

## ГИДРОТЕХНИЧЕСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО

Научная статья

УДК 626.88:639.3

doi: 10.31774/2712-9357-2023-13-2-334-352

### Современное состояние и условия функционирования Усть-Манычских рыбоходных каналов

Олег Андреевич Баев<sup>1</sup>, Алексей Викторович Шевченко<sup>2</sup>

<sup>1, 2</sup>Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация

<sup>1</sup>oleg-baev1@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0142-4270>

<sup>2</sup>rigge1111@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4839-6377>

**Аннотация. Цель:** оценка состояния и условий функционирования рыбоходных каналов Усть-Манычского гидроузла на р. Западный Маныч. **Материалы и методы.** Фактологическую основу для оценки состояния и условий функционирования Усть-Манычских рыбоходных каналов составили материалы авторского обследования и натурных исследований, выполненных на объекте в 2022 г. Исследования проводились по общепринятым методикам ведения гидрометрических измерений расходно-скоростных параметров и геометрических размеров каналов и сетевых («канальных») гидротехнических сооружений. **Результаты и обсуждение.** Приведены данные обследования сооружений и элементов двух действующих в составе Усть-Манычского гидроузла рыбоходно-нерестовых каналов, предназначенных для пропуска полупроходных рыб из его нижнего бьефа в верхний – из устьевой части р. Западный Маныч на Усть-Манычское займище, являющееся потенциально высокопродуктивным нерестилищем для фитофилов (леща, судака, сазана и тарани). Приведены гидрометрические параметры каналов, дано описание конструкций, входящих в их состав, обеспечивающих функционирование сооружений и конструктивных элементов или влияющих на него. Дана характеристика течений водного потока на сооружениях и по тракту канала, а также на участке сопряжения устья канала с рекой. Приведены оценочные качественные и количественные показатели условий функционирования рыбоходных каналов. **Выводы.** Получены данные обследования современного состояния сооружений и конструктивных элементов двух рыбоходных каналов, устроенных в обход подпорных сооружений Усть-Манычского гидроузла. Приведены гидрометрические (расходно-скоростные и геометрические) параметры каналов, и дана оценка качества условий для их функционирования по пропуску нерестово-мигрирующих рыб из р. Западный Маныч на нерестилища, расположенные в русловом водохранилище Усть-Манычского гидроузла.

**Ключевые слова:** гидроузел, рыбопропускное сооружение, рыбоход, рыбоходный канал, канал-рыбоход

**Для цитирования:** Баев О. А., Шевченко А. В. Современное состояние и условия функционирования Усть-Манычских рыбоходных каналов // Мелиорация и гидротехника. 2023. Т. 13, № 2. С. 334–352. <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2023-13-2-334-352>.

## HYDRAULIC ENGINEERING

Original article

### Current state and operating conditions of the Ust-Manych fish passage channels

**Oleg A. Baev<sup>1</sup>, Alexey V. Shevchenko<sup>2</sup>**

<sup>1,2</sup>Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation

<sup>1</sup>oleg-baev1@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0142-4270>

<sup>2</sup>rigge1111@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4839-6377>

**Abstract. Purpose:** to assess the state and operating conditions of the fish passage channels of the Ust-Manych waterworks on the river Western Manych. **Materials and methods.** The factual basis for assessing the state and operating conditions of the Ust-Manych fish passage channels was the materials of the author's survey and field studies performed at the given facility in 2022. The studies were carried out according to generally accepted methods for conducting hydrometric measurements of flow rate parameters and geometric dimensions of channels and network ("canal") hydraulic structures. **Results and discussion.** The survey data of structures and elements of two fish passage and spawning channels operating as part of the Ust-Manych waterworks, designated for passing semi-anadromous fish from its tail race to the head race - from the mouth of the river Western Manych to the Ust-Manych flood plain which is a potentially highly productive spawning ground for phytophils (bream, pike perch, carp and ram). The channel hydrometric parameters are given, a description of the structures included in their composition, ensuring the functioning of structures and structural elements or influencing it is given. The characteristics of the water flow on the structures and along the canal tract, as well as on the site of the conjugation of the canal mouth with the river are given. Estimated qualitative and quantitative indicators of the conditions for fish channel functioning are given. **Conclusions.** The survey data of the current state of structures and structural elements of two fish passage channels arranged around the Ust-Manych waterworks retaining structures were obtained. The hydrometric (flow-rate and geometric) channel parameters are given, and an assessment of the quality of their operating conditions on spawning-migratory fish passage from the river Western Manych to the spawning grounds located in the channel basin of the Ust-Manych waterworks is made.

**Keywords:** waterworks, fish passage facility, fishway, fish passage channel, channel-fish passage

**For citation:** Baev O. A., Shevchenko A. V. Current state and operating conditions of the Ust-Manych fish passage channels. *Land Reclamation and Hydraulic Engineering*. 2023;13(2):334–352. (In Russ.). <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2023-13-2-334-352>.

**Введение.** Одним из распространенных (преимущественно в зарубежной практике) видов рыбопропускных сооружений, устраиваемых в составе низконапорных гидроузлов, являются рыбоходные каналы [1–4]. В рамках реализации ряда программ развития рыбного хозяйства в Нижне-Донском рыбопромысловом районе в 2008 г. был разработан проект «Мелиоративно-рыбоходный канал Усть-Манычского гидроузла в Багаевском районе Ростовской области»<sup>1</sup>, реализованный строительством в 2009 г.

---

<sup>1</sup>Проект «Мелиоративно-рыбоходный канал Усть-Манычского гидроузла в Багаевском районе Ростовской области» / ООО «Произв. предприятие «Каскад». Ростов н/Д., 2008. 142 с.

Канал предназначен для пропуска из нижнего бьефа гидроузла в верхний (из р. Западный Маныч на нерестилища Усть-Манычского водохранилища («займища»)) производителей мигрирующих полупроходных видов рыб (леща, судака, сазана, тарани, густеры и др.) [5–10]. В соответствии с проектом Усть-Манычский мелиоративно-рыбоходный канал выполнен двухниточным и устроен на правобережном участке поймы р. Западный Маныч (рисунок 1).



