

2. Naturnye ispytaniya mini-GES blochnogo ispolneniya v tvore Horobrovskogo gidrouzla (etap 1). / Istorik B.L., Sobolev V.Yu., Gorodnichev R.M. i dr. / Sb. Bezopasnost energeticheskikh sooruzhenij. (BES). Vyp. 2. (22), – M.: AO «NIIES», 2016. – S. 106-121.

3. Istorik B.L., Shpolyansky Yu.B. Perspektivy ispolzovaniya ortogonalnoj turbiny na nizkonapornyh gidrouzlah x // Gidrotehnicheskoe stroitelstvo. – 1993. – № 11. – S. 28-34.

4. Spravochnik po gidravlicheskim raschetam. Pod red. P.G. Kisileva. – M.: Energiya, 1972. – S. 96-99.

5. Shari J. Gidravlichesкое modelirovaniye. – M: Mir, 1984. – S. 43-47.

6. Shterenliht D.V. Gidravlika: Uchebnik dlya vuzov. – M.: Energoatomizdat, 2008. – 640 s.

The material was received at the editorial office  
08.05.2020

#### Information about the authors

**Krylov Alexey Petrovitch**, post graduate student of the department KIVR and hydraulics FSBEI HE RSAU-MSHA named after C.A. Timiryazev; 127550, Moscow, ul. Timiryazevskaya, d. 49; e-mail: krylovaalexiy@gmail.com

**Bakshatanin Alexander Mikhailovich**, candidate of technical sciences, associate professor of the department KIVR and hydraulics FSBEI HE RSAU-MSHA named after C.A. Timiryazev; 127550, Moscow, ul. Timiryazevskaya, d. 49; e-mail: bakshatanin@mail.ru

**Beglyarova Evelina Surenovna**, candidate of technical sciences, associate professor of the department KIVR and hydraulics FSBEI HE RSAU-MSHA named after C.A. Timiryazev; 127550, Moscow, ul. Timiryazevskaya, d. 49.

УДК 502/504:626.88:532.5

DOI 10.26897/1997-6011-2020-3-107-113

#### П.А. МИХЕЕВ, В.А. НАЗАРЕНКО, В.П. БОРОВСКОЙ

<sup>2</sup>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

<sup>2</sup>Федеральное государственное бюджетное учреждение «Управлением «Ростовмелиоводхоз», г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

<sup>3</sup>Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт им. А.К. Коргунова – филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донской государственный аграрный университет», г. Новочеркасск, Российская Федерация

## АНАЛИЗ УСЛОВИЙ РАБОТЫ ПОДВОДЯЩЕГО КАНАЛА К РЫБОЗАЩИТНОМУ СООРУЖЕНИЮ ВОДОЗАБОРА АЗОВСКОЙ ОРОСИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

*Представлены результаты натурных исследований, выполненных на подводящем канале, с целью оценки возможностей поступления воды с расчётным расходом 22,0 м<sup>3</sup>/с, а также условий попадания молоди рыб из Весёловского водохранилища к рыбозащитному сооружению водозабора насосной станции НС-42 Азовской оросительной системы в Ростовской области. В связи со значительными объёмами забора воды на орошение, одним из основных условий эффективного сохранения рыбных запасов при водохозяйственном строительстве является защита и отведение рыбы из опасной для неё зоны водозабора с сохранением жизнеспособности. Исследования выполнялись по общепринятой методике и включали: визуальную оценку состояния откосов канала по всей его длине; измерение глубин; построение плана в изобатах и горизонталях – для возможности сопоставления с проектными отметками; выявление расхождений с проектным решением; выработку рекомендаций по устранению недостатков и причин. Полученные данные о состоянии русла канала позволили оценить условия формирования потока на подходе к рыбозащитному экрану. По результатам анализа сделана оценка соответствия проектных и реальных параметров подводящего канала и даны рекомендации по улучшению условий для поступления потока к рыбозащитному сооружению.*

*Водозабор, насосная станция, рыбозащитное сооружение, подводящий канал, глубина, изобата, уровень воды.*

**Введение.** В настоящее время площадь орошаемых земель на юге России, включающая

Южный и Северо-Кавказский федеральные округа, по данным Мелиоративного Кадастра

составляет 2521,6 тыс. га или 54,0% от площади орошения в Российской Федерации. Ростовская область обладает крупными мелиоративными системами: площадь мелиорированных земель составляет 255,3 тыс. га, из которых 228,7 тыс. га орошаемых и 27,7 тыс. га осушаемых [1]. Очевидно, что решение проблемы аграрного производства и обеспечения продовольственной безопасности страны невозможно без интенсивного развития мелиоративно-водохозяйственного комплекса и гарантированного производства на мелиорированных землях сельскохозяйственной продукции.

