

УДК 626.88

DOI: 10.31774/2658-7890-2019-2-130-147

О. А. Баев, А. Ю. Гарбуз

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск,
Российская Федерация

КОМПОНОВОЧНО-КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ РАССРЕДОТОЧЕННЫХ СИСТЕМ ВОДНОГО ПИТАНИЯ РЫБОВОДНЫХ БАССЕЙНОВ

Цель исследования – разработка компоновочно-конструктивных решений рассредоточенных систем водного питания рыбоводных бассейнов. Объект исследования – системы водоснабжения бассейнов различного рыбоводно-функционального предназначения. Предмет исследования – компоновки и конструкции водоподающих галерей, обеспечивающих водоснабжение и регулирование водного режима в рыбоводных бассейнах. Анализ современного состояния использования водно-ресурсного потенциала оросительных и оросительно-обводнительных каналов свидетельствует о реальной возможности устройства и использования питающихся из них водой приканальных рыбоводных комплексов. Основным функциональным компонентом таких комплексов являются рыбоводные бассейны, используемые для выращивания и культивирования различных видов рыб до разных стадий их роста и развития. Эффективное и высокопродуктивное функционирование таких бассейнов обеспечивается при соответствующих потребностям культивируемых гидробионтов режимах водной среды их обитания. Регулирование водных режимов в акваториях рыбоводных бассейнов обеспечивается системами их водного питания. К наиболее приемлемым видам таких систем относятся рассредоточенные системы различного компоновочно-конструктивного исполнения, описание вариантов которых приведено в материалах статьи. Основным функционально-конструктивным элементом таких систем являются водовыпускные галереи. В результате проведенного исследования предложены компоновочные схемы продольного, поперечного и комбинированного расположения галерей и их конструктивные решения.

Ключевые слова: рыбоводный бассейн, системы водного питания, водовыпускная галерея, конструкция галерей, расчет галерей, водоснабжение рыбоводных бассейнов.

O. A. Baev, A. Yu. Garbuz

Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk,
Russian Federation

CONSTRUCTIVE-LAYOUT ARRANGEMENT OF DISTRIBUTED WATER FEEDING SYSTEMS OF FISH-BREEDING RESERVOIRS

The aim of the research is the development of constructive and layout arrangement for distributed systems of water supply of fish-breeding reservoirs. The object of the study is the water supply systems of basins of various fish-breeding and functional applications. The subject of the study is the layout and design of water delivery structures providing water supply and water control in fish-breeding reservoirs. The analysis of the current state of the use of water-resource potential of irrigation and dual-purpose canals indicates the real capability of installation and using the canalside fish-breeding complexes that are fed by their

water. The main functional components of such complexes are fish reservoirs used for breeding and cultivating various types of fish to different stages of their growth and development. The efficient and highly productive functioning of such basins is provided with the water regimes of their habitat corresponding to the needs of cultivated hydrobionts. The of water regimes regulation in fish-breeding basins is provided by their water supply systems. The most acceptable types of such systems are dispersed systems of different layout and design, the description of which is given in the article. The main functional and constructive elements of such systems are outlet galleries. As a result of the research conducted, layout schemes for the longitudinal, transverse, and combined arrangement of galleries and their design solutions were proposed.

Key words: fish-breeding reservoir, water supply systems, water outlet gallery, gallery design, gallery calculation, water supply of fish-breeding reservoirs.

Введение. Современные подходы к природопользованию ориентируют специалистов на повышение комплексности и эффективности использования природных ресурсов. Указанный подход в полной мере соответствует требованиям к использованию водно-ресурсного потенциала водных объектов оросительных и оросительно-обводнительных систем [1]. К одному из направлений реализации указанного требования относится создание и использование приканальных рыбоводно-мелиоративных комплексов, питающихся водой из оросительных каналов [2–5].

Определяющими функциональными компонентами рыбоводно-мелиоративных комплексов являются рыбоводные бассейны различного рыбоводного назначения [6, 7]. Эффективность рыбоводческого процесса по культивированию различных видов рыб в рыбоводных бассейнах, в определяющей мере, зависит от состояния, качества и режимов формируемой в них водной среды обитания гидробионтов. Регулирование состояния водной среды в разнофункциональных рыбоводных бассейнах обеспечивает система их водного питания (водоснабжения или водорегулирования).

Системы водного питания обеспечивают заполнение рыбоводных бассейнов водой, восполнение потерь воды на фильтрацию, испарение и утечки, регулирование проточности и водообмена, создают и поддерживают определенный скоростной режим течений в акватории бассейна [8].

В большей мере рыбоводным требованиям соответствуют системы с рассредоточенной подачей воды в акваторию бассейнов (рассредоточен-

ные системы водного питания (водоснабжения) рыбоводных бассейнов). Рассредоточенная подача воды в таких системах осуществляется посредством водоподающих галерей различного компоновочного расположения и конструктивного исполнения. На разработку вариантов компоновочно-конструктивных решений водоподающих галерей, являющихся базовым элементом систем водного питания рыбоводных бассейнов, направлены выполненные конструктивные проработки и исследования.

Материалы и методы. Основу материала статьи составляют авторские компоновочные, конструктивные и аналитические разработки систем водного питания рыбоводных бассейнов. При проведении исследования использовались методы научного анализа, а при разработке конструктивных решений применялись методы поискового конструирования.

Результаты и обсуждение. Компоновочно-конструктивные решения систем водного питания бассейнов в значительной степени определяются компоновочно-конструктивными решениями рыбоводных комплексов, составляющих их рыбоводных бассейнов различного назначения, требованиями рыбоводного обоснования конструкций, режимов рыбоводческого процесса по искусственному культивированию различных видов рыб.

Проведению компоновочных и конструктивных проработок систем водоснабжения предшествует выполнение расчетов по определению необходимых расходов систем водного питания рыбоводных бассейнов.