**Рисунок 1 – План-схема расположения Усть-Манычских мелиоративно-рыбоходных каналов**

**Figure 1 – Layout of the Ust'-Manych reclamation and fish passage channels location**

Проектирование каналов осуществлялось без должного научно-технического обоснования и в условиях недостаточной нормативно-рекомендательной базы, на основе (преимущественно) собственных представлений разработчиков, что и привело к ряду ошибочных компоновочно-конструктивных решений, значимо снижающих их эффективность [11].

В процессе эксплуатации рыбоходных каналов (с 2009 по 2022 г.)

проводились их периодические обследования и исследования специалистами различного профиля, результаты которых опубликованы в работах Вл. Н. Шкуры, А. Н. Дроботова и др. [12, 13].

Необходимость проведения настоящих исследований предопределена планами реализации Распоряжения Правительства Российской Федерации № 2012-р от 21 июля 2021 г. «Об утверждении плана мероприятий по оздоровлению и развитию водохозяйственного комплекса реки Дон»<sup>2</sup>. Указанным распоряжением предусмотрено строительство Багаевского гидроузла на р. Дон, функционирование которого предусматривает его влияние на условия работы Усть-Манычских рыбоходных каналов [14], что актуализировало необходимость проведения настоящих исследований. Цель их заключается в оценке текущего состояния и условий работы рыбоходных каналов в составе низконапорного Усть-Манычского гидроузла, устроенного на р. Западный Маныч.

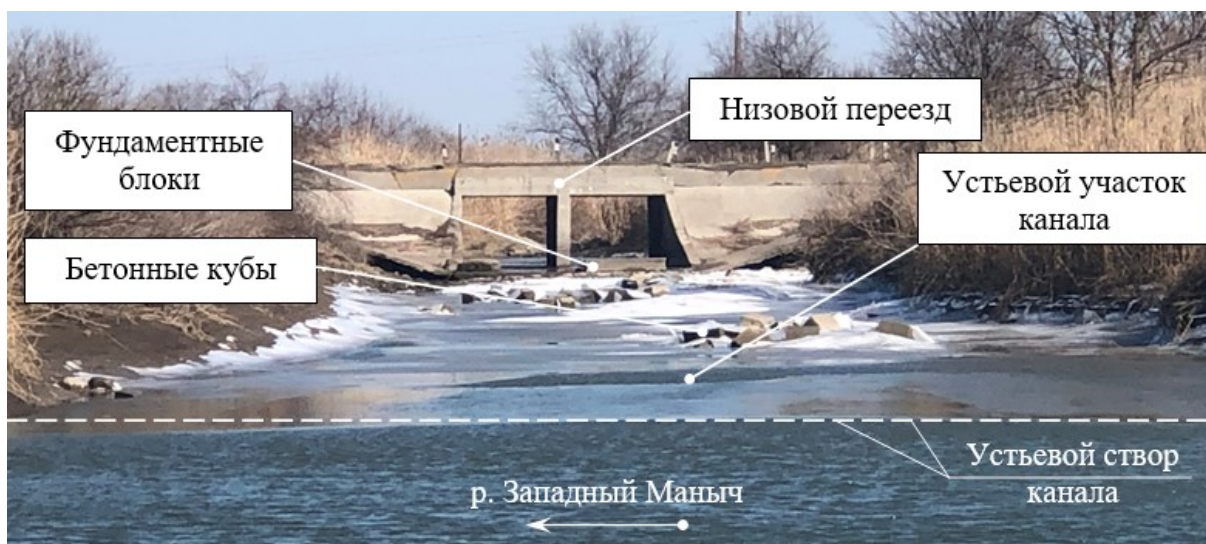
**Материалы и методы.** Задачами работ были определены: установление текущего технического состояния объекта исследования и оценка качества его функционирования по формированию условий для прохода рыб из нижнего бьефа гидроузла в верхний. Обследование состояния сооружений и их конструктивных элементов осуществлялось визуально, а их гидрометрические характеристики устанавливались инструментальными измерениями (глубины водного потока промерялись гидрометрической штангой; замеры скоростей течения в трактах каналов осуществлялись гидрометрической вертушкой; вспомогательные линейные измерения проводились лазерным дальномером). Обработка полученных результатов осуществлялась по общепринятым методикам [13, 15].

---

<sup>2</sup>Об утверждении плана мероприятий («дорожной карты») по оздоровлению и развитию водохозяйственного комплекса реки Дон [Электронный ресурс]: Распоряжение Правительства РФ от 21 июля 2021 г. № 2012-р. Доступ из справ. правовой системы «Консультант Плюс».

**Результаты и обсуждение.** Исследования Усть-Манычских рыбоходных каналов проводились в три этапа: предпусковой, рабочий и пост-рабочий периоды. При выполнении полевых работ на объекте и последующем анализе полученного опытного материала рассматривались три характерных участка рыбоходного канала: низовой, или устьевой, срединный, или трактовый, и верховой, или истоковый (см. рисунок 1).

Низовые (по направлению течения) участки рыбоходных каналов определяют топографические и гидравлические условия привлечения мигрирующих на нерест рыб из р. Западный Маныч к входу в каналы и захода их в тракты. Указанные участки ограничены створами сопряжения каналов с рекой (створами входа рыб в каналы) и створами трактов, соответствующих верхнебьефным креплениям низовых переездов, т. е. включают: устьевые участки каналов (длиной 146,0 м на канале № 1 и 92,5 м на канале № 2); участки нижнебьефных креплений низовых переездов; трубчатые переезды и их верховые крепления, обеспечивающие их сопряжение с трактами каналов. Вид на низовой участок рыбоходного канала № 1 и устьевой участок канала № 2 приведен на рисунках 2 и 3 соответственно.