Использование водных ресурсов в сельском хозяйстве связано с изъятием значительных объёмов воды из естественных водоисточников и воздействием на водную экосистему, в первую очередь, на ихтиофауну и других гидробионтов. Одним из основных условий эффективного сохранения рыбных запасов при водохозяйственном строительстве является защита и отведение рыбы из опасной для неё зоны водозабора с сохранением жизнеспособности с использованием специальных рыбозащитных сооружений и устройств [2-5].

В настоящее время в связи с ростом объёмов водопотребления на орошение, строительством и введением в строй современных типов рыбозащитных сооружений, в том числе на головной насосной станции НС-42 Азовской оросительной системы в Ростовской области, возникла необходимость в оценке гидрологических, технических, технологических характеристик эффективных и экологически безопасных конструкций [6].

Состав сооружения рыбозащитного комплекса на головной насосной станции НС-42 Азовской оросительной системы включает (рис. 1):

- рыбозащитное сооружение;
- подводящий канал на  $Q_{\max} = 22,0 \text{ м}^3/\text{с}$ ,  $L = 150,0 \text{ м}$ ;
- рыбоотводящий канал  $Q_{\max} = 2,0 \text{ м}^3/\text{с}$ ,  $L = 4,2 \text{ км}$ ;
- насосную станцию для рыбозащиты  $Q_{\max} = 0,125 \text{ м}^3/\text{с}$ ,  $H = 50 \div 60 \text{ м}$ .

Рабочий орган рыбозащитного сооружения представляет собой жалюзийный экран, омываемый струями воды, с отведением защищенной молоди самотечным рыбоотводом.

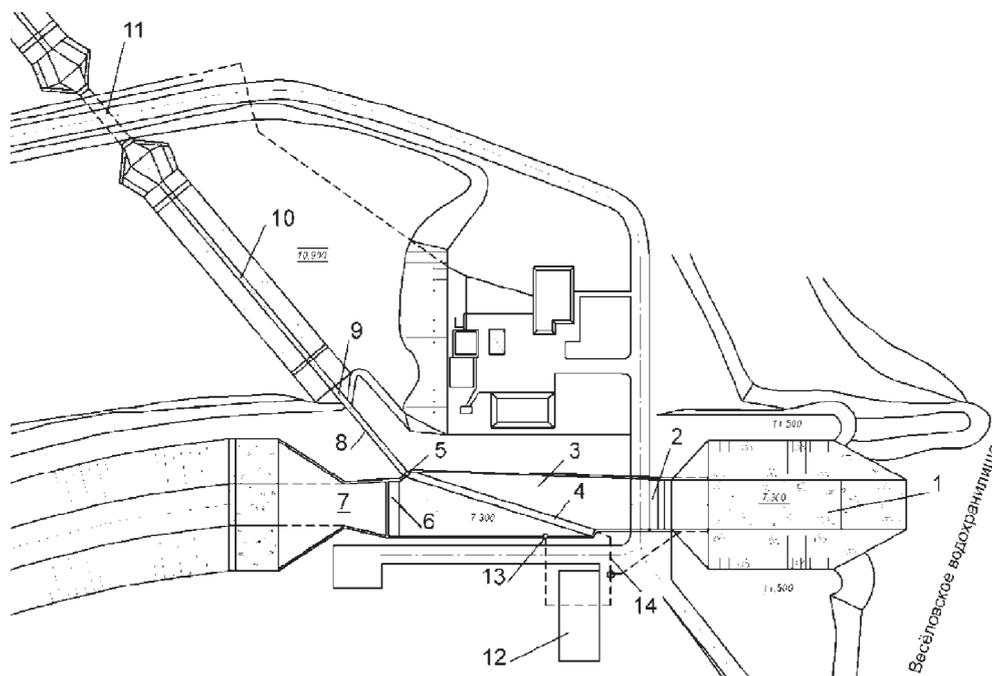


Рис. 1. План-схема объектов рыбозащитного комплекса в прибрежной зоне Весёловского водохранилища:

- 1 – подводящий канал; 2 – головное сооружение; 3 – аванкамера; 4 – жалюзийный экран;
- 5 – вход в рыбоотвод; 6 – служебный мостик отводящего канала; 7 – отводящий канал;
- 8 – целевой рыбоотвод; 9 – выходной оголовок рыбоотвода; 10 – рыбоотводящий канал;
- 11 – трубчатый переезд; 12 – здание насосной станции РЗС;
- 13 – всасывающий патрубок насосной станции РЗС; 14 – напорная труба струепродукторов

Общие сведения об объекте, постановка задачи исследований. Требования,

предъявляемые к подводящему каналу у рыбозащитного сооружения водозабора Азовской

оросительной системы, сводятся к оценке возможностей поступления воды с расчётным расходом  $22,0 \text{ м}^3/\text{с}$  к водоприемникам насосной станции, а также условий попадания молоди рыб из Весёловского водохранилища в водозабор. Площадь живого сечения по всей длине канала выполнено трапецеидальным сечением шириной по дну  $10,0 \text{ м}$ , с заложением откосов  $1:2$  с отметкой дна  $Z_{\text{дн}} = 7,30 \text{ м}$ , совпадающей с отметкой дна в аванкамере. То есть сопряжение подводящего участка канала, головного сооружения и аванкамеры по проекту должно быть «дно в дно».

Однако при режиме насосной станции  $Q_{\text{НС}} = 11,5 \text{ м}^3/\text{с}$  потери напора на РЗС оказались существенными, а в самом подводящем канале обозначился участок со стоячими волнами, свойственными для русловых комплексов типа «плёс-перекат-плёс» или пороги [7].

Возникновение этого явления на входе в водозабор даже при половинной производительности свидетельствует о наличии неблагоприятных топографических условий, влияние которых при максимальном расходе будет ещё большим. Этот фактор требует отдельного изучения. Поэтому было принято решение обследовать рельеф дна ложа подводящего канала с целью сопоставления существующего положения с проектным решением [8].

Комплекс исследований подводящего канала включает следующие действия: визуальную оценку состояния откосов канала по всей его длине; измерение глубин; построение плана в изобатах и горизонталях – для возможности сопоставления с проектными отметками; выявление расхождений с проектным решением; выработку рекомендаций по устранению неблагоприятных условий его работы [9-10].

**Результаты и обсуждение.** Визуальное обследование канала позволило установить, что сопряжение вертикальных стенок аванкамеры доковой конструкции регулятора с откосами канала осуществлено посредством ныряющей стенки с заложением  $1:2$ ; откосы канала обросли тростником. Анализ объекта по внешним признакам даёт основание сделать предварительный вывод о том, что условия для формирования потока в зоне влияния водозабора вдоль правого и левого откосов будут неодинаковыми, а, следовательно, поток, формируемый в водохранилище перед подводящим каналом и в нём самом, будет несимметричным относительно оси канала.

Для измерения глубин и исследования рельефа дна по правому берегу,

параллельно оси подводящего канала прокладывалась база – закрепленный теодолитный ход. Промеры глубин осуществлялись по поперечным створам, которые в соответствии с рекомендациями разбивались с интервалом  $15 \text{ м}$  по всей длине канала. Первые четыре створа (Пр 1 – Пр 4) ориентированы под прямым углом к оси канала, последний пятый створ (Пр 5) ориентирован параллельно береговой линии водохранилища под углом к проектной оси канала.