Величина необходимого для рыбоводческого функционирования бассейнов расхода определяется: расходом, необходимым для заполнения бассейна водой в определенные рыбоводным обоснованием сроки; расходом воды, необходимым для поддержания определенного уровня проточности в бассейне, восполнения потерь и обеспечения полного водообмена.

Расход водоподдачи системы водного питания (водоснабжения) на заполнение бассейна ($(Q_c)_{\text{зап}}$, м³/с) определяется объемом его водного пространства (W_6 , м³) и принятой в рыбоводном обосновании продолжительно-

стью наполнения рыбоводного бассейна водой (T_3 , с) по соотношению:

$$(Q_c)_{\text{зап}} = W_6 / T_3.$$

Условие обеспечения необходимой проточности (средней скорости течения в среднем по площади поперечном сечении бассейна) обеспечивается подачей в бассейн расхода, определяемого по соотношению вида:

$$(Q_c)_{\text{пр}} = \bar{V}_{\text{пр}} \cdot \bar{h}_6 \cdot \bar{B}_6,$$

где $\bar{V}_{\text{пр}}$ – средняя расчетная скорость течения в рыбоводном бассейне, м/с;

\bar{h}_6 – средняя глубина воды в акватории рыбоводного бассейна, м;

\bar{B}_6 – средняя ширина акватории рыбоводного бассейна, м.

В случае, когда рыбоводным обоснованием требование обеспечения необходимой проточности не предусматривается, определяется расход системы водоснабжения бассейна, обеспечивающий полную смену объема воды в нем (W_6 , м³/с), или полный водооборот $(Q_c)_{\text{в/о}}$ за определенный временной период ($T_{\text{в/о}}$, с) с учетом восполнения потерь воды на испарение (W_6 , м³/с), фильтрацию ($W_{\text{ф}}$, м³/с) и (или) утечки ($W_{\text{ут}}$, м³/с) по зависимости:

$$(Q_c)_{\text{в/о}} = W_6 / T_{\text{в/о}} + W_{\text{п}} / T_{\text{в/о}},$$

где $W_{\text{п}} = W_{\text{ф}} + W_{\text{ис}} + W_{\text{ут}}$ – объем потерь воды за период водообмена, м³;

$W_{\text{ф}}$ – объем потерь воды на фильтрацию. При устройстве в ложе бассейна противофильтрационного покрытия величина фильтрационных потерь принимается равной 2 % объема рыбоводного бассейна, м³;

$W_{\text{ис}}$ – объем потерь воды на испарение с водной поверхности акватории бассейна в течении периода полного водообмена, м³;

$W_{\text{ут}}$ – объем потерь воды на утечки и другие непроизводительные потери воды, м³, который рассчитывается по соотношению:

$$W_{\text{ут}} = 0,005 - 0,01 \cdot W_6.$$

За расчетное значение расхода системы водного питания (водоснабжения) рыбоводного бассейна принимается наибольшее его значение (Q_p), м³/с.

Компоновочные решения рассредоточенных («галерейных») систем подачи воды в рыбоводные бассейны различают на: продольные, поперечные и комбинированные схемы расположения водоподающих галерей относительно продольных и поперечных осей рыбоводных бассейнов.

В продольных схемах водоснабжения водоподающие галереи располагаются вдоль рыбоводного бассейна по направлению течения в них. В зависимости от ширины бассейна и рыбоводных требований по скорости течения в бассейне и сочетанию плановых размеров разноскоростных шлейфов рассматриваются проиллюстрированные рисунком 1 одно- и двухниточные схемы руслового (внутрибассейнового) расположения продольных галерей (продольного расположения водоподающих галерей).

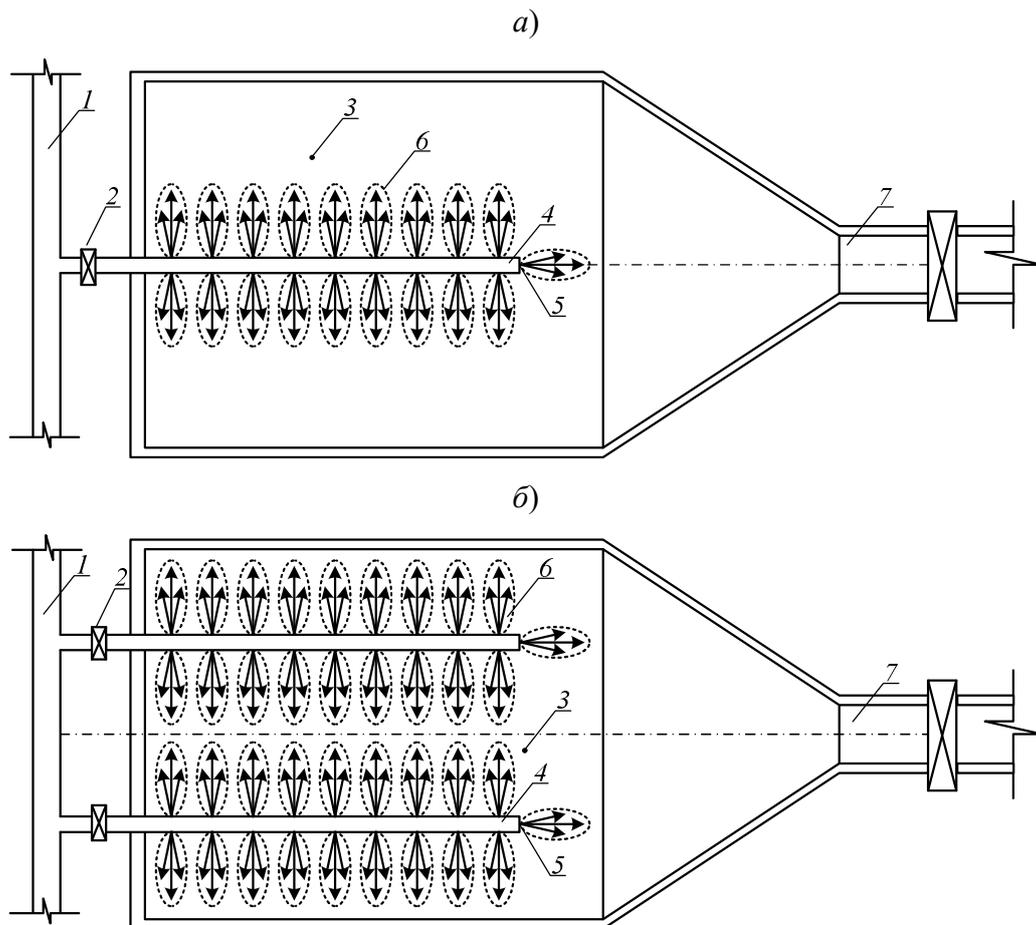
При проектировании, в зависимости от требований рыбоводного обоснования (по степени покрытия акватории рыбоводного бассейна разноскоростными шлейфами) могут рассматриваться трех- и более галерейные системы водоснабжения бассейнов как с симметричным, так и асимметричным их русловым (внутрибассейновым) размещением.

