The designs have prospects for widespread use and further improvement. **Conclusion.** Designs of spawning facilities of slope and channel placement in the tracts of fish passage and spawning channels have been proposed, providing conditions for fish spawning.

**Keywords:** river waterworks, fish passage and spawning channels, artificial spawning grounds, spawning facilities, spawning substrate, fish spawning

**Evaluation of the research results:** the fundamental principles of the article were reported at the All-Russian Scientific and Practical Conference of Young Scientists and Specialists “Current Scientific Research in the Field of Land Reclamation” (Novocherkassk, May 31, 2024).

**For citation:** Shevchenko A. V. Spawning facility of fish passage and spawning channels near waterworks. *Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture*. 2024;93(2): 221–236. (In Russ.).

**Введение.** Одной из актуальных задач современного использования водных ресурсов рек, сток которых зарегулирован каскадами гидроузлов, является обеспечение условий для естественного воспроизводства проходных и полупроходных видов рыб. Одно из направлений решения указанной задачи – устройство в составе речных низконапорных гидроузлов ры-

боходно-нерестовых каналов [1–8], обеспечивающих условия для миграций и нереста рыб, что предусматривается соответствующими распоряжениями<sup>1, 2</sup>. Определенные требования и рекомендации, касающиеся условий нереста (преимущественно в естественных нерестилищах) различных видов проходных и полупроходных рыб, установлены и сформулированы ихтиологами С. И. Никоноровым [9], С. А. Власенко [10], Г. И. Карпенко [11], В. А. Битехтиной [12], J. J. Taylor [13] и др. Использование указанных рекомендаций позволило адаптировать их к условиям нереста рыб на искусственных нерестилищах, а инженерам – создать соответствующие требованиям рыб их технические решения. В определенной мере указанные разработки в этой области приведены в публикациях П. Н. Хорошко, А. Д. Власенко, Вл. Н. Шкуры [14–16]. При этом в меньшей степени изучены вопросы разработки компоновочно-конструктивных решений нерестовых устройств для условий их размещения и применения в рыбоходно-нерестовых каналах речных гидроузлов.

Цель исследования – разработка технических решений устройств для нереста рыб в трактах пригидроузловых рыбоходно-нерестовых каналов.

**Материалы и методы.** Основу исследования составили материалы известных ихтиологических и гидрологических исследований в области создания и использования искусственных нерестилищ в реках с зарегулированным гидроузлами стоком. При разработке конструкций нерестовых устройств использовались приемы поискового конструирования.

**Результаты и обсуждение.** Нерест рыб в акваториальном простран-

---

<sup>1</sup>Об утверждении плана мероприятий («дорожной карты») по оздоровлению и развитию водохозяйственного комплекса реки Дон [Электронный ресурс]: Распоряжение Правительства Рос. Федерации от 21 июля 2021 г. № 2012-р. Доступ из системы «Консультант Плюс».

<sup>2</sup>Об утверждении Стратегии развития агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов Российской Федерации на период до 2030 года [Электронный ресурс]: Распоряжение Правительства Рос. Федерации от 8 сент. 2022 г. № 2567-р. Доступ из системы «Консультант Плюс».

стве рыбоходно-нерестовых каналов может быть обеспечен при соответствующих определенному виду гидробионтов гидрометрических и физико-химических условиях водной среды и наличии нерестового субстрата, что подтверждается данными исследований [17]. Гидрометрические условия для нереста производителей рыб в трактах каналов определяются их биологическими потребностями в объеме жизненного пространства, глубинах и скоростном режиме водного потока. Физико-химические условия определяют температурный режим водной среды, показатели качества воды по кислороду и другие химические показатели. Нерестовым субстратом для фитофилов (леща, судака, тарани и др.) является растительность, а для литофилов (шемаи, рыбака, осетровых) – россыпи камней и гравия.

Требуемые для нереста рыб гидрометрические параметры потока в тракте канала обеспечиваются соответствующими расходно-скоростными характеристиками и его геометрией. Указанные требования могут обеспечиваться по всей длине канала или на отдельных его участках, которые и выбираются в качестве мест расположения нерестовых устройств.