Как показал опыт, использование эхолота для точного измерения глубин в канале на мелководье в условиях обильной водной растительности дает погрешность, в этой связи, а также ввиду малых скоростей течений в канале, измерения глубин осуществлялись с лодки гидрометрической штангой длиной  $5,0 \text{ м}$  с сантиметровыми делениями. При измерении глубины лодка фиксировалась на тросе, натянутом через канал в створе поперечного профиля, передвигалась в створе с остановками для измерений через  $2-4 \text{ м}$ . Согласно [7, 10] точность измерения глубины с помощью гидрометрической штанги находится в пределах  $2\%$ , что вполне допустимо при проведении натуральных исследований данного класса.

Фиксация промерных вертикалей в плане осуществлялась теодолитом, установленном в точке **Т** (на пересечении нулевого створа с линией уреза правого берега вертикальной стенки аванкамеры, рис. 2) после установки лодки в промерном створе. С этой позиции фиксация методом засечек координат промерных вертикалей теодолитом осуществлялась под большим углом к поперечным профилям для большинства точек. Такой способ позволил упростить замеры глубин в точках промерных вертикалей и обеспечить их закрепление с достаточной точностью. Данные измерений записывались в журнал промеров глубин. На период проведения исследований уровень воды в Весёловском водохранилище находился на отметке  $Z_{\text{уб}} = 10,26 \text{ м}$  и был постоянным в течение всего хода проведения замеров, волнение практически отсутствовало.

План разбивки и привязки поперечных створов и результаты промеров глубин в каждом створе подводящего канала представлены на рисунке 2.

В гидрометрии подводный рельеф изображают при помощи горизонталей, пространственное распределение глубин характеризуется линиями равных глубин – изобатами.

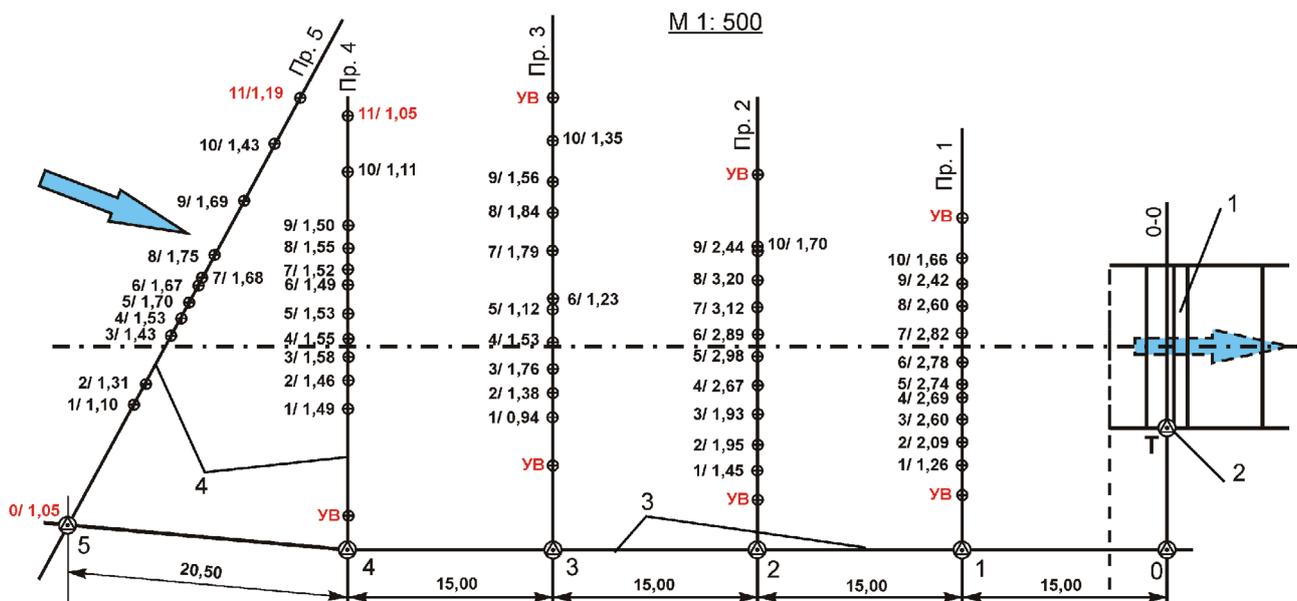


Рис. 2. Результаты промеров глубин по поперечникам в подводящем канале при отметке уровня воды в водохранилище  $Z_{\text{УВ}} = 10,26$  м:

1 – регулирующее сооружение; 2 – точка позиционирования теодолита;  
3 – базовая линия; 4 – поперечные створы

По известным глубинам и координатам были построены поперечные профили водотока, планы рельефа дна в изобатах и определены морфометрические характеристики, необходимые для анализа и гидрологической оценки канала. Сечение изобат, учитывая условия подводного рельефа, амплитуды изменения глубин и масштаб

плана, были приняты через 0,5 м, а линии уреза воды за изобаты с нулевыми глубинами.