**Рисунок 2 – Вид на низовой участок Усть-Манычского рыбоходного канала № 1 (автор фото О. А. Баев)**  
**Figure 2 – View of the downstream section of the Ust-Manych fish passage channel no. 1 (photo by O. A. Baev)**





**Рисунок 3 – Вид на устьевой участок низовой части Усть-Манычского рыбоходного канала № 2 (автор фото А. В. Шевченко)**

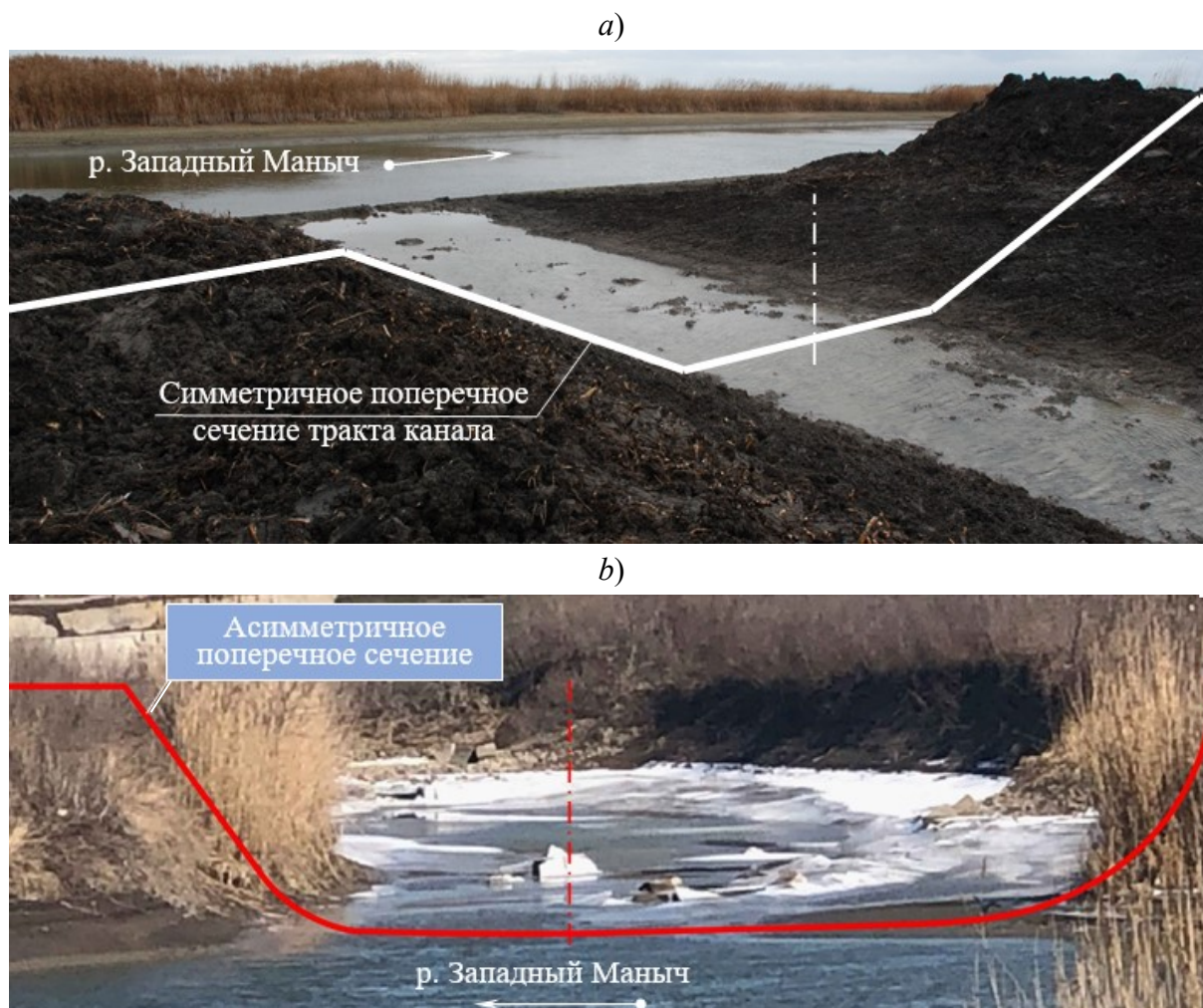
**Figure 3 – View of the mouth reach of the Ust-Manych fish passage tail no. 2 (photo by A. V. Shevchenko)**

В процессе эксплуатации каналов на их устьевых участках произошли существенные размывы дна и откосов, что представлено на рисунке 4 путем сопоставления проектного (2009 г.) и текущего (2022 г.) состояния.

Устьевой участок рыбоходного канала обеспечивает топографическое сопряжение его русла с руслом р. Западный Маныч и формирует привлекающее рыб течение в речном водном пространстве. Характер течений водного потока на подходном к устьевому (для потока) или входному (для рыб) створу участка канала определяется сочетанием гидрометрических (расходно-скоростных, уровенных и геометрических) параметров канала и реки. Пример течений водного потока, формирующихся на участке сопряжения русел канала и реки, проиллюстрирован на рисунке 5.

Проведенными в 2022 г. гидрометрическими исследованиями (по методикам, представленным в работах Вл. Н. Шкуры, А. Н. Дроботова, В. Н. Шкуры [13, 15]) течений водного потока на подходных к каналам участках нижнего бьефа р. Западный Маныч были установлены высокие показатели качества условий для привлечения мигрирующих по реке рыб в зону действия «привлекающего скоростного шлейфа», истекающего

из устьевого створа канала, при низких уровнях воды в реке и низкие значения этих параметров при высоких уровнях [16].