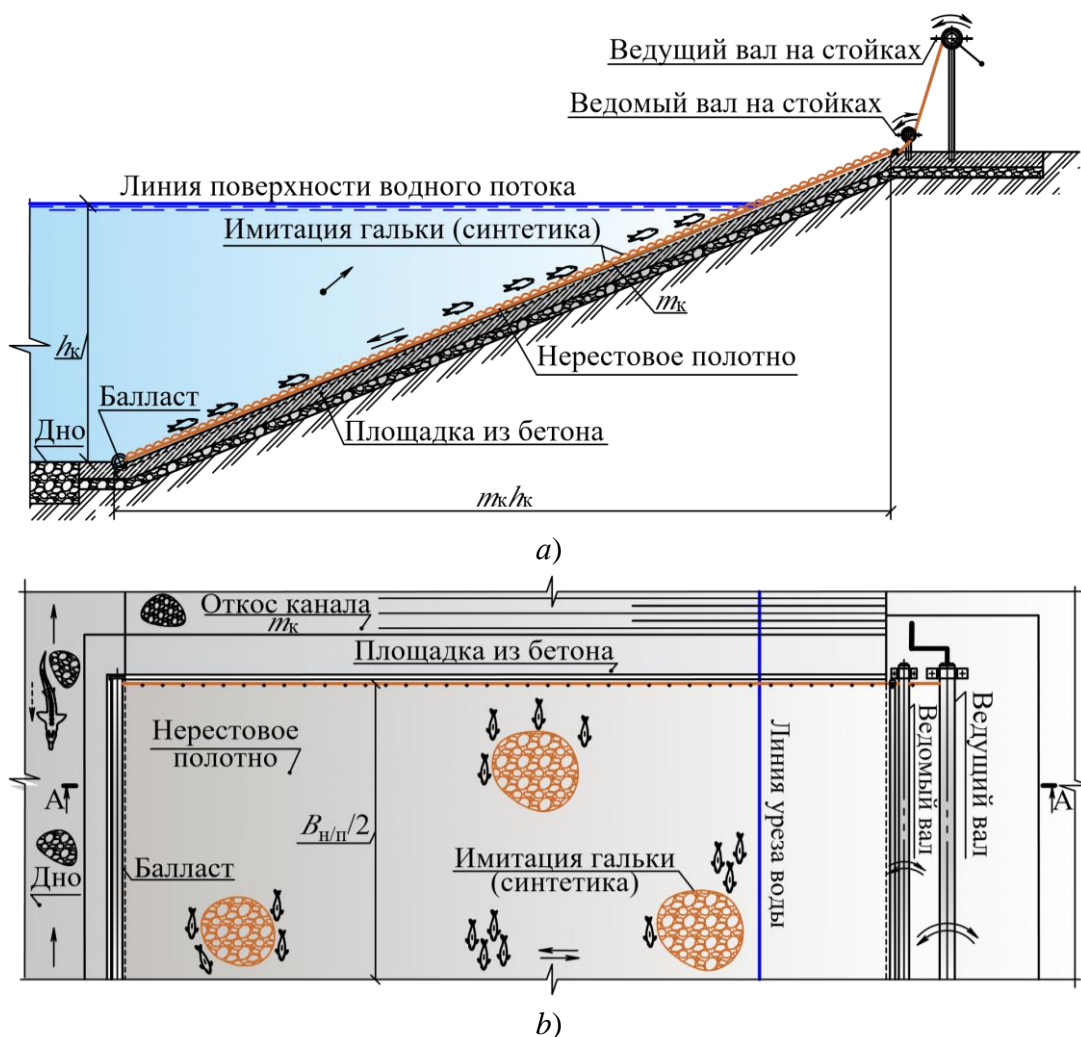
Один из существенных недостатков известных конструктивных решений искусственных нерестилищ – отсутствие возможности их оперативной очистки от засорений (при использовании в реках или каналах с обилием наносов или мусора), что снижает привлекательность нерестового субстрата для рыб и эффективность их применения.

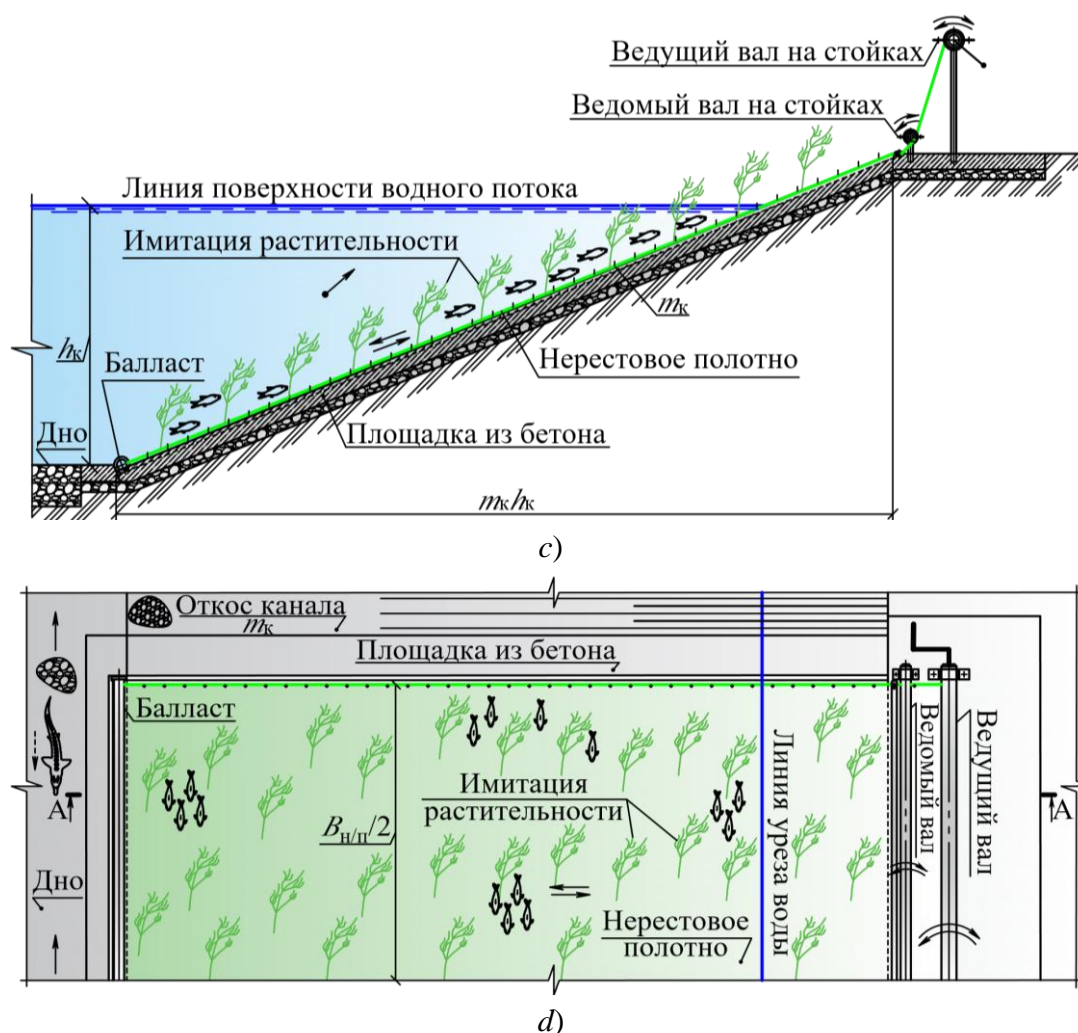
По расположению устройств для нереста рыб в трактах (на конструктивных элементах) рыбоходно-нерестовых каналов различают откосные нерестовые устройства и размещаемые поперек их русел.