Общий вид плана подводящего канала в изобатах при отметке уровня воды в водохранилище  $Z_{\text{УВ}} = 10,26$  м с сечением  $\Delta h = 0,5$  м на период исследований представлен на рисунке 3.

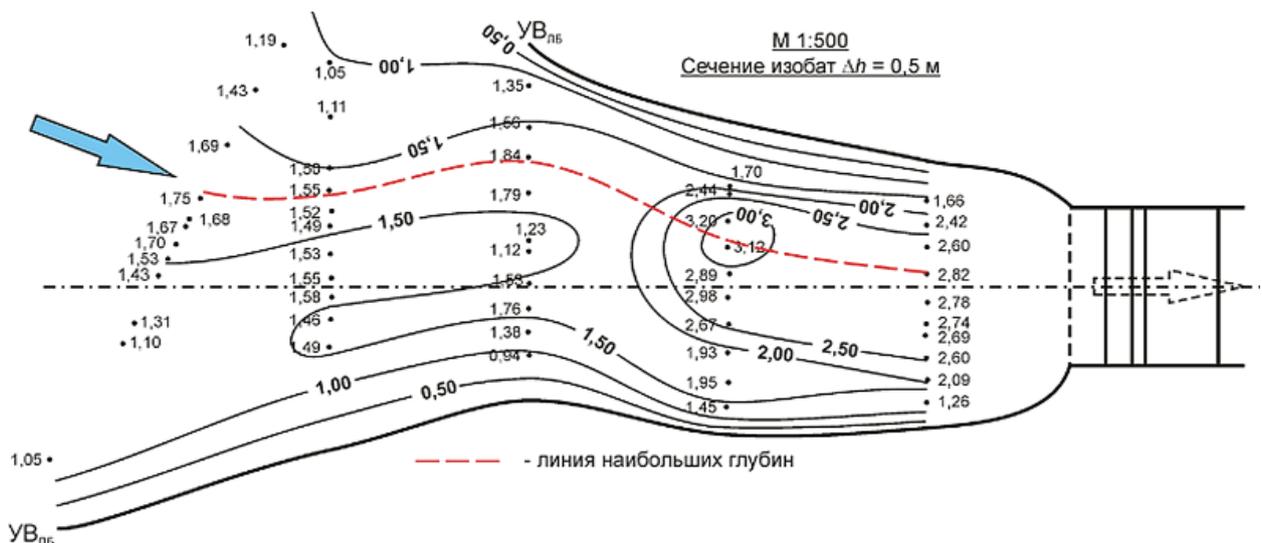


Рис. 3. План подводящего канала в изобатах при отметке уровня воды в водохранилище  $Z_{\text{УВ}} = 10,26$  м

По плану канала в изобатах был построен план в горизонталях, на который нанесены урезы воды (линии пересечения поверхности земли и воды). Точки на плане, соответствующие наибольшим глубинам

на профилях, соединённые плавной кривой, образуют линию наибольших глубин. Эта линия является горизонтальной проекцией сложной по форме вертикальной поверхности, на которой изображён рельеф

дна и форма свободной поверхности потока при различных уровнях воды.

Наличие плана подводящего канала в горизонталях позволяет произвести сравнение существующего рельефа дна в ложе подводящего канала (в абсолютных

отметках) с проектными отметками дна. Такое планово-высотное сопоставление с проектным решением представлено на плане подводящего канала (рис. 4) в горизонталях при отметке уровня воды в водохранилище  $Z_{УВ} = 10,26$  м.