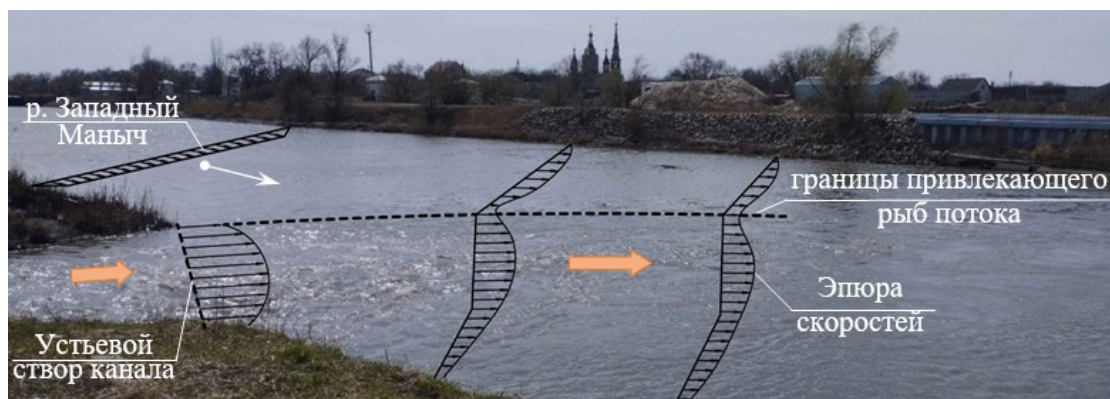
*a* – в период строительства (2009 г.); *b* – по состоянию на весну 2022 г.  
*a* – during the construction period (2009); *b* – as of spring 2022

**Рисунок 4 – Вид на выходной участок канала № 2  
(автор фото В. Н. Шкура)**

**Figure 4 – View of the outlet section of the channel no. 2  
(photos by V. N. Shkura)**

На участке канала от устьевого створа до соответствующего низовому сечению бетонного крепления низовых трубчатых переездов сформировались широкие плесы с приемлемыми для перемещения рыб скоростями течения водного потока, изменяющимися в диапазоне значений от 0,6 до 1,0 м/с (в зависимости от уровней воды в р. Западный Маныч).





**Рисунок 5 – Виды течений исходящего из каналов водного потока в водном пространстве р. Западный Маныч (при низких уровнях воды) (автор фото А. В. Шевченко)**

**Figure 5 – Types of currents outgoing from the water flow channels in the water area of the river Western Manych (at low water levels) (photo by A. V. Shevchenko)**

Предустьевой (по потоку) или постустьевой (по направлению миграционного перемещения рыб) участок низовой части рыбоходного канала выполнен в выемке и ограничивается устьевым участком и низовым створом его сопряжения с р. Западный Маныч. Для этого участка характерны значительные по размерам обрушения откосов и дна рыбоходного канала (ниже по течению от края крепления железобетонного низового переезда), образовавшиеся в процессе многолетней эксплуатации канала. Виды на текущее техническое состояние низового участка канала представлены на рисунках 6 и 7.



**Рисунок 6 – Вид на предустьевой участок канала № 2 (с низового переезда по направлению течения водного потока) (автор фото О. А. Баев)**

**Figure 6 – View of the pre-estuary section of canal no. 2 (from the downstream crossing in the direction of the water flow) (photo by O. A. Baev)**



a)



b)



a – вид с нижнего бьефа; b – вид с головного переезда  
a – view from the downstream; b – view from the head crossing

**Рисунок 7 – Виды на предустьевой участок канала № 1  
со стороны нижнего бьефа и с низового переезда  
(автор фото А. В. Шевченко)**

**Figure 7 – Views of the pre-estuary section of the canal no. 1  
from the downstream side and from the downstream crossing  
(photos by A. V. Shevchenko)**

Низовые переезды каналов выполнены двухтрубчатыми с линейными размерами водовыпускных труб  $b_{\text{тр}} \times h_{\text{тр}} = 4,0 \times 2,5$  м (рисунок 8).



**Рисунок 8 – Вид на низовой переезд со стороны нижнего бьефа  
(автор фото А. В. Шевченко)**

**Figure 8 – View of the downstream crossing from  
the side of the downstream (photo by A. V. Shevchenko)**

Флютбетные железобетонные плиты низовых переездов расположены возвышающимися над дном канала как со стороны верхнего бьефа, так и со стороны нижнего бьефа. Переезды сопряжены с трактом канала по-

средством бетонного крепления их дна и откосов. Виды нижнебьефного крепления дорожных переездов проиллюстрированы на рисунке 9.



*a* – рыбоходный канал № 1; *b* – рыбоходный канал № 2  
*a* – fish passage channel no. 1; *b* – fish passage channel no. 2

**Рисунок 9 – Характерные виды нижнебьефных креплений низовых переездов каналов № 1 и 2 (автор фото О. А. Баев)**  
**Figure 9 – Typical types of downstream mounts of the downstream crossings of canals no. 1 and no. 2 (photos by O. A. Baev)**

Конструктивное использование нижнебьефных креплений низовых переездов не предусматривает устройства водобойного колодца, что уже на стадии опытных пусков воды вызвало необходимость обеспечения подпора их уровней на сооружении. В качестве средств, обеспечивающих минимально необходимый подпор, использованы фундаментные блоки, размещаемые на концевых участках креплений переездов (рисунки 9, 10).



*a* – рыбоходный канал № 1; *b* – рыбоходный канал № 2  
*a* – fish passage channel no. 1; *b* – fish passage channel no. 2

**Рисунок 10 – Виды течений на низовых креплениях и участках их сопряжений с рыбоходными каналами № 1 и 2 при малых расходах и низких уровнях воды в реке (автор фото О. А. Баев)**  
**Figure 10 – Types of currents on downstream fixtures and sections of their junctions with fish passages no. 1 and 2 at small discharges and low water levels in the river (photos by O. A. Baev)**



Отсутствие водобойного колодца и превышение отметок поверхности флютбетной плиты над дном канала приводят к формированию высокоскоростного режима течений. Формирование такого вида течений особенно проявляется при низких уровнях воды в предустьевой части русла канала, даже при минимальных расходах водного потока, что и проиллюстрировано на рисунке 10.

Бурный и высокоскоростной режим течений имеет место на нижнебьефных креплениях низовых переездов при относительно низких значениях уровней воды в р. Западный Маныч, находящихся в интервале 0,40–0,80 м БС, что проиллюстрировано на рисунке 11.