Предлагаемые к использованию в каналах варианты конструкций откосных нерестовых устройств проиллюстрированы рисунком 1.

Нерестовые устройства по рисунку 1 представляют собой гибкое синтетическое полотно с закрепленным в его концевой части балластом, яв-

ляющимся тяговым элементом, который обеспечивает сматывание полотна с ведущего вала (барабана) подъемно-спускного механизма по откосу канала и его намотку обратно на барабан с целью очистки и (или) замены. На поверхности нерестового полотна, обращенной к водному потоку, закрепляется имитация нерестового субстрата. В зависимости от прогнозируемого к проходу и нересту вида рыб, поверхность полотна может быть покрыта имитацией гальки и (или) гравия (см. рисунки 1а и 1b) или имитацией водной растительности (см. рисунки 1с и 1d). Применение первого варианта субстрата предусматривает расширение нерестовых площадей в каналах для воспроизводства литофилов, второго – фитофилов. При этом в определенных ихтиологических условиях не исключаются и гибридные схемы компоновки полотна нерестовым субстратом по его рабочей поверхности.





*a, b* – продольный разрез А–А и полуплан нерестового устройства для литофилов;  
*c, d* – продольный разрез А–А и полуплан нерестового устройства для фитофилов;  
 $m_k$  – заложение откосов;  $h_k$  – глубина в канале, м;  $B_{н/п}$  – ширина нерестового полотна, м  
*a, b* – longitudinal section А–А and half-plan of the spawning facility for lithophiles;  
*c, d* – longitudinal section А–А and half-plan of the spawning facility for phytophiles;  
 $m_k$  – ratio of slopes;  $h_k$  – channel depth, m;  $B_{н/п}$  – spawning bed width, m

**Рисунок 1 – Откосное нерестовое устройство для литофилов и фитофилов**

**Figure 1 – Slope spawning facility for lithophiles and phytophiles**

Очистка нерестового полотна от засорений осуществляется переносным брандспойтом, посредством раскладки нерестового полотна в направлении, обратном верхней бровке канала, и промывки его под давлением. Периодичность очистки нерестового полотна прогнозируется в соответствии с известными методиками расчета скорости осаждения наносов в реках и линейных сооружениях, а также по результатам планового технического осмотра, осуществляемого службой эксплуатации канала.



Минимально возможная длина нерестового полотна  $L_{н/н}$  для данных условий его использования принимается в соответствии с зависимостью:

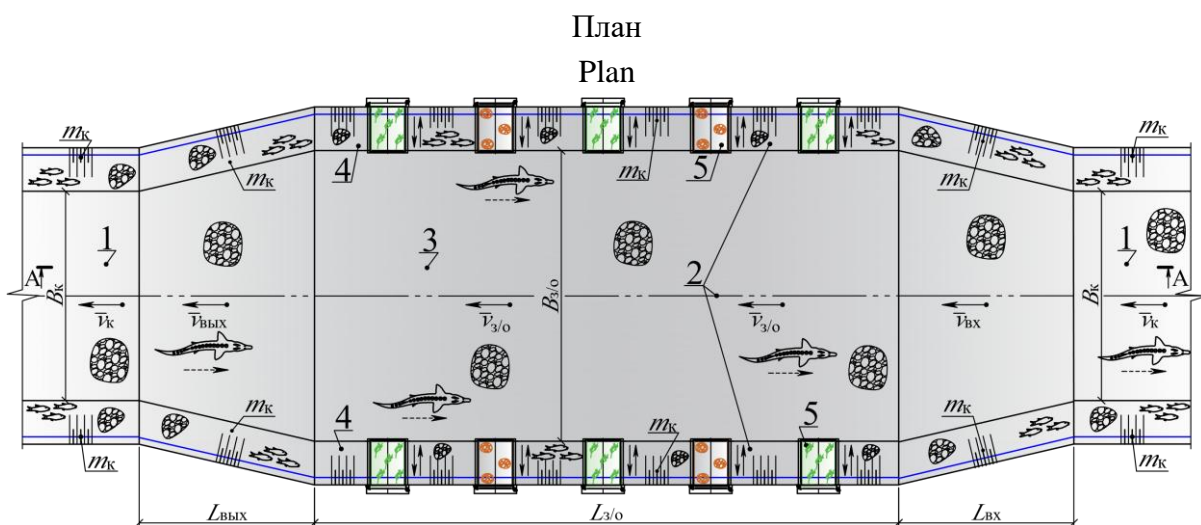
$$L_{н/н} = m_k h_k + \Delta_{н/н},$$

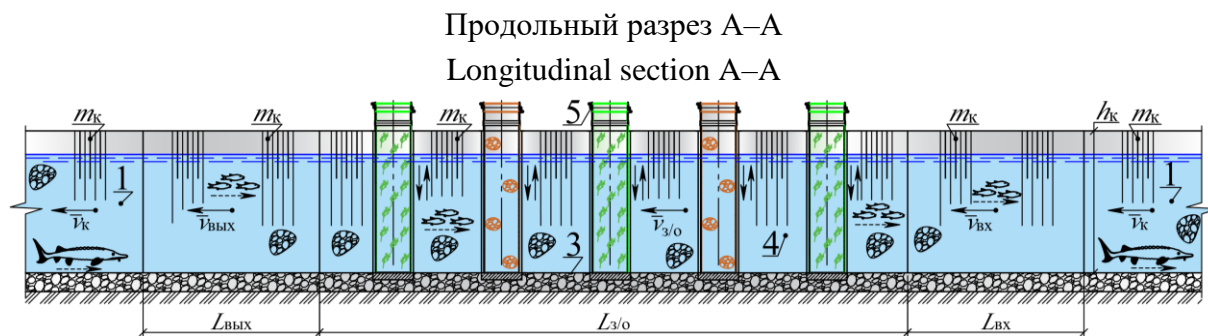
где  $\Delta_{н/н} = 1,5 \dots 2,0$  м – запас по протяженности нерестового полотна, принимаемый в зависимости от гидрологических условий эксплуатации рыбоходно-нерестового канала и размеров подъемного оборудования, м.