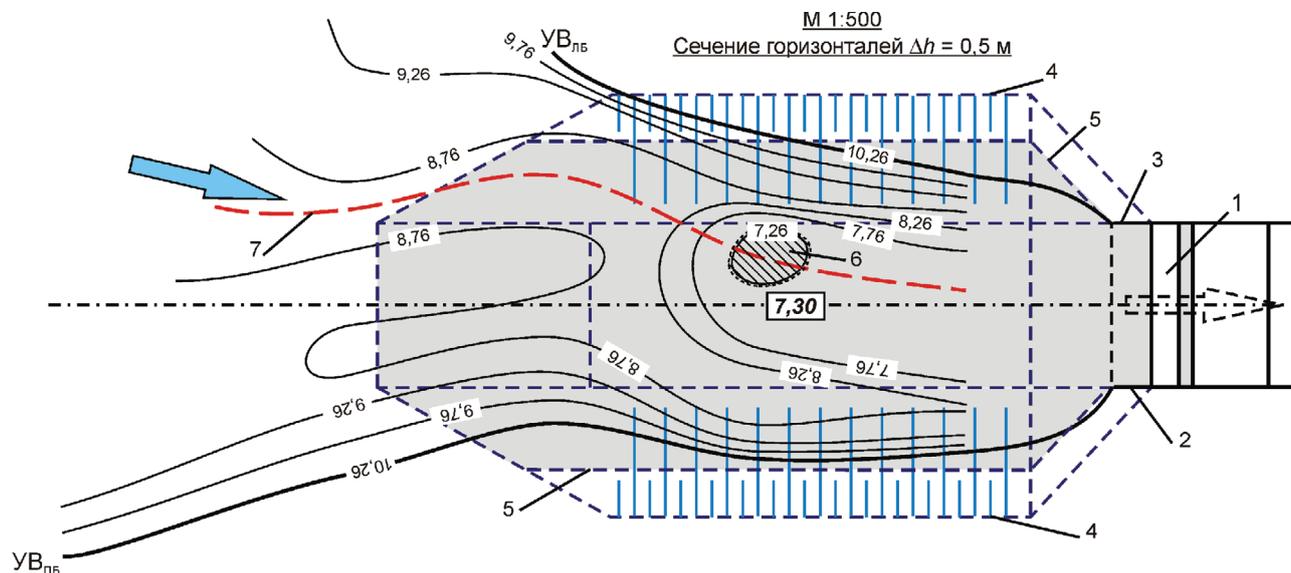


Рис. 4. План подводящего канала в горизонталях в сравнении с проектным решением при отметке уровня воды в водохранилище  $Z_{УВ} = 10,26$  м

- 1 – регулирующее сооружение; 2, 3 – ныряющие стенки; 4 – проектная линия бровки канала;
- 5 – проектная линии уреза воды при отметке 10,26 м;
- 6 – участок дна канала с отметками ниже проектной; 7 – линия максимальных глубин

Проектный вариант представлен на рисунке затенённой областью проекции канала (трапециoidalного сечения, с отметкой по дну  $Z_{дн} = 7,30$  м, с заложением откосов 1:2) на горизонтальную плоскость.

Из сравнения видно, что в целом отметки дна существующего рельефа превышают проектные значения практически на всей площади ложа канала. Исключением является небольшой участок (поз. 6 на рис. 4) в створе второго поперечного профиля, отметки дна которого ниже  $Z_{дн} = 7,30$  м. Разность отметок по дну канала достигает 1,5 м. Также видны расхождения в очертаниях урезов воды (поз. 5. на рис. 4) при  $Z_{УВ} = 10,26$  м.

В целом следует отметить несоответствие существующего рельефа дна и откосов подводящего канала рыбозащитного сооружения, проектному варианту, что объясняется низким качеством строительных работ при снятии перемычки в пределах входной части канала и последующим его заилением на начальной стадии заполнения сооружения. Это привело к тому, что поступление потока в канал происходит с большими скоростями, увеличивая риск попадания молоди

рыб в водозабор. Линия максимальных глубин, а, следовательно, максимальных скоростей и удельных расходов (поз. 7 на рис. 4) находится не в центральной части, а в непосредственной близости к левому берегу.