**Рисунок 11 – Виде на характер протекания водного потока на выходном участке из низового переезда в тракт канала № 1 (автор фото А. В. Шевченко)**

**Figure 11 – Views on the nature of the flow of the water flow at the exit section from the downstream crossing to the channel no. 1 tract (photos by A. V. Shevchenko)**

Согласно рисунку 11 и данным гидрометрических измерений можно сделать заключение о неприемлемости гидравлических условий на участках, соответствующих створу конца крепления, и на закрепленной нижнебьефной части переездов для прохода производителей донных рыб.

Бурный характер течений имеет место на выходе потока из водовыпускных отверстий низовых переездов. На выходе из труб переездов (при низких уровнях воды на нижнебьефном креплении) имеет место прыжковое сопряжение бьефов, а скорости течения в трубах переездов ко-



леблются в пределах 2,1–2,4 м/с, что превышает значения сносящих скоростей водного потока для большинства видов рыб [13].

Относительно приемлемые скоростные условия на рассматриваемом участке рыбоходных каналов наблюдаются при уровнях воды в р. Западный Маныч (в нижнем бьефе Усть-Манычского гидроузла), превышающих 1,20–1,30 м БС, при которых имеет место частичное подтопление истекающих из труб переездов водных потоков.

Срединная, или трактовая, часть рыбоходных каналов (условно ограниченная створами низовых переездов и головных регуляторов) представляет собой систему чередующихся плесовых и перекатных участков. Характер течений воды по трактам каналов проиллюстрирован рисунком 12.

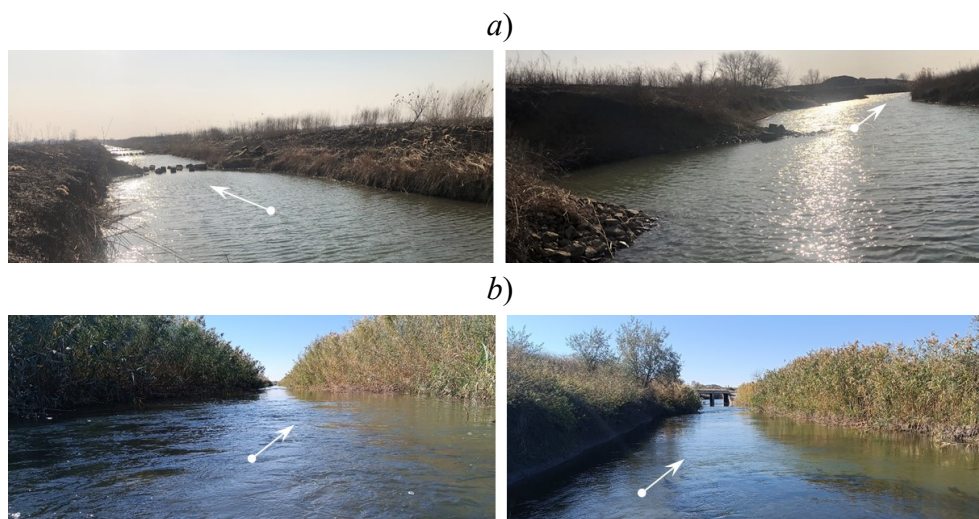


**Рисунок 12 – Вид течений водного потока по тракту Усть-Манычских рыбоходных каналов (автор фото В. Н. Шкура)**

**Figure 12 – View of the water flow along the tract of the Ust-Manych fish passage channels (photo by V. N. Shkura)**

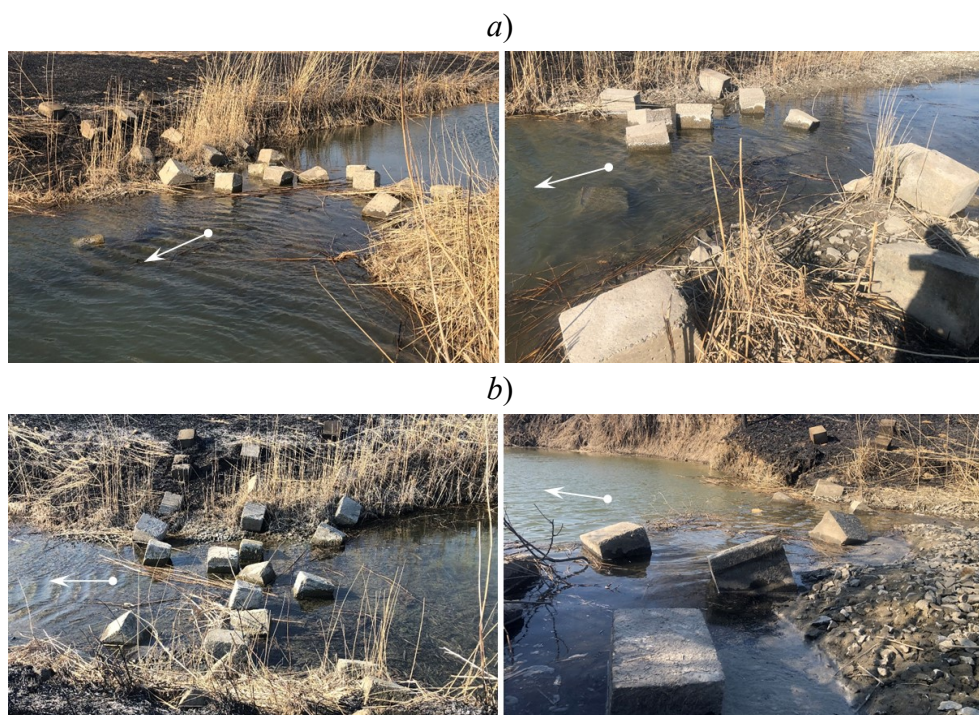
В настоящее время (в 2022 г.) плесовые (ограниченные верхним и нижним перекатами) участки Усть-Манычских рыбоходных каналов № 1 и 2 представляют собой локальные прудки средней протяженностью 50,0 м каждый. Текущее состояние прудков (плесов) на различных участках трактов каналов проиллюстрировано на рисунке 13.

