

Научная статья

Original article

УДК 626.88

DOI 10.55186/25876740\_2022\_6\_2\_8

**МОБИЛЬНОЕ РЫБОЗАЩИТНОЕ УСТРОЙСТВО МЕЛИОРАТИВНЫХ ВО-  
ДОЗАБОРОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОХРАНЫ ВОДНЫХ  
ГИДРОБИОНТОВ**

MOBILE FISH PROTECTION DEVICE FOR RECLAIM OF WATER WITHDRAW-  
ALS TO INCREASE THE EFFICIENCY OF PROTECTION  
OF WATER HYDROBIONTS



**Л. В. Моторная**, аспирант, Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина, Краснодар, Россия

**А. Е. Хаджиди**, д-р техн. наук, доцент, Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина, Краснодар, Россия

**L. V. Motornaya**, Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilina, Krasnodar, Russia

**A. E. Khadzhidi**, doctor of technical sciences, associate professor, Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilina, Krasnodar, Russia

**Аннотация:** целью исследований являлась разработка мобильного рыбозащитного устройства, которое повышает эффективность защиты мелиоративных водозаборных устройств от попадания и гибели молоди и личинок рыбы за счет обеспечения равномерного давления на гидробионты, создаваемым объемным противотоком по живому сечению призматического русла водозабора мобильным рыбоза-

щитным устройством. Натурные исследования выполнялись на водозаборных сооружениях ООО «Рассвет» Курганинского района и ООО «Союз Агро» Гулькевичского района Краснодарского края в составе оросительной системы в вегетационный период сельскохозяйственных культур. Производственные опыты выполнялись на участках малых водотоков - реки Синюха и Новокубанского канала, протекающих по территории Краснодарского края. Установлено, что повышение эффективности рыбозащиты достигается тем, что мобильное рыбозащитное устройство, установленное перед водозаборным окном и состоящее из коллектора с водоструйными насадками для создания объемного гидравлического экрана и потокоформирующих элементов, создающие противоток, направленный навстречу водозаборному потоку со скоростями, превышающими скорость подходного потока обеспечивают отвод рыб из зоны действия водозабора в безопасную зону водоисточника. Рыбозащитное сооружение имеет автономную систему очистки и подачи воды содержащее последовательно сообщенные между собой аванкамеру для воды, фильтр для ее механической очистки и насос с приводом, сообщенный с коллектором с установленными на нем в зависимости от размеров и формы водозаборного окна в шахматном порядке водоструйными насадками. Результаты исследований показывают повышение эффективности мобильного рыбозащитного устройства находится в диапазоне 84 - 90 % в зависимости от давления, количества насадков и угла наклона потокообразователя.

**Abstract:** the purpose of the research was to develop a mobile fish protection device that increases the efficiency of protection of ameliorative water intake devices from the ingress and death of juveniles and larvae of fish by providing uniform pressure on hydrobionts created by a volumetric countercurrent along the living section of the prismatic channel of the water intake by a mobile fish protection device. Field studies were carried out at the water intake facilities of Rassvet LLC, Kurganinsky District, and Soyuz Agro LLC, Gulkevichsky District, Krasnodar Territory, as part of the irrigation system during the growing season of agricultural crops. Production experiments were carried out in areas of small watercourses - the Sinyukha River and the Novokuban Canal, flowing

through the territory of the Krasnodar Territory. It has been established that an increase in the efficiency of fish protection is achieved by the fact that a mobile fish protection device installed in front of the intake window and consisting of a collector with water jet nozzles to create a volumetric hydraulic screen and flow-forming elements that create a counter-flow directed towards the intake flow with speeds, exceeding the speed of the approach flow, ensure the diversion of fish from the water intake area to the safe area of the water source. The fish protection structure has an autonomous water purification and supply system containing a water chamber for water, a filter for its mechanical cleaning and a pump with a drive connected in series with each other, connected with a collector with water intake windows installed on it, depending on the size and shape of the water intake window in a checkerboard pattern water jets. The research results show the increase in the efficiency of the mobile fish protection device is in the range of 84-90 % depending on the pressure, the number of nozzles and the angle of inclination of the flow generator.