Учитывая большую протяжённость правой береговой линии в сравнении с левой, а также высокую степень зарастания правого откоса подводящего канала тростником, можно заключить, что водозаборный поток, формируясь в своём движении по пути наименьшего сопротивления, имеет максимальные скорости на динамической оси, сдвинутой от оси сооружения к левому откосу подводящего канала. Тем самым создаются условия для неравномерного распределения молоди рыб по ширине русла, снижающие в последующем эффективность работы рыбозащитного экрана.

### Заключение

Топографические условия во входном участке подводящего канала к рыбозащитному сооружению водозабора Азовской оросительной системы не соответствуют проектным, способствуют увеличению скоростей,

а также смещению линии максимальных скоростей и удельных расходов к левому откосу подводящего канала. Это, в свою очередь, оказывает влияние на неравномерность распределения, как скоростей (расходов) воды, так и молоди рыб в аванкамере и непосредственно перед жалюзийным экраном.

Причиной образования стоячих волн на поверхности воды во входной части подводящего канала является наличие мелководья на этом участке канала с обильной водной растительностью.

В целом проведенные исследования указывают на необходимость выполнения дноуглубительных работ в пределах входной части и расчистку русла самого канала.

#### Библиографический список

1. Отчёт о реализации I этапа (2014-2016 годы) федеральной целевой программы «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения России на 2014-2020 годы». – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2017. – 88 с.
2. Павлов Д.С., Пахоруков А.М. Биологические основы защиты рыб от попадания в водозаборные сооружения. – М.: Лёгкая и пищевая пром-сть, 1983. – 264 с.
3. Павлов Д.С., Скоробогатов М.А. Миграции рыб в зарегулированных реках. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2014. – 413 с.
4. Михеев П.А. Рыбозащитные сооружения и устройства – М.: «Рома», 2000. – 405 с.
5. СП101.1333.2012 Подпорные стены, судоходные шлюзы, рыбопропускные и рыбозащитные сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.06.07-87. – М.: 2012.

6. Михеев П.А., Перельгин А.И. Рыбоотводы гидротехнических сооружений: монография. – Р.на/Д.: Феникс, 2014. – 265 с.

7. Железняков Г.В., Овчаров Е.Е. Инженерная гидрология и регулирование стока: учебник. – М.: Колос, 1993. – 464 с.

8. Лапшенков В.С. Руслевая гидротехника (практическое пособие) – Новочеркасск: НГМА, 1999. – 407 с.

9. Караушев А.В. Проблемы динамики естественных водных потоков. – Л.: Гидрометеорологическое изд-во, 1960. – 340 с.

10. Лучшева А.А. Практическая гидрометрия. Изд. 2-е. перераб. и доп. – Л.: Гидрометиздат, 1983. – 423 с.

Материал поступил в редакцию 21.05.2020 г.

#### Сведения об авторах

**Михеев Павел Александрович**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой сельскохозяйственного строительства и экспертизы объектов недвижимости ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, г. Москва, Б. Академическая, 44; e-mail: mikheev.pa@gmail.com

**Назаренко Владимир Александрович**, кандидат технических наук, заместитель директора ФГБУ «Управление «Ростовмелиоводхоз»; 344038, Ростовская обл, г. Ростов-на-Дону, Михаила Нагибина пр-кт, 14-А; e-mail: vodhoz\_1@rambler.ru

**Боровской Владимир Петрович**, кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры водоснабжения и использования водных ресурсов ФГБОУ ВО «Донской ГАУ, НИМИ»; 346493, Ростовская обл., пос. Персиановский, Кривошлыкова, 24; e-mail: vladimbor@mail.ru

**P.A. MIKHEEV<sup>1</sup>, V.A. NAZARENKO<sup>2</sup>, V.P. BOROVSKOY<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Federal state budgetary educational institution of higher education «Russian state agrarian university – MAA named after S.A. Timiryazev», Moscow, Russian Federation

<sup>2</sup> Federal State Budgetary Institution «Management «Rostovmeliovodkhoz»», Rostov-on-Don, Russian Federation

<sup>3</sup> Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute named after A.K. Kortunov – a branch of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Don State Agrarian University», Novocherkassk, Russian Federation