Ширина нерестового полотна ( $B_{н/н}$ , м) в общем случае принимается в соответствии с размерами канала, прогнозируемым количеством мигрирующих по нему рыб и рядом других технико-экономических факторов.

Масса балласта определяется из условия выдерживания нерестового полотна в статическом и натянутом (напряженном) состоянии, предотвращающем его смещение потоком воды и минимизирующем его поперечную пульсацию и колебания движущимся потоком воды.

Откосные нерестовые устройства в рыбоходно-нерестовых каналах рекомендуется располагать в зонах отдыха рыб, где сформированы необходимые гидрометрические и рыбоведческие условия для нереста лито- и фитофильных видов рыб. Одна из возможных и перспективных схем размещения нерестовых устройств в таких зонах для одновременного воспроизводства лито- и фитофилов проиллюстрирована рисунком 2.





$B_{з/о}$  – ширина зоны отдыха по дну, м;  $m_k$  – заложение откосов в зоне отдыха рыб;  
 $L_{з/о}$ ,  $L_{вых}$ ,  $L_{вх}$  – длина зоны отдыха, ее входного и выходного (для потока) участков, м;  
 $\bar{v}_k$  – средняя скорость течения в тракте канала, м/с;  $\bar{v}_{з/о}$ ,  $\bar{v}_{вх}$ ,  $\bar{v}_{вых}$  – средние скорости течения в зоне отдыха, на ее входных и выходных участках, м/с;  $I$  – тракт канала;  
 2, 3 – дно и откосы зоны отдыха рыб; 4, 5 – откосные нерестовые устройства для нереста литофильных и фитофильных видов рыб

$B_{z/o}$  – recreation area width along the bottom, m;  $m_k$  – ratio of slopes in the fish recreation area;  $L_{z/o}$ ,  $L_{out}$ ,  $L_{ent}$  – length of the recreation area, its inlet and outlet (for flow) sections, m;  
 $\bar{v}_k$  – average flow speed in the canal path, m/s;  $\bar{v}_{z/o}$ ,  $\bar{v}_{out}$ ,  $\bar{v}_{ent}$  – average current speeds in the recreation area, at its inlet and outlet sections, m/s;  $I$  – channel path;  
 2, 3 – bottom and slopes of the fish recreation area; 4, 5 – slope spawning facilities for spawning lithophilous and phytophilic fish species

**Рисунок 2 – Вариант обустройства зоны отдыха рыб нерестовыми устройствами**

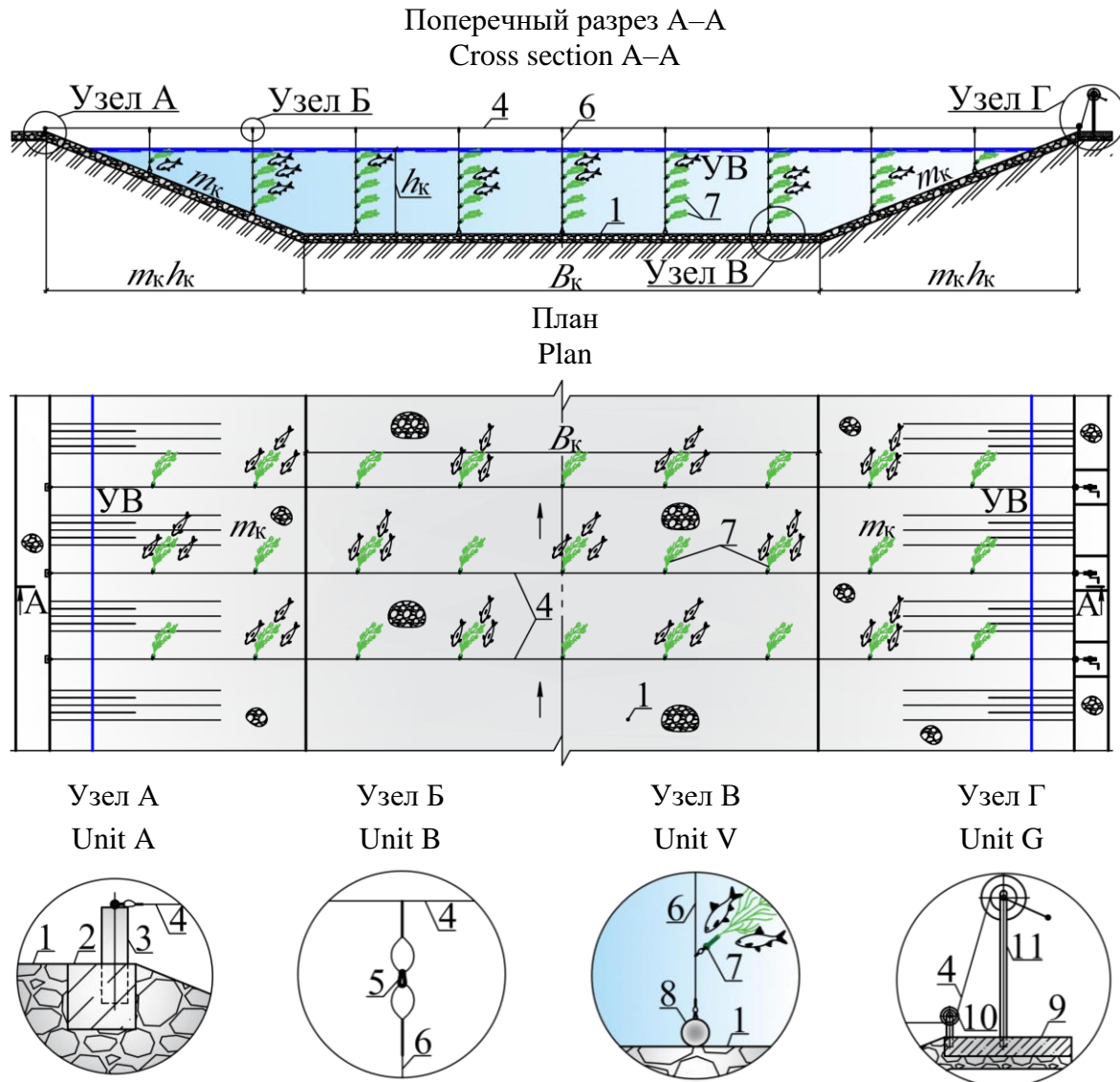
**Figure 2 – Option for arranging a fish recreation area spawning facility**

Предлагаемая конструкция устройства для нереста фитофильных видов мигрирующих рыб со съемными элементами нерестового субстрата, располагаемыми поперек русла канала, проиллюстрирована рисунком 3.