В конструктивном отношении перспективны схемы с береговым и вдольбассейновым размещением водоподающих галерей (рисунок 2).

Продольная компоновочная схема руслового и берегового расположения водоподающих галерей в бассейнах позволяет создавать:

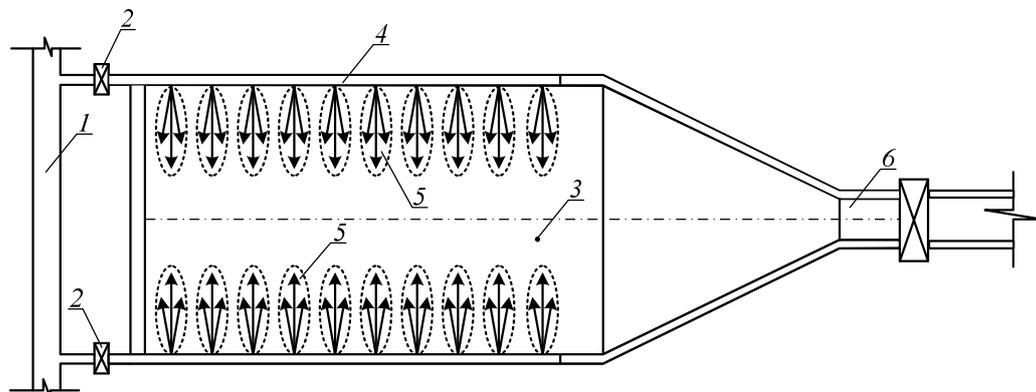
- разноскоростные области («шлейфы скоростей») в пределах зон влияния водных струй, исходящих из водовыпускных отверстий [8];
- в зависимости от требований рыбоводного обоснования скоростные шлейфы могут покрывать часть или всю акваторию бассейна.

Геометрические и скоростные характеристики создаваемых шлейфов скоростей могут быть определены по методикам, приведенным в [9–12].



а) одnogалерейная схема водоснабжения бассейна с русловым размещением галереи и двухсторонним расположением водовыпускных отверстий; б) двухгалерейная схема водного питания бассейна с раздельным подводом воды к галереям; 1 – подводящий водовод; 2 – затвор (задвижка); 3 – рыбоводный бассейн; 4 – водоподающая галерея; 5 – водовыпускное отверстие; 6 – разноскоростной шлейф; 7 – водорыбоспуск

Рисунок 1 – Варианты руслового размещения продольных водоподающих галерей в рыбоводных бассейнах



1 – подводящий водовод; 2 – затвор (задвижка); 3 – рыбоводный бассейн; 4 – водоподающая галерея; 5 – водовыпускное отверстие; 6 – водорыбоспуск

Рисунок 2 – Схема продольного берегового размещения водоподающих галерей

Определенную проблему использования продольных схем представляет реальное увеличение средних по живому сечению водного потока в разных поперечных сечениях и в различных зонах бассейнов. При этом для бассейнов, выполненных без уклона, характерно системное увеличение средних скоростей течения от головной части бассейна к концевой. В бассейнах с системно увеличивающейся глубиной в направлении водорыбоспуска увеличение скорости течения может быть нейтрализовано, соответствующим подаваемым расходам, увеличением площадей поперечного сечения водного потока. Необходимое по рыбоводному обоснованию равенство средних скоростей течения в различных поперечных сечениях бассейнов может быть обеспечено сбалансированным увеличением проточных расходов и площадей поперечного сечения водного потока.

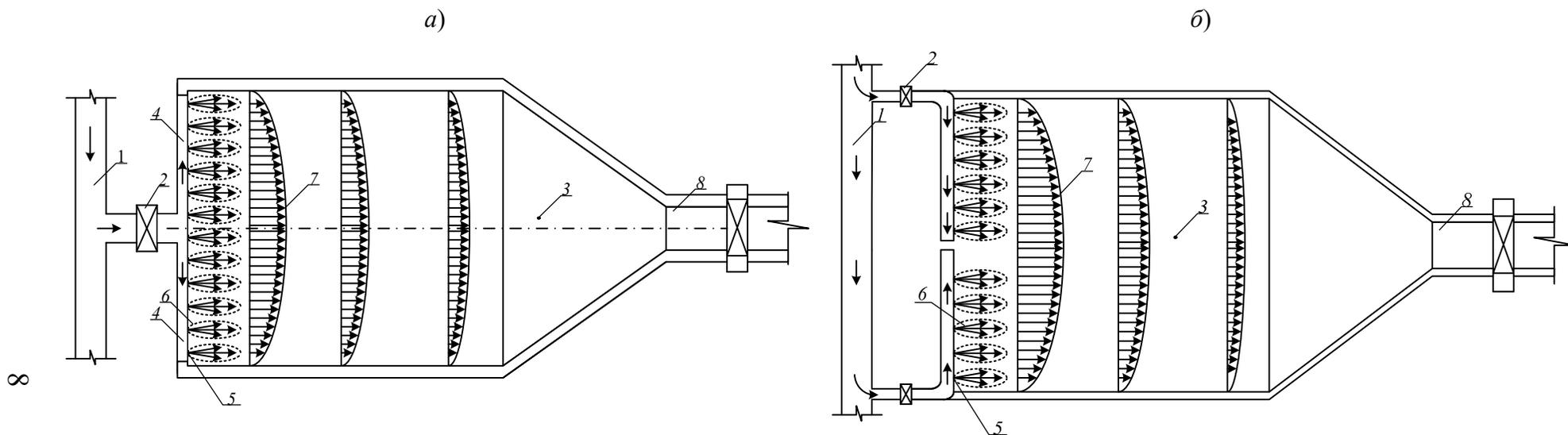
Равномерное распределение скоростей потока по ширине рыбоводного бассейна обеспечивается при использовании поперечных схем размещения галерей, варианты устройства которых приведены на рисунке 3.