Перекатные участки трактов каналов представляют собой отсыпанные гравийно-щебенистые барражи высотой 0,2–0,3 м с установленными на них железобетонными блоками. Виды современного состояния этих участков на двух каналах приведены на рисунке 14.



*a* – рыбоходный канал № 1; *b* – рыбоходный канал № 2  
*a* – fish passage channel no. 1; *b* – fish passage channel no. 2

**Рисунок 13 – Виды на плесовые участки рыбоходных каналов  
(авторы фото О. А. Баев, А. В. Шевченко)**  
**Figure 13 – Views of the stretches of fish channels  
(photos by O. A. Baev, A. V. Shevchenko)**



*a* – рыбоходный канал № 1; *b* – рыбоходный канал № 2  
*a* – fish passage channel no. 1; *b* – fish passage channel no. 2

**Рисунок 14 – Виды текущего состояния перекатов  
в трактах Усть-Манычских рыбоходных каналов  
(авторы фото О. А. Баев, А. В. Шевченко)**

**Figure 14 – Views of the current state of the rolls in the tracts of the  
Ust-Manych fish passages (photos by O. A. Baev, A. V. Shevchenko)**



Текущее состояние обследованных перекатных участков рыбоходных каналов определяется как несистемное и инженерно-необустроенное. Возможными причинами нарушения первоначальной (установленной в проекте) конфигурации расположения бетонных кубов (элементов усиленной шероховатости) на перекатах послужили высокие скорости течений в тракте канала. При этом бессистемное расположение кубов, характеризуемых размерами  $0,50 \times 0,40 \times 0,40$  м, приводит к нарушению заданного в проекте режима протекания воды по каналу и затрудняет проход донных рыб.

В современном состоянии тракты рыбоходных каналов, несмотря на неравномерный режим протекания водного потока по ним, характеризуются как приемлемые по гидрометрическим показателям для миграционно-нерестового перемещения рыб и нереста литофилов (рыбца и шемаи), фитофилов (леща, судака и сазана) и реофилов (сельди).

Верховая часть рыбоходных каналов характеризуется наличием регулирующего сооружения, характерный вид которого проиллюстрирован ниже на рисунке 15.



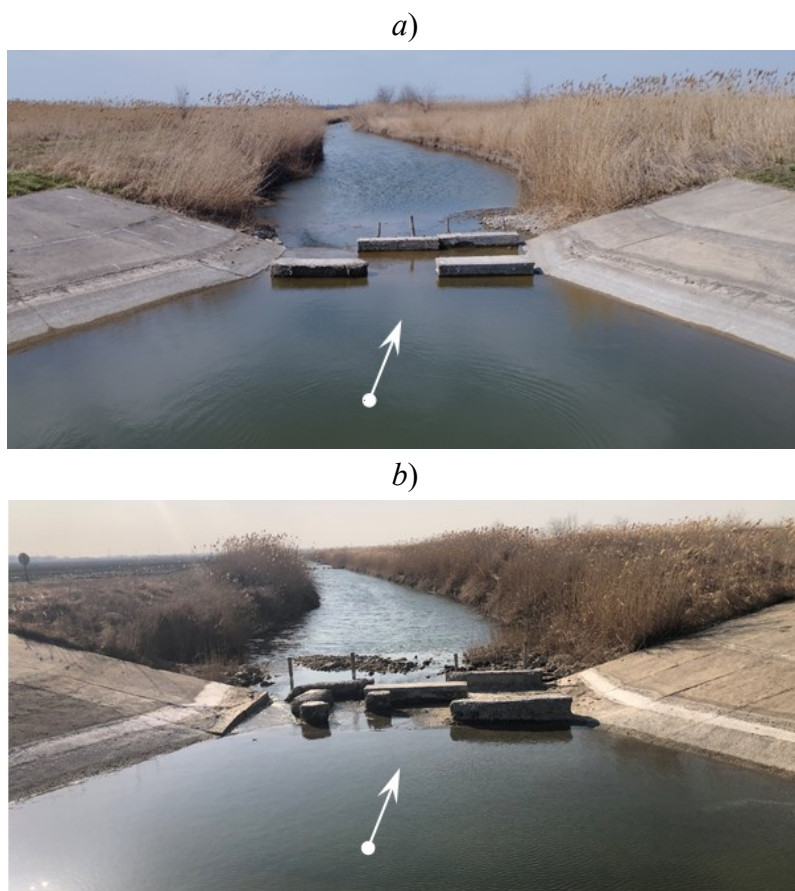
**Рисунок 15 – Вид головного регулятора рыбоходного канала № 1  
(автор фото О. А. Баев)**

**Figure 15 – View of the head regulator of the fish passage no. 1  
(photo by O. A. Baev)**

Головные регуляторы-переезды рыбоходных каналов обеспечивают регулирование подачи воды в канал и формируют условия для выхода рыб из их трактов в Усть-Манычское русловое водохранилище. Водопроводя-



шая часть сооружений выполнена в виде трубы прямоугольного поперечного сечения размером  $b_{\text{тр}} \times h_{\text{тр}} = 4,0 \times 2,5$  м. Нижнебьефное железобетонное крепление выполнено с возвышением над дном тракта канала. Для предотвращения негативного и неприемлемого для рыб характера течений службой эксплуатации осуществлена установка разноразмерных бетонных блоков на концевом участке бетонного крепления, виды которых проиллюстрированы на рисунке 16.



*a* – рыбоходный канал № 1; *b* – рыбоходный канал № 2  
*a* – fish passage channel no. 1; *b* – fish passage channel no. 2

**Рисунок 16 – Концевая часть арьеркамер головных регуляторов  
(авторы фото О. А. Баев, А. В. Шевченко)**

**Figure 16 – The end part of the air chambers of the head regulators  
(photos by O. A. Baev, A. V. Shevchenko)**

Для указанного технического решения характерны высокоскоростные течения и прыжковое сопряжение исходящего из регулятора водного потока с потоком в тракте канала (рисунок 17).