В соответствии с данными рисунка 3, поперекрусловое нерестовое устройство по существу представляет собой гибкий металлический трос, закрепляемый на бровках правого и левого откосов канала, с прикрепленными к нему участковыми тросами с концевыми грузами, выше которых закреплен съемный нерестовый субстрат для фитофильных видов рыб, выполненный из синтетических и (или) натуральных материалов.

Количество съемных элементов субстрата и расстояние между ними на участковой ветви определяются в соответствии с данными проекта рыбоводно-биологического обоснования устройства рыбоходно-нерестового канала, утвержденного специалистами рыбного хозяйства.





УВ – уровень воды, м;  $m_k$  – заложение откосов в тракте канала;  $B_k$  – ширина тракта канала по дну, м;  $h_k$  – глубина водного потока, м; 1 – тракт канала; 2, 9 – бетонная площадка; 3 – бетонный (металлический) столб; 4 – основной трос; 5 – карабин; 6 – участковый трос; 7 – искусственный нерестовый субстрат с концевым креплением; 8 – концевой груз; 10 – стойка с паразитным шкивом; 11 – стойка с ведущим шкивом

UV – water level, m;  $m_k$  – ratio of slopes in the channel tract;  $B_k$  – channel tract width along the bottom, m;  $h_k$  – water flow depth, m; 1 – channel tract; 2, 9 – concrete ground; 3 – concrete (metal) column; 4 – main cable; 5 – hook; 6 – sectional cable; 7 – artificial spawning substrate with end fastening; 8 – end load; 10 – stand with idler pulley; 11 – stand with drive pulley

**Рисунок 3 – Конструктивное решение нерестового устройства, размещаемого поперек русла канала**  
**Figure 3 – Design solution of a spawning facility placed across the channel bed**

Несущий трос с одной стороны канала закрепляется посредством петли на столбчатой опоре, а с другой стороны канала прикрепляется к ба-

рабану лебедки, размещаемой на верхней бровке откоса. При таком устройстве опорно-несущей части конструкции обеспечивается расположение и удерживание троса над поверхностью воды, возможность изменения высоты его расположения, натягивания, ослабления и удаления. Вышеуказанные положения несущего троса регулируются высотой его закрепления на опорных элементах и работой лебедки подъемника.

Нерестовые элементы предлагается выполнять в виде троса с закрепляемым на нем нерестовым субстратом – ветвями древесных или кустарниковых растений или искусственной растительностью и удерживающего его в водном потоке балласта, закрепляемого на его низовом конце. Верхние концы нерестовых элементов закрепляются на несущем тросе с определенным шагом между соседствующими элементами. Вид и размеры нерестового субстрата определяются биологическими потребностями его пользователей (рыб-фитофилов).

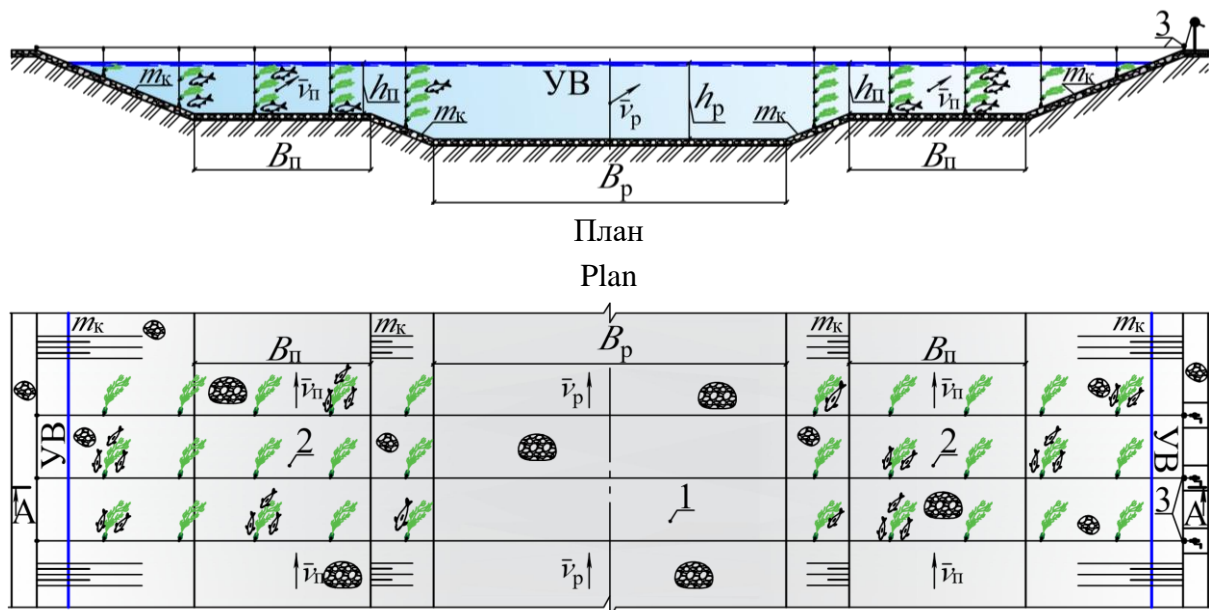
Параметры конструкции нерестового устройства принимаются в соответствии с размерами рыбоходно-нерестового канала – его шириной и глубиной водного потока. Места установки нерестового устройства по протяженности тракта канала определяются зонами соответствия скорости протекающего по нему потока значениям «нерестовых» скоростей определенного вида рыб, а количество устройств определяется с учетом требуемых нерестовых площадей («нерестовых гнезд»).