Недостатками поперечных схем расположения галерей являются:

- неравномерность распределения средних по живому сечению водного потока в различных удаленных от головного (водовыпускного) створах вниз по направлению течения в бассейнах с положительным уклоном дна к водорыбоспускному сооружению;

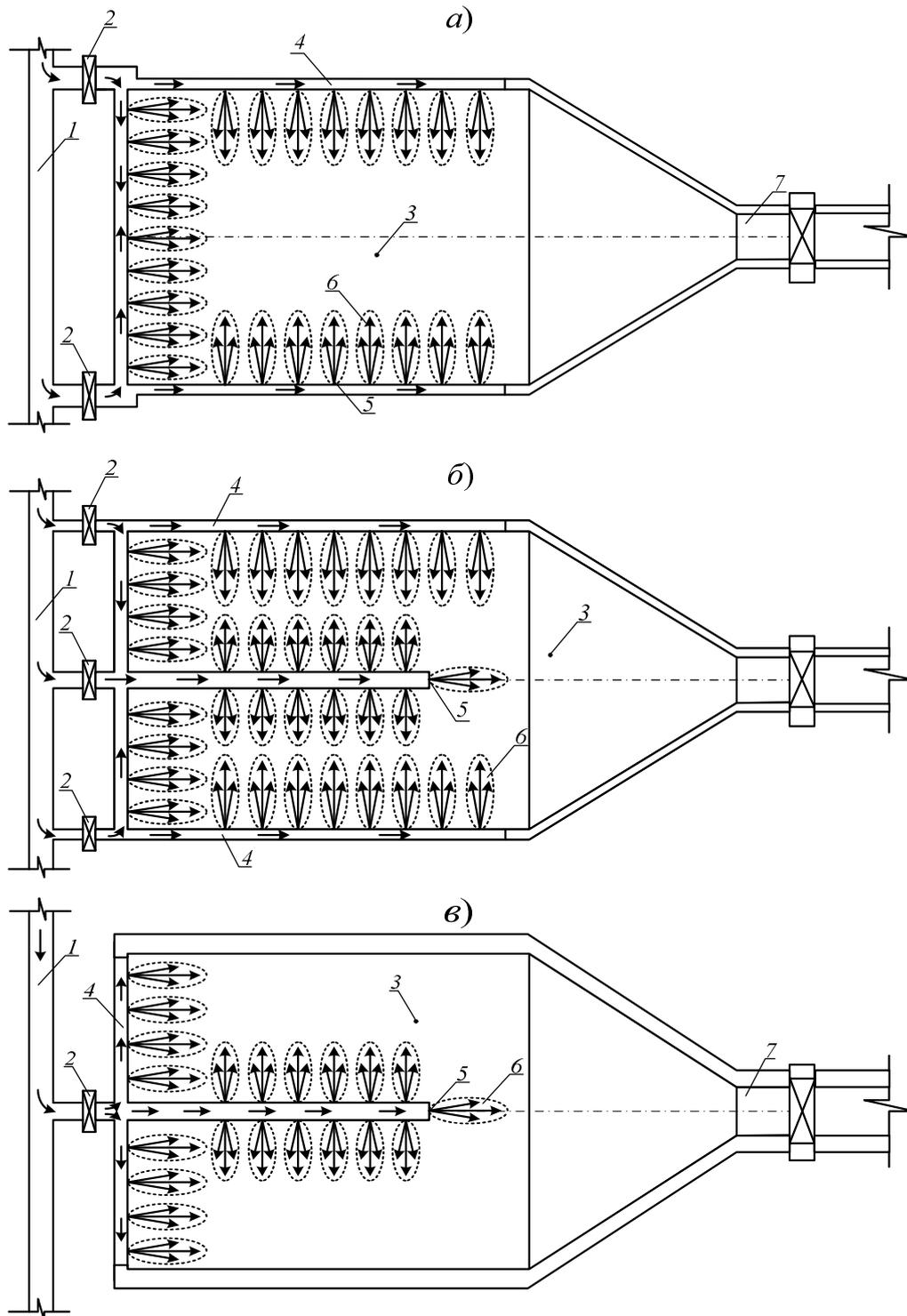
- ограниченность (обычно более аэрированной) зоны с разноскоростным течением водного потока участком рыбоводного бассейна, прилегающей к головной его части.

Учитывая положительные и отрицательные особенности продольной и поперечной компоновок водовыпускных галерей систем водоснабжения бассейнов предлагаются комбинированные схемы (рисунок 4).