**Ключевые слова:** мелиоративный водозабор, мобильное рыбозащитное устройство, молодь рыб, водный объект.

**Keywords:** ameliorative water intake, mobile fish protection device, fish fry, water body.

**Введение.** В настоящее время в Российской Федерации реализуется «Государственная программа эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса Российской Федерации», направленная на устойчивое развитие производства сельскохозяйственной продукции и продовольствия для обеспечения продовольственной безопасности страны [1]. В рамках программы в качестве одного из основных приоритетов и целей государственной политики выделяют задачу сохранения природных водных ресурсов. Оросительные мелиорации невозможны без источника орошения – водного объекта, из которого мелиоративным водозаборным сооружением вода забирается на полив сельскохозяйственных земель [2,3]. При этом наносится ущерб биологическим ресурсам водного объекта [4,5].

Известны конструкции мелиоративных водозаборов, на которых установлены рыбозащитные устройства [6,7,8]. Но в них не полной мере учтена сезонная изменчивость водного режима малых водотоков, когда глубины в них могут колебаться в диапазоне от минимальных значений 0,4 м до максимальных 1,0-2,0 м, при этом необходимо размещать водоприёмные отверстия водозабора под углом 60-90° к оси потока водозабора. В данных условиях бесконтактные рыбозащитные устройства являются наиболее экологичными и применимыми устройствами [9].

**Цель и объект исследования.** Целью исследований являлась разработка мобильного рыбозащитного устройства, которая осуществляет защиту молоди рыб, движущейся по всему периметру водного потока, тем самым повышается эффективность рыбозащиты водных биоресурсов. Объект исследования - мелиоративный водозабор проектной мощностью 1,200 млн. м<sup>3</sup> воды для оросительных систем ООО «Союз Агро» Гулькевичского района и ООО «Рассвет» Курганинского района Краснодарского края на Новокубанском канале и реке Синюха, соответственно. Средне месячное потребление объёма стока составляет 0,2 млн. м<sup>3</sup>. Общий забор воды не превышает 12,5 % стока 75 % обеспеченности в расчетном створе реки мелиоративного водозабора, что удовлетворяет экологическим требованиям [10].

**Материалы и методы.** Исследования проводились на водозаборных сооружениях ООО «Союз Агро» и ООО «Рассвет» в 2020-2021 гг. в период ската молоди рыбы и вегетации сельскохозяйственных культур, а для модернизации отдельных элементов рыбозащиты проводились лабораторные исследования на полномасштабной физической модели (рис. 1). Мониторинг уровней и объемов воды выполнялся с середины апреля по середину сентября. Уровни определялись по стационарным рейкам на тарированных водозаборных пролетах, что позволило установить расходы воды на орошение во время ската молоди рыбы. Объемы воды определялись по расходомеру марки АКРОН-1, установленном на водозаборном сооружении. Мелиоративный водозабор оборудуется 2 экологическими бесконтактными рыбозащитными устройствами на Новокубанском канале, который подаёт воду в канал из р. Кубань. Потокообразователь у водоприёмных окон создаёт гидравлические рыбонепроница-



молоди рыб используется теоремой импульса сил, которая для случая истечения из насадки при соударении о конус в потоке, будет иметь вид:

$$\vec{m}v_t - \vec{m}v_o = \int_o^t \vec{F} dt, \dots\dots\dots(1)$$

где  $v_t$  и  $v_o$  – скорости инерции потока жидкости в конечный и начальный момент времени, м/с.

При воздействии потока на конус, теорема изменения количества движения принимает вид:

$$F \cos \beta = \rho v_o q_n - \rho v_1 Q_1 \cos \beta_1 - \rho v_2 Q_2 \cos \beta_2, \quad (2)$$

где  $F$  – сила, действующая на конус, Н;  $\beta$  – угол конуса, град.;  $\beta_1$ ;  $\beta_2$  – углы конуса, град.;  $q_n$  – расход истечения из насадка, м<sup>3</sup>/с;  $Q_1$  и  $Q_2$  – расходы в ветвях на конусе, м<sup>3</sup>/с. Результатом решения является уравнения баланса энергии потока водозабора и энергии противотоков:

$$a Q v - Nc A q_n v_n = 0, \quad (3)$$

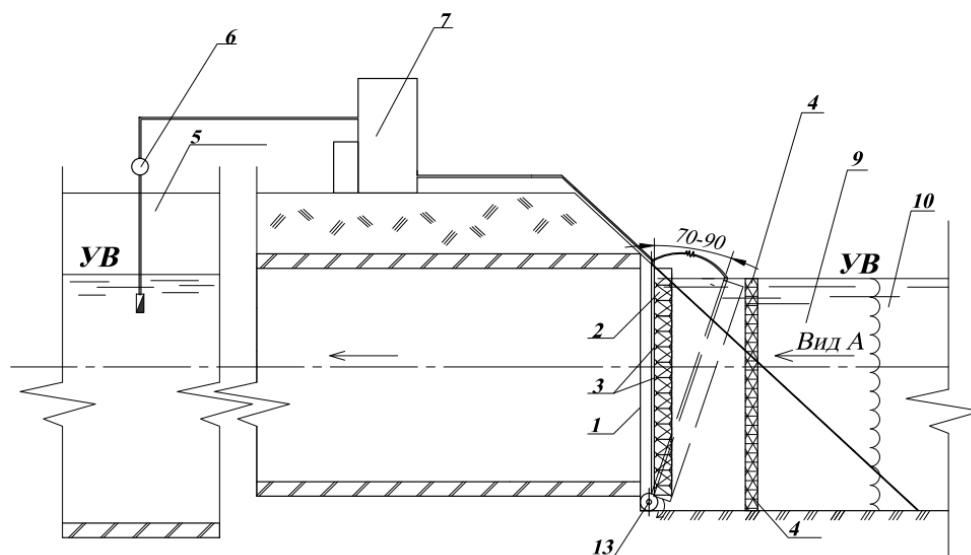
где  $a=1,1$  – коэффициент Кориолиса;  $Q$  – расход водозабора м<sup>3</sup>/с;  $v$  – скорость в водоприёмном окне, м/с;  $Nc$  – количество противотоков, шт;  $v_n$  – скорость истечения м/с;  $A$  – безразмерный коэффициент, зависящий от формы конуса, который находится из выражения:

$$A = \varepsilon d_n / \Delta - d_o^2 \cos \beta_1 / 4 d_k \delta_k, \quad (4)$$

где  $\varepsilon = 6$  (константа);  $\Delta$  – расстояние от выходного отверстия водоструйного насадка, м;  $d_o$  – диаметр выходного сечения насадка, м;  $\delta_k$  – толщина струи на конусе, м.

### Результаты и обсуждение.

Разработанное рыбозащитное устройство за счет конструктивных особенностей осуществляет защиту молоди рыб, которая движется по всему периметру. Конструкция МРЗУ представлена на рисунке 2.



- 1- водозаборное окно; 2 – коллектор; 3 – водоструйные насадки;  
 4 – объемный гидравлический экран; 5 – аванкамера; 6 – фильтр; 7 – насос; 8- конусы;  
 9 – безопасная зона; 10 – водоисточник

Рисунок 2 – Схема конструкции МРЗУ в сечении вид сбоку

Figure 2 - Scheme of the design of the MFPD in section, side view

Мобильное рыбозащитное устройство, установлено перед водозаборным окном 1 и состоит из коллектора 2 с водоструйными насадками 3 для создания защитного объемного гидравлического экрана 4 и имеет автономную систему очистки и подачи воды, содержащее последовательно сообщенные между собой аванкамеру 5 для воды, фильтр 6 для ее механической очистки и насос 7 с приводом сообщенный с коллектором 2 с установленными на нем в зависимости от размеров и формы водозаборного окна в шахматном или в линейном или в комбинированном порядке водоструйными насадками 3, соосно которым на расстоянии 3-10 см расположены пото-

коформирующие элементы, выполненные в виде конусов 8 с углом раствора  $60-130^\circ$  с вершинами направленными в их сторону, создающие противоток направленный навстречу водозаборному потоку со скоростями, превышающими скорость подходного потока и критические скорости между водоструйными насадками и конусами защищаемых рыб, обеспечивая отвод рыб из зоны действия водозабора в безопасную зону 9 водоисточника 10. На основаниях конусов установлена решетка 11 с узлами 12 расположенные соосно центров конусов и соответственно водоструйным насадкам (рис. 3,4). Нижняя часть коллектора с помощью шарнира 13 в виде паза соединена с нижней частью водозаборного окна для обеспечения установки коллектора под углом от  $70$  до  $90^\circ$  (рис.1).