На малых и средних рыбоходно-нерестовых каналах с расходами  $Q_k = 5,0...25,0 \text{ м}^3/\text{с}$  и  $Q_k = 25,0...80,0 \text{ м}^3/\text{с}$  соответственно, с трапецеидальной формой поперечного сечения трактов тросовое нерестовое устройство располагается в пределах зоны отдыха рыб, где имеются соответствующие биологическим особенностям гидробионтов скоростные, глубинные и температурные условия для нереста рыб, оплодотворения икры и последующего развития репродукционного материала (личинок и мальков).

На крупных рыбоходно-нерестовых каналах с пропускаемыми рас-

ходами  $Q_k$  от 80,0 до 100,0 м<sup>3</sup>/с с полигональной («русло-пойменной») формой поперечного сечения тракта предлагаемая конструкция нерестового устройства размещается в пределах пойменных частей тракта, в соответствии с конструктивной схемой по рисунку 4.

Поперечный разрез А–А  
 Cross section A–A



УВ – уровень воды;  $B_p, B_n$  – ширина русла и поймы по дну поймы по дну, м;  
 $h_p, h_n$  – глубина в русле и пойме, м;  $\bar{v}_p, \bar{v}_n$  – средняя скорость потока в русловом и пойменном отсеках русла канала; 1 – русло; 2 – пойма;  
 3 – поперечное нерестовое устройство

UV – water level;  $B_r, B_p$  – channel and floodplain width along the bottom, m;  $h_r, h_p$  – channel and floodplain depth, m;  $\bar{v}_r, \bar{v}_p$  – average flow velocity in the channel and floodplain sections of the canal bed; 1 – channel; 2 – floodplain; 3 – transverse spawning device

**Рисунок 4 – Полигональное русло канала, обустроенное нерестовыми устройствами для фитофильных видов рыб**  
**Figure 4 – Polygonal channel bed, equipped with spawning facility for phytophilic fish species**

Указанная рекомендация в части размещения искусственного нерестового субстрата в пойменных отсеках канала обосновывается нижеследующими основными факторами: наибольшей вероятностью перемещения фитофильных рыб с более низкой плавательной способностью в поймах канала; меньшей скоростью течения в пойменных частях по сравнению с

русловой ( $\bar{v}_n < \bar{v}_p$ ); наличием завихрений в местах сопряжения руслового и пойменного потоков, обуславливающих большее обогащение икры, отложенной на субстрате, кислородом; значительно большей (по сравнению с русловым потоком) прогреваемостью водных масс.

Одной из задач, решаемых при компоновке и конструировании рыбоходно-нерестовых каналов с нерестовыми устройствами, является установление величины прироста и (или) уменьшения коэффициента шероховатости его русла, оказывающего влияние на скоростные параметры потока. Для условий размещения в канале откосных нерестовых устройств расчет коэффициента шероховатости на этих участках предлагается вести по методике и зависимостям, предложенным Ю. М. Косиченко, О. А. Баевым [18], а при использовании поперекрусловых устройств – в соответствии с рекомендациями Ю. М. Косиченко [19].

Разработки рекомендуются к внедрению в проекты создания и реконструкции каналов Кочетовского, Константиновского, Николаевского на р. Дон и Каргалинского гидроузла на р. Терек. Выбор объектов для внедрения и последующей опытной апробации нерестовых устройств обусловлен их целевым назначением в части использования в каналах с высоким уровнем прогнозной заиляемости русел и широким видовым разнообразием мигрирующих по ним производителей рыб, находящихся в состоянии зрелости репродукционных продуктов.

## **Выводы**

1 Анализ известных исследований и разработок в области ихтиологии и рыбохозяйственной гидротехники позволил установить возможность применения и перспективность разработки искусственных нерестилищ для пригидроузловых рыбоходно-нерестовых каналов.

2 Предложены конструкции мобильных нерестилищ, размещаемые на откосах и поперек трапецеидальных и полигональных русел рыбоходно-

нерестовых каналов, обеспечивающих условия для нереста фито- и литофильных видов рыб, даны предложения по их внедрению.