а) поперечная схема расположения водовыпускных галерей водоснабжения рыбоводного бассейна с центральным подводом воды;
 б) поперечная схема расположения двух водовыпускных галерей с локальным регулированием водоподачи; 1 – подводящий водовод; 2 – затвор (затвор); 3 – рыбоводный бассейн; 4 – водоподающая галерея; 5 – водовыпускное отверстие; 6 – разнораспределительный шлейф;
 7 – эпюра скоростей потока; 8 – водорыбоспуск

Рисунок 3 – Варианты поперечных схем расположения водовыпускных галерей в рыбоводных бассейнах с наклонным дном



а) схема размещения водоподающих галерей с русловым и береговым их расположением и разделным управлением подачи воды; *б)* схема размещения водоподающих галерей с центральным управлением подачи воды; *в)* схема размещения водоподающих галерей с центральным управлением подачи воды;
1 – подводящий водовод; *2* – затвор; *3* – рыбоводный бассейн; *4* – водоподающая галерея; *5* – водовыпускное отверстие; *6* – разноскоростной шлейф; *7* – водорыбоспуск

Рисунок 4 – Комбинированные схемы расположения питающих рыбоводные бассейны водовыпускных галерей

Регулированием расходов водоподачи по поперечно и продольно расположенным галереям можно обеспечить заданный рыбоводным обоснованием скоростной режим протекания водного потока в различных зонах акватории рыбоводного бассейна. Отметим, что в комбинированных схемах поперечные галереи обеспечивают фоновый скоростной режим протекания водного потока, а продольно расположенные галереи компенсируют дефицит средней скорости течения, возникающий за счет увеличения глубин в рыбоводном бассейне от верховой к низовой его части.

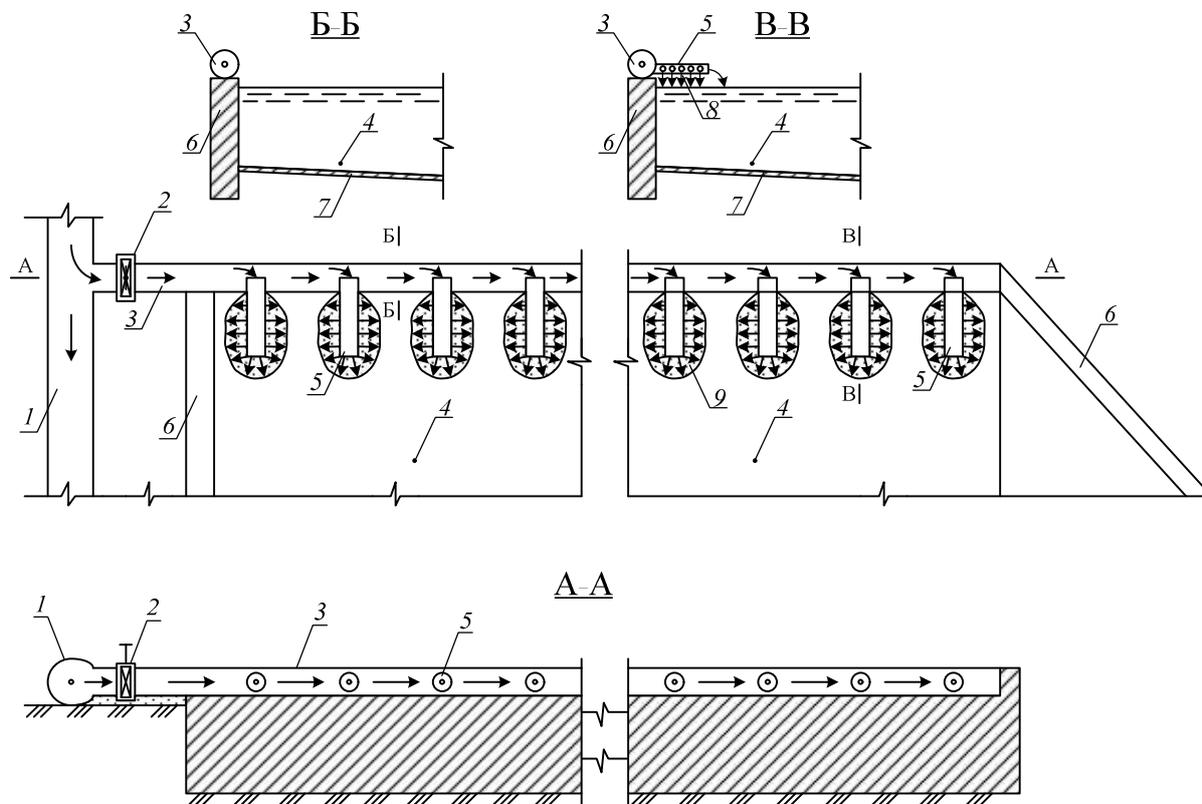
Конструктивные решения водовыпускных галерей определяются параметрами рыбоводных бассейнов и рыбоводными требованиями к условиям разведения в них различных рыб и ведения рыбоводного процесса.

В конструктивном отношении подающих галерей различают галереи: с односторонним и двухсторонним размещением водовыпускных отверстий; с выпуском воды над зеркалом акватории бассейна, (надводные галереи), на различных горизонтах водной толщи (внутриводные галереи) и у дна бассейнов (придонные галереи); трубчатые (напорные) и лотковые (безнапорные); призматические с постоянным круглым или прямоугольным поперечным сечением по длине и непризматические (с переменными по длине размерами поперечного сечения по высоте и (или) в плане).

При конструировании галерей рассматриваются различные варианты их конструкций: с круглыми или прямоугольными по форме и щелевидным водовыпускными отверстиями; с одно- и разноразмерными отверстиями; с одинаковым и переменным шагом их размещения по длине галерей; с рядовым и шахматным расположением водовыпусках отверстий.

Из широкого спектра возможных конструкций водоподающих галерей наиболее перспективным представляется конструктивное решение галереи постоянного по длине поперечного сечения прямоугольной или круглой формы с поверхностным выпуском воды из равномерно (с одина-

ковым шагом) размещенных по длине галереи равноразмерных водовыпускных отверстий круглой формы поперечного сечения (рисунок 5).



1 – подводящий водовод; 2 – затвор (задвижка); 3 – водоподающая галерея;
 4 – рыбоводный бассейн; 5 – водовыпускной патрубок; 6 – береговой устой бассейна; 7 – днище бассейна; 8 – водовыпускное отверстие патрубка;
 9 – аэрированная масса воды

Рисунок 5 – Конструктивно-расчетная схема напорной водоподающей галереи

При конструировании и определении геометрических параметров галереи проводится соответствующий гидравлический расчет.