## ANALYSIS OF THE WORKING CONDITIONS OF THE HEADRACE CANAL TO THE FISH PROTECTION STRUCTURE OF THE WATER INTAKE OF THE AZOV IRRIGATION SYSTEM

*The results of field studies performed on the headrace canal with the aim of assessing the possibilities of water supply with an estimated flow rate of 22.0 m<sup>3</sup>/s, as well as the conditions for penetration of juvenile fish from the Vesolovsky reservoir to the fish protection structure of the water intake of the pumping station NS-42 of the Azov irrigation system in Rostov Region, are presented. Due to the significant volumes of water withdrawal*

for irrigation, one of the main conditions for the efficient conservation of fish stocks during water management construction is the protection and diversion of fish from the dangerous water intake zone while maintaining viability. The studies were carried out according to the generally accepted methodology and included: a visual assessment of the condition of the channel slopes along its entire length; depth measurement; building a plan in isobaths and horizontals – for the possibility of comparing with design marks; identification of discrepancies with the design decision; development of recommendations for eliminating drawbacks and causes. The obtained data on the channel state of the headrace canal made it possible to evaluate the conditions for the formation of the flow while approaching the fish screen. Based on the results of the analysis, an assessment is made about the conformity of design and actual parameters of the head race canal and recommendations are given for improving the conditions for the flow to the fish protection structure.

*Water intake, pumping station, fish protection structure, head race canal, depth, isobaths, water level.*

### References

1. Otchet o realizatsii 1 etapa (2014-2016 gody) federalnoj tselevoj programmy «Razvitie melioratsii zemel selskohozyajstvennogo naznacheniya Rossii na 2014-2020 gody». – M.: FGBNU «Rosinformagroteh», 2014. – 88 s.

2. **Pavlov D.S., Pakhorukov A.M.** Biologicheskie osnovy zashchity ryb ot popadaniya v vodozabornye sooruzheniya. – M.: Legkaya i pishchevaya promyshlennost, 1983. – 264 s.

3. **Pavlov D.S., Skorobogatov M.A.** Migratsii ryb v zaregulirovannyh rekah. – M.: Tovarishestvo nauchnyh izdanij RMK. 2014. – 413 s.

4. **Mikheev P.A.** Fish Protection Structures and Devices. – M.: «Roma», 2000. – 405 p.

5. SP 101.1333.2012 CII101.1333.2012 Podpornye steny, sudohodnye shlyuzy, rybo-propusknye i rybozashchitnye sooruzheniya. Aktualizirovannaya redaktsiya SNIIP 2.06.07.87. – M.: 2012.

6. **Mikheev P.A., Perelygin A.I.** Rybootvody gidrotehnicheskikh sooruzhenij: monografiya. – Rostov-na-Donu: Feniks, 2014. – 265 s.

7. **Zheleznyakov G.V., Ovcharov E.E.** Inzhenernaya gidrologiya i regulirovanie stoka: uchebnik. – M.: Kolos, 1993. – 464 s.

8. **Lapshenkov V.S.** Ruslovaya gidrotehnika (prakticheskoe posobie). – Novocherkassk: NGMA, 1999. – 407 s.

9. **Karaushev A.V.** Problemy dinamiki estestvennyh vodnyh potokov. – L.: Hydrometeorologicheskoe izd-vo, 1960. – 340 s.

10. **Luchsheva A.A.** Prakticheskaya gidrometriya. Izd. 2-e. pererab. i dop. – L.: Gidrometizdat, 1983. – 423 s.

The material was received at the editorial office  
21.05.2020

### Information about the authors

**Mikheev Pavel Alexandrovich**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Agricultural Construction and Expertise of Real Estate Objects FSBEI HE Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after C.A. Timiryazev; e-mail: mikheev.pa@gmail.com

**Nazarenko Vladimir Petrovich**, Candidate of Technical Sciences, Deputy Director of the Federal State Budgetary Institution «Management «Rostovmeliovodkhoz»; e-mail: vodhoz\_l@rambler.ru

**Borovskoy Vladimir Petrovich**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Water Supply and Use of Water Resources, Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute of A.K. Kortunov name FSBEI HPE «Don State Agrarian University»; e-mail: vladimbor@mail.ru