### Список источников

1. Шкура В. Н. Рыбопропускные сооружения: монография. В 2 ч. Ч. 1. М.: Рома, 1999. 729 с. EDN: VLUKJX.
2. Шкура Вл. Н., Дроботов А. Н. Рыбоходные и рыбоходно-нерестовые каналы / Новочеркас. гос. мелиоратив. акад. Новочеркасск: НГМА, 2012. 203 с. EDN: QMLXVV.
3. Боровской В. П., Гарбуз А. Ю., Баев О. А. Методика гидравлического расчета нерестового канала с разнофракционным гравийно-галечниковым покрытием русла // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2018. № 1(29). С. 233–248. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=923> (дата обращения: 22.04.2024). EDN: YOTSNF.
4. Введенский О. Г. Повышение эффективности работы рыбоходно-нерестовых каналов // Актуальные проблемы строительного и дорожного комплексов: материалы Междунар. науч.-техн. конф., посвящ. 50-летию Ин-та стр-ва и архитектуры ПГТУ. Йошкар-Ола, 2019. С. 266–273. EDN: ZMBVCSJ.
5. Мартыненко В. Н. Рыбоходный канал в составе гидроузла // Инженерные кадры – будущее инновационной экономики России. 2020. № 5. С. 150–152. EDN: XEFPTI.
6. Введенская С. Ю. Рыбоходный канал для плотины гидроузла // Инженерные кадры – будущее инновационной экономики России. 2022. № 1. С. 628–631. EDN: BYDWLO.
7. 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. 752. <https://doi.org/10.1007/s10661-021-09360-z>. EDN: YVELEM.
8. 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. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/191/1/012026>.
9. Никоноров С. И., Мальцев С. А., Моргунов С. В. Проблемы естественного нереста проходных осетровых и пути их решения // Рыбное хозяйство. 2001. № 5. С. 42–44.
10. Власенко С. А., Васильева Л. М., Астафьева С. С. Влияние гидрологического режима на эффективность естественного воспроизводства осетровых на Нижней Волге // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2016. № 5(13). С. 54–59. EDN: XXEMNT.
11. Ретроспективный анализ исследовательских работ по воспроизводству рыбака и шемаи (1930–2015 гг.): науч. изд. / Г. И. Карпенко, Е. В. Переверзева, Г. В. Головкин, Л. И. Зипельт. Ростов н/Д.: АзНИИРХ, 2017. 286 с. EDN: ZNEAUD.
12. Битехтина В. А., Труфанова З. А. Разведение рыбака и шемаи на искусственных нерестилищах // Рыбное хозяйство. 1969. № 1. С. 18–20.
13. The effectiveness of spawning habitat creation or enhancement for substrate-spawning temperate fish: a systematic review / J. J. Taylor, T. Rytwinski, J. R. Bennett, K. E. Smokorowski, N. W. R. Lapointe, R. Janusz, K. Clarke, B. Tonn, J. C. Walsh, S. J. Cooke // Environmental Evidence. 2019. Vol. 8. Article number: 31. <https://doi.org/10.1186/s13750-019-0162-6>.
14. Хорошко П. Н., Власенко А. Д. Гидростроительство и искусственные нерестилища осетровых рыб // Материалы научной сессии ЦНИОРХ, посвященной 100-летию осетроводства. Астрахань, 1969. С. 189–191.
15. Власенко А. Д. К вопросу об искусственных нерестилищах осетровых рыб

Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2024. Т. 93, № 2. С. 221–236.  
Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture. 2024. Vol. 93, no. 2. P. 221–236.

р. Кубани // Труды Всесоюзного научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии. 1974. Т. 102. С. 3–29.

16. 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. EDN: VNCHVF.

17. Шкура В. Н., Шевченко А. В. Рыбоходно-нерестовые каналы, как средство улучшения условий воспроизводства рыб на Нижнем Дону // Рыбное хозяйство. 2022. № 5. С. 82–87. DOI: 10.37663/0131-6184-2022-5-82-87. EDN: AIWWAW.

18. Косиченко Ю. М., Баев О. А. Расчет коэффициента шероховатости русел каналов с неоднородными участками // Природообустройство. 2020. № 3. С. 6–14. DOI: 10.26897/1997-6011-2020-3-6-14. EDN: UGUURG.

19. Косиченко Ю. М. Обобщение данных по шероховатости русел каналов в земляном русле и облицовке // Экология и водное хозяйство [Электронный ресурс]. 2020. № 2(05). С. 155–168. URL: <http://www.ecology-wm.ru/article-137.html?n=69> (дата обращения: 22.04.2024). <https://doi.org/10.31774/2658-7890-2020-2-155-168>. EDN: VYYGVM.

## References

1. Shkura V.N., 1999. *Rybopropusknye sooruzheniya: monografiya* [Fish Passage Structures: monograph]. In 2 parts, pt. 1, Moscow, Roma Publ., 729 p., EDN: VLUKJX. (In Russian).

2. Shkura V.I.N., Drobotov A.N., 2012. *Rybokhodnye i rybokhodno-nerestovye kanaly* [Fish Passage and Fish Passage-Spawning Channels]. NovoCherkassk State Reclamation Academy, NovoCherkassk, 203 p., EDN: QMLXVV. (In Russian).

3. Borovskoy V.P., Garbuz A.Yu., Baev O.A., 2018. [Hydraulic calculation methodology of spawning canal with differently fractured gravel-pebble-bed covering]. *Nauchnyy zhurnal Rossiyskogo NII problem melioratsii*, no. 1(29), pp. 233-248, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=923> [accessed 22.04.2024], EDN: YOTSNF. (In Russian).

4. Vvedensky O.G., 2019. *Povyshenie effektivnosti raboty rybokhodno-nerestovykh kanalov* [Increasing the efficiency of fish passage and spawning channels]. *Aktual'nye problemy stroitel'nogo i dorozhnogo kompleksov: materialy Mezhdunar. nauchno-tehnicheskoy konf., posvyashchennoy 50-letiyu Instituta stroitelstva i arkhitektury PGTU* [Current Problems of Construction and Road Complexes: Proc. of the International Scientific-Technical Conf., Dedicated to the 50<sup>th</sup> Anniversary of the Institute of Construction and Architecture of Perm State Technical University]. Yoshkar-Ola, pp. 266-273, EDN: ZMBBCJ. (In Russian).

5. Martynenko V.N., 2020. *Rybokhodnyy kanal v sostave gidrouzla* [Fish passage as part of a waterworks]. *Inzhenernye kadry – budushchee innovatsionnoy ekonomiki Rossii* [Engineering Personnel – the Future of the Innovative Economy of Russia], no. 5, pp. 150-152, EDN: XEFPTI. (In Russian).

6. Vvedenskaya S.Yu., 2022. *Rybokhodnyy kanal dlya plotiny gidrouzla* [Fish channel for a hydroelectric dam]. *Inzhenernye kadry – budushchee innovatsionnoy ekonomiki Rossii* [Engineering Personnel – the Future of the Innovative Economy of Russia], no. 1, pp. 628-631, EDN: BYDWLO. (In Russian).

7. 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, 752, <https://doi.org/10.1007/s10661-021-09360-z>, EDN: YVELEM.

8. 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, <https://doi.org/10.1088/1755-1315/191/1/012026>.