Исходными данными и условиями для расчета размеров поперечного сечения водовыпускной галереи являются нижеследующие:

- 1) расход водовыпускной галереи (Q_r , м³/с), принимаемый с учетом предварительно принятым ее компоновочно-конструктивным исполнением и расчетным расходом системы водного питания рыбоводного бассейна;
- 2) перепад уровней воды в водоводе и на входе в галерею (Δz_r , м);
- 3) конструктивные особенности и параметры галереи (форма попе-

речного сечения – (чаще) круглая или (реже) прямоугольная), протяженность галереи (L_r , м); материал, из которого изготавливается галерея, наличие поворотов галереи и размещенных в ней регулирующих элементов.

С учетом вышеуказанных исходных данных определяются форма и размеры поперечного сечения галереи. Внутренний диаметр водовыпускной галереи круглого сечения (D_r), работающей в напорном режиме определяется по зависимости:

$$(D_r)_{z_r} = 1,129 \cdot Q_r^{0,5} / [(1 + \sum \zeta_i)^{-0,25} \cdot (2g\Delta z_r)^{0,25}],$$

где $\sum \zeta_i$ – сумма коэффициентов сопротивлений водному потоку.

На последующем этапе обоснования параметров конструкции галереи проводятся конструктивно-расчетные операции по определению расположения и размеров водовыпускных отверстий, обеспечивающих равномерный выпуск воды из водоподающей галереи в рыбоводный бассейн.

Водовыпускные отверстия, чаще всего круглого сечения, устраиваются в стенках водоподающей галереи с определенным диаметром и шагом их размещения по ее длине, значения которых устанавливают гидравлическим расчетом, выполняемым в нижеприведенной последовательности.

1 Предварительно принимается диаметр водовыпускного отверстия $d_{от} = (0,05 \pm 0,01)$ м и горизонт размещения оси отверстий на галерее (обычно в придонной по высоте ее части с выпуском воды в атмосферу или на поверхность воды в рыбоводном бассейне).

2 Определяется расчетный расход водовыпускного отверстия ($q_{от}$):

$$q_{от} = 0,785 \cdot d_{от}^2 \cdot \mu_{от} \sqrt{2g\Delta z_{от}},$$

где $\mu_{от}$ – коэффициент расхода водовыпускного отверстия;

$\Delta z_{от}$ – перепад уровней воды в галерее и на оси отверстия, м.

3 По величине общего расхода галереи (Q_r) и расходу одного водовыпускного отверстия ($q_{от}$) определяется расчетное количество отверстий

($n_{от}$) и шаг (расстояние между отверстиями) их размещения по длине водоподающей галереи ($l_{м/о}$) по нижеприведенным соотношениям:

$$n_{от} = Q_{Г} / q_{от},$$

$$l_{м/о} = L_{Г} / n_{от},$$

где $L_{Г}$ – длина галереи, м;

$n_{от}$ – количество отверстий.

4 Для принятого количества отверстий ($n_{от}$) и шага их расположения ($l_{м/о}$) проводится проверка соблюдения равномерности распределения выпуска расходов по длине галереи по нижеприведенной методике.

4.1 Водовыпускная часть галереи условно разбивается на несколько (от 5 до 10) равнопротяженных расчетных участков (с одинаковым (по участкам) количеством водовыпускных отверстий ($n_{от}$)_{уч}) длиной $l_{уч}$, м.

4.2 Расход воды ($Q_{уч}$, м³/с), подаваемой из водоподающей галереи в рыбоводный бассейн, на каждом выделенном расчетном участке составит:

$$Q_{уч} = n_{от} \cdot q_{от}.$$

4.3 Расходы воды, поступающие по водоподающей галерее на каждый расчетный участок ($Q_{уч,i}$, м³/с), определяются по соотношениям:

$$Q_{уч,i} = n_{от} \cdot q_{от} \text{ и } Q_{уч,i} = Q_{Г} - n_{от} \cdot q_{от}.$$

4.4 Определяются средние расходы воды, протекающие по водоподающей галерее в пределах каждого расчетного участка по зависимостям:

$$Q_{уч,i} = 0,5(Q_{Г} + Q_{уч,i}) \text{ или } Q_{уч,i} = 0,5(Q_{уч,i} + Q_{уч,i-1}).$$

4.5 Для каждого расчетного участка галереи определяется:

4.5.1 Величина средней скорости течения потока в галерее $\bar{V}_{уч,i}$:

$$\bar{V}_{уч,i} = Q_{уч,i} / \Omega_{Г},$$

где $\Omega_{Г}$ – площадь живого сечения галереи, м².

4.5.2 Среднее значение числа Рейнольдса ($\bar{Re}_{уч,i}$) по зависимости:

$$\overline{\text{Re}}_{\text{уч},i} = V_{\text{уч},i}^{4\overline{R}_i} \cdot \nu^{-1},$$

где $\overline{R}_i = \Omega_r / \chi_r$ – гидравлический радиус водоподающей галереи, м;

$\chi_r = \pi D_r$ – смоченный периметр водоподающей галереи, м;

ν^{-1} – кинематическая вязкость жидкости, м²/с.

4.5.3 Коэффициент трения на рассчитываемом участке галереи ($\overline{\lambda}_{\text{уч},i}$):

$$\overline{\lambda}_{\text{уч},i} = 0,11 \left(\frac{k_s}{4\overline{R}_{\text{уч},i}} + \frac{68}{\overline{\text{Re}}_{\text{уч},i}} \right)^{0,25},$$

где k_s – коэффициент эквивалентной шероховатости.

4.5.4 Средняя величина потерь напора на расчетном участке ($\overline{\Delta h}_{\text{уч},i}$):

$$\overline{\Delta h}_{\text{уч},i} = \overline{\lambda}_{\text{уч},i} \frac{l_{\text{уч}}}{4\overline{R}_{\text{уч},i}} \cdot \frac{V_{\text{уч},i}^2}{2g},$$

где $l_{\text{уч}}$ – длина расчетного участка, м.