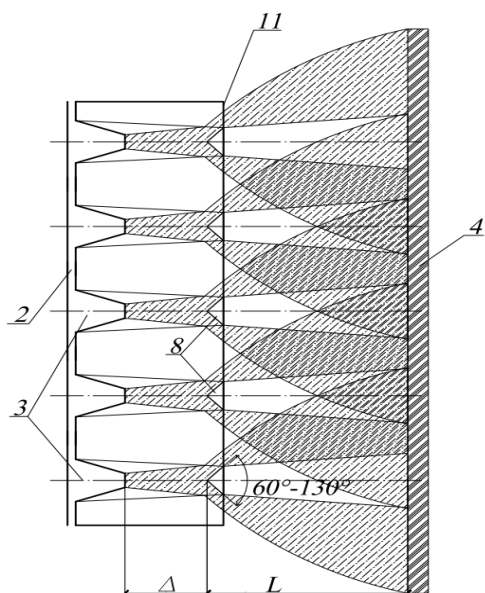


Рисунок 3 - Схема истечения из насадков образования защитного объемного гидравлического экрана  
Figure 3 - Scheme of formation of a protective volumetric hydraulic screen

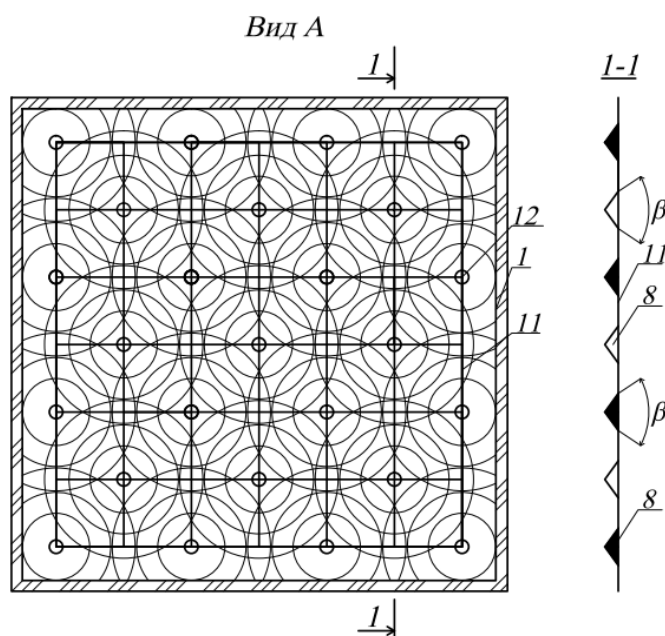


Рисунок 4 - Вид А мобильного рыбозащитного устройства на рис.1, при прямоугольной форме водозаборного окна  
Figure 4 - View A of the mobile fish protection device in Fig. 1, with a round shape of the intake window

Параметры гидравлического экрана 4 для защиты гидробионтов водотока определяются размерами и формой водоприёмных окон 1 водозабора, которые могут быть прямоугольными и круглыми, местом расположения водозабора в водотоке (боковой, тупиковый), формой коллектора 2 и расстановкой потокоформирующих элементов нём. Расстановка потокоформирующих элементов (водоструйные насадки 3 и конусы 8) принимается любой: линейной, шахматной или комбинированной, при этом водоструйные насадки 3 совместно с конусами 8 создают защитный объёмный гидравлический экран 4 с равномерной плотностью энергии противотока по живому сечению водоприёмного окна 1 на расстоянии от него  $\Delta + L = 0,5-0,7$  м, где  $\Delta$  – расстояние от выходного отверстия водоструйного насадка 3 до вершины угла конуса 8;  $L$  – расстояние от вершины угла конуса 8 до гидравлического экрана 4.

Размеры коллектора 2 меньше водозаборного окна 1 на 5-10 см. Коллектор 2 соединен с помощью шарнира 11 с нижней части водоприёмного окна 1 водозабора, такое крепление позволяет во время защиты личинок и молоди рыб управлять наклоном коллектора 2 от 70 до 90 ° относительно оси набегающего потока водозабора, при этом скорости в водоприёмном окне водозабора не более 0,1-0,2 м/с.