**Рисунок 17 – Виды течений водного потока на выходе из головного регулятора в тракт рыбоходного канала № 1 (автор фото А. В. Шевченко)**

**Figure 17 – Types of water flow at the outlet from the head regulator to the tract of the fish passage channel no. 1 (photos by A. V. Shevchenko)**

### **Выводы**

1 По результатам исследования получены опытные данные и гидрометрические показатели Усть-Манычских рыбоходных каналов, позволяющие оценить их текущее состояние и качество условий функционирования по их целевому назначению (пропуск рыб в верхний бьеф Усть-Манычского гидроузла).

2 В соответствии с данными, полученными в ходе натурных обследований состояния и условий работы Усть-Манычских рыбоходных каналов, наиболее сложные условия для прохода рыб по каналам имеют место на участках низовых переездов и головных регуляторов.

3 Состояние сооружений и трактов рыбоходных каналов определяется как инженерно-необустроенное, а собственно каналы нуждаются в проведении мероприятий по их комплексной реконструкции.

### Список источников

1. Baki A. B. M., Azimi A. H. Hydraulics and design of fishways II: vertical-slot and rock-weir fishways // *Journal of Ecohydraulics*. 2021. DOI: 10.1080/24705357.2021.1981780.
2. 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>.
3. 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>.
4. Tiwari P., Tiwari M. P. Evaluation of water quality and dam for sustaining the fish population dynamics // *Applied Water Science*. 2022. Vol. 12(9). 233. <https://doi.org/10.1007/s13201-022-01728-x>.
5. Иваненко И.Н., Жукова С.В. 2004. [Рыбоводно-биологическое обоснование строительства и разработка нормативов обводного канала Усть-Манычского ГУ / АзНИИРХ. Ростов н/Д., Кн. 2. 38 с.
6. Анохин А. М., Сапегин А. П. Обоснование строительства рыбоходного канала на р. Западный Маныч на Усть-Манычском гидроузле // *Охрана и возобновление гидроресурсов и ихтиофауны: сборник. Новочеркасск, 2005. С. 97–100.*
7. Жукова С. В. Обеспеченность водными ресурсами рыбного хозяйства Нижнего Дона // *Водные биоресурсы и среда обитания*. 2020. Т. 3, № 1. С. 7–19. DOI: 10.47921/2619-1024\_2020\_3\_1\_7.
8. Дубинина В. Г. Требования рыбного хозяйства при управлении режимами водохранилищ // *Экосистемы: экология и динамика*. 2019. Т. 3, № 1. С. 67–97. DOI: 10.24411/2542-2006-2019-10027.
9. Актуальные вопросы развития водохозяйственного комплекса Ростовской области / Н. Л. Хижнякова, И. В. Ткачева, Л. А. Кравченко, В. В. Мамаев // *Рыбоводство и рыбное хозяйство*. 2020. № 5(172). С. 4–9.
10. Рыбохозяйственные исследования России в Азово-Черноморском бассейне (к 90-летию ФГБНУ «АзНИИРХ») / В. Н. Белоусов, Т. М. Брагина, Л. А. Бугаев, Ю. И. Реков // *Водные биоресурсы и среда обитания*. 2018. Т. 1, № 1. С. 11–31. DOI: 10.47921/2619-1024\_2018\_1\_1\_11.
11. Храпковский В. А., Шкура Вл. Н. Об ошибках в проекте «мелиоративно-рыбоходного» канала Усть-Манычского гидроузла // *Мелиорация и водное хозяйство: материалы Всерос. науч.-практ. конф., посвящ. 75-летию со дня рождения акад. РАСХН Б. Б. Шумакова. Новочеркасск, 2008. С. 234–241.*
12. Шкура Вл. Н., Михальчук А. В. Результаты натурных исследований рыбоходно-нерестового канала на р. Западный Маныч // *Рыбоохранные мелиорации и сооружения: материалы всерос. науч.-практ. конф. / Новочеркас. гос. мелиоратив. акад.* 2010. С. 61–66.
13. Шкура Вл. Н., Дроботов А. Н. Рыбоходные и рыбоходно-нерестовые каналы. Новочеркасск: НГМА, 2012. 203 с.
14. Шурухин Л. А. Багаевский гидроузел: инженерные решения и итоги проектирования // *Гидротехника*. 2018. № 3. С. 41–46.
15. Шкура В. Н. Рыбопропускные сооружения. В 2 ч. Ч. 1 / Новочеркас. гос. мелиоратив. акад. Новочеркасск, 1998. 380 с.
16. Баев О. А., Шевченко А. В., Шкура В. Н. Качество гидрологических условий для привлечения рыб в Усть-Манычские рыбоходные каналы // *Экология и водное хозяйство [Электронный ресурс]*. 2022. Т. 4, № 4. С. 101–118. URL: <http://www.rosniipm->



sm1.ru/article?n=162 (дата обращения: 13.01.2023). <https://doi.org/10.31774/2658-7890-2022-4-4-101-118>.