4.5.5 Среднее значение напора на водовыпускном отверстии в пределах рассчитываемого участка водоподающей галереи ($z_{\text{уч},1}$), ($z_{\text{уч},i-1}$):

$$z_{\text{уч},1} = z_r - \overline{\Delta h}_{\text{уч},i} \text{ м, и } z_{\text{уч},i-1} = z_{\text{уч},i-1} - \overline{\Delta h}_{\text{уч},i},$$

где z_r – отметка уровня воды в водоподающей галерее, м.

4.5.6 Определяется величина среднего диаметра ($\overline{d}_{\text{от}}$)_{уч,i}, обеспечивающая в определенных гидравлических условиях выпуск воды с расходом ($q_{\text{от}}$) по зависимости:

$$(\overline{d}_{\text{от}})_{\text{уч},i} = 0,842 q_{\text{от}}^{0,5} / \mu_{\text{от}}^{0,5} \cdot z_{\text{уч},i}^{0,29},$$

При равенстве значений ($\overline{d}_{\text{от}}$)_{уч,i} и $d_{\text{от}}$ условие равенства расходов выпуска воды из отверстий галереи по ее длине будет выполняться. При ($\overline{d}_{\text{от}}$)_{уч,i} $\neq d_{\text{от}}$ расчет повторяется при других значениях $d_{\text{от}}$ и $l_{\text{м/о}}$ до получения необходимого соответствия. При конструировании галерей могут рассматриваться варианты с разными по их длине диаметрами водовыпу-

скных отверстий или с посекционно уменьшающимися размерами живого сечения водного потока в галереях (например, сужением галерей).

При наличии должного перепада уровней воды в канале и в бассейне перспективно устройство водоподающих галерей с выпуском воды в атмосферу над поверхностью воды в рыбоводном бассейне. В этом случае полностью или частично решается задача аэрирования подаваемой в бассейн воды. При этом большой эффект аэрирования достигается при оборудовании галерей короткими трубчатыми насадками с прикрепленными к ним дефлекторами, рассекающими вытекающую из насадков водную струю на более аэрированные мелкие струйки и капли воды.

Выводы.

1 Применение рассредоточенных систем водного питания в виде соответствующих условиям рыбоводных бассейнов их компоновочно-конструктивных решений позволяет осуществлять регулируемое заполнение бассейнов, необходимую проточность в них, и обеспечивать полный водообмен, а также компенсацию потерь воды на испарение и утечки.

2 Из широкого спектра рассмотренных вариантов компоновочно-конструктивных решений галерейных систем водного питания рыбоводных бассейнов наиболее перспективной и надежной представляет система с комбинированным расположением водоподающих галерей.

3 Перспективно использование трубчатых галерей с напорным режимом протекания водного потока в них и выпуском воды из системно устроенных в них водовыпусков (трубчатых насадков) в атмосферу.

Список использованных источников

1 Щедрин, В. Н. Проблемы и перспективы использования водных ресурсов в агропромышленном комплексе России: монография / В. Н. Щедрин, Ю. М. Косиченко, С. М. Васильев; под ред. В. Н. Щедрина. – М.: Мелиоводинформ, 2009. – 342 с.

2 Конструктивные схемы и методики гидравлического расчета элементов рыбоводных комплексов на базе оросительно-обводнительных каналов / В. Н. Шкура, О. А. Баев, А. Ю. Гарбуз, Ю. М. Косиченко. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2018. – 43 с.

3 Щедрин В. Н. Рыбоводный комплекс на базе оросительного канала и малой реки / В. Н. Щедрин, В. Н. Шкура, О. А. Баев // Мелиорация и водное хозяйство. – 2018. – № 4. – С. 38–43.

4 Shi, H. Predicting the bulk average velocity of open-channel flow with submerged rigid vegetation / H. Shi, X. Liang, W. Huai // *Journal of Hydrology*. – 2019. – Vol. 572. – P. 213–225.

5 Баев, О. А. Рыбоводный комплекс на базе оросительно-обводнительного канала и малой реки / О. А. Баев, А. Ю. Гарбуз, В. Н. Шкура // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2018. – № 2(70). – С. 151–155.

6 Баев, О. А. Компонентно-конструктивные решения приканальных рыбоводных бассейнов / О. А. Баев, А. Ю. Гарбуз, В. Н. Шкура // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2018. – № 2(70). – С. 13–18.

7 Сукало, Г. М. Обоснование конструктивных решений выростных рыбоводных бассейнов / Г. М. Сукало, А. Ю. Гарбуз // Мелиорация и водное хозяйство. Инновационные технологии мелиорации, водного и лесного хозяйства Юга России: материалы Всерос. науч.-практ. конф. (Шумаковские чтения) с междунар. участием, Новочеркасск, 6–23 ноября 2018 г. / НИМИ им. А. К. Кортунова. – Новочеркасск: Лик, 2018. – Вып. 16, ч. 1. – С. 202–207.

8 Шкура, В. Н. Природообустройство: терминолог. слов. / В. Н. Шкура; Новочеркас. гос. мелиоратив. акад. – Новочеркасск, 2009. – 768 с.

9 Шкура, В. Н. Рыбопропускные сооружения. В 2 ч. Ч. 2 / В. Н. Шкура; Новочеркас. гос. мелиоратив. акад. – Новочеркасск, 1998. – 728 с.

10 Шкура, В. Н. Рыбопропускные шлюзы и рыбоприемники / В. Н. Шкура. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 136 с. – (Библиотека гидротехника и гидроэнергетика; Вып. 98).

11 Шкура, В. Н. Экспериментальные исследования зоны повышенных скоростей на подходных участках к рыбопропускным сооружениям / В. Н. Шкура // Гидротехнические сооружения мелиоративных систем: сб. ст. Серия Труды НИМИ / Новочеркас. инж.-мелиоратив. ин-т. – Новочеркасск: НИМИ, 1974. – Т. XV, вып. 6. – С. 17–23.