9. Nikonorov S.I., Maltsev S.A., Morgunov S.V., 2001. *Problemy yestestvennogo neresta prokhodnykh osetrovyykh i puti ikh resheniya* [Problems of natural spawning of anadromous sturgeon and ways to solve them]. *Rybnoe khozyaystvo* [Fisheries], no. 5, pp. 42-44. (In Russian).



10. Vlasenko S.A., Vasilyeva L.M., Astafieva S.S., 2016. *Vliyanie gidrologicheskogo rezhima na effektivnost' yestestvennogo vosproizvodstva osetrovyykh na Nizhney Volge* [Impact of hydrological regime on efficiency of natural reproduction of sturgeon in the Lower Volga]. *Tekhnologii pishchevoy i pererabatyvayushchey promyshlennosti APK – produkty zdorovogo pitaniya* [Technologies of Food and Processing Industry of the Agro-Industrial Complex – Healthy Food Products], no. 5(13), pp. 54-59, EDN: XXEMNT. (In Russian).

11. Karpenko G.I., Pereverzeva E.V., Golovko G.V., Ziepel L.I., 2017. *Retrospektivnyy analiz issledovatel'skikh rabot po vosproizvodstvu rybtsa i shemai (1930–2015 gg.): nauch. izd.* [Retrospective Analysis of Research Studies on the Vimba and Shemai Propagation (1930–2015): scientific ed.]. Rostov-on-Don, AzNIIRKh Publ., 286 p., EDN: ZHEAUD. (In Russian).

12. Bitekhtina V.A., Trufanova Z.A., 1969. *Razvedenie rybtsa i shemai na iskusstvennykh nerestilishchakh* [Spawning of vimba and shemai on artificial spawning grounds]. *Rybnoe khozyaystvo* [Fisheries], no. 1, pp. 18-20. (In Russian).

13. Taylor J.J., Rytwinski T., Bennett J.R., Smokorowski K.E., Lapointe N.W.R., Janusz R., Clarke K., Tonn B., Walsh J.C., Cooke S.J., 2019. The effectiveness of spawning habitat creation or enhancement for substrate-spawning temperate fish: a systematic review. *Environmental Evidence*, vol. 8, article number: 31, <https://doi.org/10.1186/s13750-019-0162-6>.

14. Khoroshko P.N., Vlasenko A.D., 1969. *Gidrostroitelstvo i iskusstvennye nerestilishcha osetrovyykh ryb* [Hydraulic construction and artificial spawning grounds for sturgeon fish]. *Materialy nauchnoy sessii TsNIORKh, posvyashchennoy 100-letiyu osetrovodstva* [Materials of the Scientific Session of the Central Research Institute of Sturgeon Farming, Dedicated to the 100<sup>th</sup> Anniversary of Sturgeon Farming]. Astrakhan, pp. 189-191. (In Russian).

15. Vlasenko A.D., 1974. *K voprosu ob iskusstvennykh nerestilishchakh osetrovyykh ryb r. Kubani* [On issue of sturgeon artificial spawning grounds on Kuban river]. *Trudy Vsesoyuznogo nauchno-issledovatel'skogo instituta morskogo rybnogo khozyaystva i okeanografii* [Proceedings of All-Union Scientific Research Institute of Marine Fisheries and Oceanography], vol. 102, pp. 3-29. (In Russian).

16. Shkura V.I.N., 2015. *Rybovodnye melioratsii malykh i srednikh stepnykh rek (obosnovanie putey i sredstv ikh realizatsii): monografiya* [Fish-Growing Land Reclamation of Minor and Medium-sized Steppe Rivers (Substantiation of Ways and Means of Their Implementation: monograph)]. Novochoerkassk Land Reclamation Engineering Institute of DSAU, Novochoerkassk, 197 p., EDN: VNCHVF. (In Russian).

17. Shkura V.N., Shevchenko A.V., 2022. *Rybokhodno-nerestovye kanaly, kak sredstvo uluchsheniya usloviy vosproizvodstva ryb na Nizhnem Donu* [Fish passage and spawning channels as a means of improving fish reproduction conditions on the Lower Don]. *Rybnoe khozyaystvo* [Fisheries], no. 5, pp. 82-87, DOI: 10.37663/0131-6184-2022-5-82-87, EDN: AIWWAW. (In Russian).

18. Kosichenko Yu.M., Baev O.A., 2020. *Raschet koeffitsienta sherokhovatosti rusel kanalov s neodnorodnymi uchastkami* [Calculation of roughness coefficients for channels with heterogeneous sections.]. *Prirodoobustroystvo* [Environmental Engineering], no. 3, pp. 6-14, DOI: 10.26897/1997-6011-2020-3-6-14, EDN: UGUURG. (In Russian).

19. Kosichenko Yu.M., 2020. [Integrating data on canal bed roughness in earthen channel and lining]. *Ekologiya i vodnoe khozyaystvo*, no. 2(05), pp. 155-168, available: <http://www.ecology-wm.ru/article-137.html?n=69> [accessed 22.04.2024], <https://doi.org/10.31774/2658-7890-2020-2-155-168>, EDN: VYYGVM. (In Russian).

---

#### **Информация об авторе**

**А. В. Шевченко** – младший научный сотрудник, Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация, [rigge1111@mail.ru](mailto:rigge1111@mail.ru), AuthorID: 1027431, ORCID ID: 0000-0003-4839-6377.

Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2024. Т. 93, № 2. С. 221–236.  
Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture. 2024. Vol. 93, no. 2. P. 221–236.

***Information about the author***

**A. V. Shevchenko** – Junior Researcher, Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation, rigge1111@mail.ru, AuthorID: 1027431, ORCID ID: 0000-0003-4839-6377.

*Автор несет ответственность за нарушения в сфере этики научных публикаций.  
The author is responsible for violation of scientific publication ethics.*

*Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.  
The author declares no conflicts of interests.*

*Статья поступила в редакцию 27.04.2024; одобрена после рецензирования 08.05.2024;  
принята к публикации 28.05.2024.  
The article was submitted 27.04.2024; approved after reviewing 08.05.2024; accepted for  
publication 28.05.2024.*