Мобильное рыбозащитное устройство работает следующим образом. Вода из аванкамеры 5 водозабора подаётся насосом 7 через фильтр 6 механической очистки в коллектор 2. Насос 7 создаёт рабочее давление в коллекторе 2 в диапазоне 3-4 МПа, обеспечивая критические скорости струй при истечении из водоструйных насадков 3, которые при соударении о конусы 8 растекаются по их поверхности, гася энергию струй истечения, образуя отдельные пучки струек, и при сходе струек с поверхности конусов 8 создают объёмный защитный гидравлический экран 4 (рыбонепроницаемый экран) со скоростями ниже критических для молоди рыб. Защитный объёмный гидравлический экран 4 обладает энергий противотока, которая постоянно обеспечивается за счет подачи воды насосом 7 через коллектор 2 на потокоформирующие элементы – водоструйные насадки 3 и конусы 8, благодаря этому личинки и молодь рыб не могут преодолеть сопротивление энергии противотока, и

находящиеся личинки и молодь рыб у защитного объемного гидравлического экрана 4 непрерывно сносятся транзитной скоростью потока водотока в безопасное место.

Очистка и промывка водоприёмного окна 1 обеспечиваются за счет узлов 12 решетки 11 на которых задерживается мусор и водоросли, которые очищаются за счет непрерывного противотока во время работы рыбозащитного устройства при условии, что критические скорости истечения струй из водоструйных насадок 3 имеют значения в диапазоне 17-20 м/с и находятся между ними и конусами 8 на расстоянии в диапазоне  $\Delta = 3-10$  см и создаются непосредственно у водоприёмного окна 1. Скорости схода струйного потока с конусов не превышают 8-10 м/с.

Производственные опыты проводились с помощью рыбозащитного сооружения, которое внедрено на участке канала и реки Синюха для мелиоративных водозаборов ООО «Союз Агро» Гулькевичского района и ООО «Рассвет» Курганинского района Краснодарского края.

Параметры водозабора следующие: расход воды составляет не более 0,2 м<sup>3</sup>/с, скорость в водоприёмном окне не превышает 0,15 м/с. Поток воды на водозаборе безнапорный.

В результате использования разработанного технического решения эффективность рыбозащиты составляет 84-90 %, которая складывается из следующих факторов:

- использование автономной системы очистки и подачи воды в коллектор, которая не зависит от работы основного гидромеханического оборудования водозаборного сооружения, может устраиваться в любом месте и эксплуатироваться в независимости от основного оборудования водозабора, в результате снижаются затраты на эксплуатацию основного гидромеханического оборудования основных насосных агрегатов, отпадает необходимость увеличивать подачу основных насосов на рыбозащиту и промывку решеток 6 от мусора и водорослей.

- промывка и очистка решеток водоприёмных окон от мусора и водорослей выполняется независимо от эксплуатации водозабора, в процессе работы рыбозащитного устройства;

– обеспечивается рациональное использование водных ресурсов. Снижается дополнительное потребление воды из водных источников до 10 % по сравнению с существующими рыбозащитными устройствами, которые потребляют обратную воду основных насосов водозабора, при этом существенно снижаются затраты на энергопотребление, непрерывно обеспечивается промывка водоприёмных окон водозабора, которую можно выполнять в любое время в независимости от работы водозабора.

### **Выводы**

1. Разработана новая конструкция мобильного рыбозащитного устройства, которая осуществляет защиту молоди рыб, движущейся по всему периметру водного потока, обеспечивает защиту молоди рыб в диапазоне 84 – 90 %, что позволяет её считать эффективной.

2. Мобильное рыбозащитное устройство создаёт противотоки под углом  $70^{\circ}$ , которые обеспечивают экологическую бесконтактную защиту личинок и молоди рыб с элементами водозабора, сохраняя популяцию гидробионтов источника водоснабжения.

3. Получено уравнение (3), которое можно использовать для расчета количества потокоформирующих элементов мобильного рыбозащитного устройства с учетом расходов водоприёмных окон мелиоративного водозабора.

4. Мобильное рыбозащитное устройство может совмещать защиту гидробионтов с защитой от наносов и мусора, скорости схода к конусам не превышают критические находятся в диапазоне 8 - 10 м/с.