12 Шкура, Вл. Н. Водный режим пойменных нерестилиц в малых и средних реках бассейна реки Дон / В. Н. Шкура, А. В. Демьяненко // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс] – 2015. – № 2(18). – С. 163–176. – Режим доступа: <http://rosniipm-sm.ru/archive?n=334&id=346>.

References

1 Shchedrin V.N., Kosichenko Yu.M., Vasil'ev S.M., 2009. *Problemy i perspektivy ispol'zovaniya vodnykh resursov v agropromyshlennom komplekse Rossii: monografiya* [Problems and Prospects for the Use of Water Resources in the Agricultural Complex of Russia: a monograph]. Moscow, Meliovodinform Publ., 342 p. (In Russian).

2 Shkura V.N., Baev O.A., Garbuz A.Yu., Kosichenko Yu.M., 2018. *Konstruktivnyye skhemy i metodiki gidravlicheskogo rascheta elementov rybovodnykh kompleksov na baze orositel'no-obvodnitel'nykh kanalov* [Constructive Schemes and Methods of Hydraulic Calculation of Elements of Fishing Complexes Based on Dual-Purpose Canals]. Novocherkassk, RosNIIPM Publ., 43 p. (In Russian).

3 Shchedrin V.N., Shkura V.N., Baev O.A., 2018. *Rybovodnyy kompleks na baze orositel'nogo kanala i maloy reki* [A fish-breeding complex on the basis of an irrigation canal and a minor river]. *Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo* [Irrigation and Water Management], no. 4, pp. 38-43. (In Russian).

4 Shi H., Liang X., Huai W., 2019. Predicting the bulk of the velocity of open-channel flow with submerged rigid vegetation. *Journal of Hydrology*, vol. 572, p. 213-225.

5 Baev O.A., Garbuz A.Yu., Shkura V.N., 2018. *Rybovodnyy kompleks na baze orositel'no-obvodnitel'nogo kanala i maloy reki* [A fish-growing complex on the basis of an irrigation and feeding canal and a minor river]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture], no. 2(70), pp. 151-155. (In Russian).

6 Baev O.A., Garbuz A.Yu., Shkura V.N., 2018. *Komponovochno-konstruktivnye resheniya prikanal'nykh rybovodnykh basseynov* [Layout-constructive arrangement of canalside fish-breeding reservoirs]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture], no. 2(70), pp. 13-18. (In Russian).

7 Sukalo G.M., Garbuz A.Yu., 2018. *Obosnovanie konstruktivnykh resheniy vyrostnykh rybovodnykh basseynov* [Justification of constructive solutions of nursery fish basins]. *Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo. Innovatsionnye tekhnologii melioratsii, vodnogo i lesnogo khozyaystva Yuga Rossii: materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii (Shumakovskie chteniya) s mezhdunar. uchastiem* [Irrigation and Water Management. Innovative Technologies of Land Reclamation, Water and Forestry of the South of Russia: Proceed. All-Russian Scientific-Practical Conference (the Shumakov Readings) with International Participation]. Novochoerkassk, NIMI named after A. K. Kortunov, Novochoerkassk, Lick Publ., vol. 16, part 1, pp. 202-207. (In Russian).

8 Shkura V.N., 2009. *Prirodoobustroystvo: termonologicheskii slovar'* [Environmental Engineering. Terminological Dictionary]. Novochoerkassk State Land Reclamation Academy, Novochoerkassk, 768 p. (In Russian).

9 Shkura V.N., 1998. *Rybopropusknye sooruzheniya. V 2 chastyakh. Chast' 2* [Fish Passing Facilities. In 2 vol. Part 2,]. Novochoerkassk State Land Reclamation Academy, Novochoerkassk, 728 p. (In Russian).

10 Shkura V.N., 1990. *Rybopropusknye shlyuzy i rybopriemniki* [Fish Locks and Fish Receivers]. Moscow, Energoatomizdat Publ., 136 p. (Library of Hydraulic Engineering and Hydropower), vol. 98. (In Russian).

11 Shkura V.N., 1974. *Eksperimental'nye issledovaniya zony povyshennykh skorostey na podkhodnykh uchastkakh k rybopropusknykh sooruzheniyam* [Experiment studies of the zone of increased velocities at the entrance sites to the fishways]. *Gidrotekhnicheskie sooruzheniya meliorativnykh sistem: sb. statey Seriya Trudy NIMI* [Hydrotechnical Structures of Land Reclamation Systems: Proceed. NIMI]. Novochoerkassk Engineering Reclamation Institute, Novochoerkassk, NIMI, vol. XV, no. 6, pp. 17-23. (In Russian).

12 Shkura V.N., Dem'yanenko A.V., 2015. [Water regime of floodplain spawning at minor and medium rivers in the Don river basin]. *Nauchnyy Zhurnal Rossiyskogo NII Problem Melioratsii*, no. 2(18), pp. 163-176. (In Russian).

Баев Олег Андреевич

Ученая степень: кандидат технических наук

Должность: старший научный сотрудник

Место работы: федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации»

Адрес организации: Баклановский пр-т, 190, г. Новочеркасск, Ростовская область, Российская Федерация, 346421

E-mail: Oleg-Baev1@yandex.ru

Baev Oleg Andreevich

Degree: Candidate of Technical Sciences

Position: Senior Researcher

Affiliation: Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems

Affiliation address: Baklanovsky ave., 190, Novochoerkassk, Rostov region, Russian Federation, 346421

E-mail: Oleg-Baev1@yandex.ru

Гарбуз Александр Юрьевич

Должность: младший научный сотрудник

Место работы: федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Россий-

ский научно-исследовательский институт проблем мелиорации»

Адрес организации: Баклановский пр-т, 190, г. Новочеркасск, Ростовская область, Российская Федерация, 346421

E-mail: A.Y.Garbuz@mail.ru

Garbuz Aleksandr Yurevich

Position: Junior Researcher

Affiliation: Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems

Affiliation address: Baklanovsky ave., 190, Novocherkassk, Rostov region, Russian Federation, 346421

E-mail: A.Y.Garbuz@mail.ru