## References

1. Baki A.B.M., Azimi A.H., 2021. Hydraulics and design of fishways II: vertical-slot and rock-weir fishways. *Journal of Ecohydraulics*, DOI: 10.1080/24705357.2021.1981780.
2. 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>.
3. 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>.
4. Tiwari P., Tiwari M.P., 2022. Evaluation of water quality and dam for sustaining the fish population dynamics. *Applied Water Science*, vol. 12(9), 233, <https://doi.org/10.1007/s13201-022-01728-x>.
5. Ivanenko I.N., Zhukova S.V., 2004. *Rybovodno-biologicheskoe obosnovanie stroitel'stva i razrabotka normativov obvodnogo kanala Ust'-Manychskogo GU* [Fish Breeding and Biological Substantiation of Construction and Development of Standards for the Bypass Canal of Ust-Manych Waterworks]. AzNIIRH, Rostov-on-Don, b. 2, 38 p. (In Russian).
6. Anokhin A.M., Sapegin A.P., 2005. *Obosnovanie stroitel'stva rybokhodnogo kanala na r. Zapadnyy Manych na Ust'-Manychskom gidrouzle* [Rationale for the construction of a fish passage channel on the river Western Manych at the Ust-Manych waterworks]. *Okhrana i vozobnovlenie gidroflory i ikhtiofauny: sbornik* [Protection and Renewal of Hydroflora and Ichthyofauna: collection]. Novocherkassk, pp. 97-100. (In Russian).
7. Zhukova S.V., 2020. *Obespechennost' vodnymi resursami rybnogo khozyaystva Nizhnego Dona* [Availability of water resources for the fisheries of the Lower Don river]. *Vodnye bioresursy i sreda obitaniya* [Aquatic Bioresources and Environment], vol. 3, no. 1, pp. 7-19, DOI: 10.47921/2619-1024\_2020\_3\_1\_7. (In Russian).
8. Dubinina V.G., 2019. *Trebovaniya rybnogo khozyaystva pri upravlenii rezhimami vodokhranilishch* [Requirements for fishery under water reservoirs management]. *Ekosistemy: ekologiya i dinamika* [Ecosystems: Ecology and Dynamics], vol. 3, no. 1, pp. 67-97, DOI: 10.24411/2542-2006-2019-10027. (In Russian).
9. Khizhnyakova N.L., Tkacheva I.V., Kravchenko L.A., Mamaev V.V., 2020. *Aktual'nye voprosy razvitiya vodokhozyaystvennogo kompleksa Rostovskoy oblasti* [The relevance of the development of the water management complex of Rostov region]. *Rybovodstvo i rybnoe khozyaystvo* [Fish Breeding and Fisheries], no. 5(172), pp. 4-9. (In Russian).
10. Belousov V.N., Bragina T.M., Bugaev L.A., Rekov Yu.I., 2018. *Rybokhozyaystvennye issledovaniya Rossii v Azovo-Chernomorskom bassejne (k 90-letiyu FGBNU "AzNIIRKH")* [Fishery research of Russia in the Azov-Black Sea basin (on the occasion of the 90<sup>th</sup> anniversary of the Federal State Budget Scientific Institution "Azov Sea Research Fisheries Institute")]. *Vodnye bioresursy i sreda obitaniya* [Aquatic Bioresources & Environment], vol. 1, no. 1, pp. 11-31, DOI: 10.47921/2619-1024\_2018\_1\_1\_11. (In Russian).
11. Khrapkovsky V.A., Shkura V.I., 2008. *Ob oshibkakh v proekte "meliorativno-rybokhodnogo" kanala Ust'-Manychskogo gidrouzla* [On the mistakes in the project of the "reclamation-fish passage" channel of the Ust-Manych waterworks]. *Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo: materialy Vseros. nauch.-prakt. konf., posvyashch. 75-letiyu so dnya rozhdeniya akad. RASKHN B. B. Shumakova* [Reclamation and Water Management: Proc. of the All-Russian Scientific-Practical Conference, Dedicated to the 75<sup>th</sup> Anniversary of the Birth of Academician RAAS B. B. Shumakov]. Novocherkassk, pp. 234-241. (In Russian).

12. Shkura V.I.N., Mikhalechuk A.V., 2010. *Rezultaty naturnykh issledovaniy rybokhodno-nerestovogo kanala na r. Zapadnyy Manych* [The results of field studies of the fish-passage-spawning channel on the river Zapadny Manych]. *Rybookhrannye melioratsii i sooruzheniya: materialy vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Fish Conservation Reclamation and Facilities: Proc. of the All-Russian Scientific-Practical Conference]. Novocherkassk State Land Reclamation Academy, pp. 61-66. (In Russian).

13. Shkura V.I.N., Drobotov A.N., 2012. *Rybokhodnye i rybokhodno-nerestovye kanaly* [Fish Passage and Fish Passage Spawning Channels]. Novocherkassk, NGMA, 203 p. (In Russian).

14. Shurukhin L.A., 2018. *Bagaevskiy gidrouzel: inzhenernye resheniya i itogi proektirovaniya* [Bagaevsky waterworks: engineering solutions and design results]. *Gidrotekhnika* [Hydraulic Engineering], no. 3, pp. 41-46. (In Russian).

15. Shkura V.N., 1998. *Rybopropusknye sooruzheniya* [Fish Passage Facilities]. In 2 parts, pt. 1, Novocherkassk State Land Reclamation Academy, Novocherkassk, 380 p. (In Russian).

16. Baev O.A., Shevchenko A.V., Shkura V.N., 2022. [Hydrological condition quality to attract fish into the Ust-Manych fish passage channels]. *Ekologiya i vodnoe khozyaystvo*, vol. 4, no. 4, pp. 101-118, available: <http://www.rosniipm-sm1.ru/article?n=162> [accessed 13.01.2023], <https://doi.org/10.31774/2658-7890-2022-4-4-101-118>. (In Russian).

---

#### ***Информация об авторах***

**О. А. Баев** – ведущий научный сотрудник, кандидат технических наук;

**А. В. Шевченко** – младший научный сотрудник, аспирант.

#### ***Information about the authors***

**O. A. Baev** – Leading Researcher, Candidate of Technical Sciences;

**A. V. Shevchenko** – Junior Researcher, Postgraduate Student.

*Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.*

*Все авторы в равной степени несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата и других нарушений в сфере этики научных публикаций.*

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

*All authors are equally responsible for detecting plagiarism, self-plagiarism and other ethical violations in scientific publications.*

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.*

*The authors declare no conflicts of interests.*

*Статья поступила в редакцию 01.02.2023; одобрена после рецензирования 02.05.2023; принята к публикации 11.05.2023.*

*The article was submitted 01.02.2023; approved after reviewing 02.05.2023; accepted for publication 11.05.2023.*