### **Библиографический список**

1. Ольгаренко Г. В. Реализация программы импортозамещения в области производства техники полива в российской федерации // Мелиорация и водное хозяйство. 2018. № 1. С. 44-47.
2. Хецуриани Е. Д., Гарбуз А. Ю., Хецуриани Т. Е. Научные основы разработки гидротехнических устройств для обеспечения надежности и безопасной работы водозаборов // Мелиорация и гидротехника = Land Reclamation and Hydraulic

- Engineering [Электронный ресурс]. 2021. Т. 11, № 4. С. 332–345. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1253> (дата обращения: 22.11.2021). DOI: 10.31774/2712-9357-2021-11-4-332-345.
3. Dragunova S., Kuznetsov E., Khadzhidi A., Koltsov A., Sharaby N. Investigating the effectiveness of a fish-protection structure of the reclamation water intake // В сборнике: E3S Web of Conferences. 8. Сер. "Innovative Technologies in Science and Education, ITSE 2020" 2020. С. 07008.
  4. Георгиев А. П., Широков В. А., Черепанова Н. С., Коркин С. В. Антропогенное влияние на водные экосистемы республики Карелия // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. 2021. № 1. С. 14-23.
  5. Николаев В. Ю., Скутнева М. О. Влияние водозабора Чебоксарского водохранилища на популяции промысловых рыб // Вестник Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 3 (31). С. 38-43.
  6. Михеев П. А., Боровской В. П. Промывное устройство рыбозащитного сооружения с двухсторонней очисткой сеточного полотна // Гидротехническое строительство. 2018. № 9. С. 24-29.
  7. Бегляров Д. С., Бакштанин А. М., Костина Е. С. Влияние типов и конструкций рыбозащитных сооружений на сохранение рыбных популяций внутренних водоемов страны // Природообустройство. №5. 2019. С. 64-71.
  8. Драгунова С. М., Кузнецов Е. В. Рыбозащитное сооружение. Патент на изобретение 2726421 С1, 14.07.2020. Заявка № 2019128517 от 09.09.2019.
  9. Khetsuriani E. D., Bondarenko V. L., Ilyasov A. I., Semenova E. A. The results of the research on the pipelines protection from Dreissena on the water intake technological complexes of multi-purpose water supply systems for urban farms // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019. Vol. 698. 055041. DOI: 10.1088/1757-899X/698/5/055041.
  10. Карпенко Н. П., Мустафаев Ж. С., Козыкеева А. Т., Мустафаев К. Ж. Прогнозные оценки предельно-возможной площади орошаемых земель в условиях сба-

лансированного использования водных ресурсов трансграничного бассейна р. Талас // Природообустройство. 2019. № 2. С. 110-116.

### References

1. Ol'garenko G. V. Realizatsiya programmy importozameshcheniya v oblasti proizvodstva tekhniki poliva v rossiiskoi federatsii // Melioratsiya i vodnoe khozyaistvo. 2018. № 1. S. 44-47.
2. Khetsuriani E. D., Garbuz A. YU., Khetsuriani T. E. Nauchnye osnovy razrabotki gidrotekhnicheskikh ustroystv dlya obespecheniya nadezhnosti i bezopasnoi raboty vodozaborov // Melioratsiya i gidrotekhnika = Land Reclamation and Hydraulic Engineering [Elektronnyi resurs]. 2021. T. 11, № 4. S. 332–345. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1253> (data ob-rashcheniya: 22.11.2021). DOI: 10.31774/2712-9357-2021-11-4-332-345.
3. Dragunova S., Kuznetsov E., Khadzhibi A., Koltsov A., Sharaby N. Investigating the effectiveness of a fish-protection structure of the reclamation water intake // В сборнике: E3S Web of Conferences. 8. Сер. "Innovative Technologies in Science and Education, ITSE 2020" 2020. С. 07008.
4. Georgiev A. P., Shirokov V. A., Cherepanova N. S., Korkin S. V. Antropo-gennoe vliyaniye na vodnye ehkosistemy respubliky Kareliya // Vestnik Ast-rakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Rybnoe khozyaistvo. 2021. № 1. S. 14-23.
5. Nikolaev V. YU., Skutneva M. O. Vliyaniye vodozabora Cheboksarskogo vodokhranilishcha na populyatsii promyslovyykh ryb // Vestnik Nizhegorodskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii. 2021. № 3 (31). S. 38-43.
6. Mikheev P. A., Borovskoi V. P. Promyvnnoye ustroystvo rybozashchitnogo sooruzheniya s dvukhstoronnei ochistkoi setochnogo polotna // Gidrotekhnicheskoe stroitel'stvo. 2018. № 9. S. 24-29.
7. Beglyarov D. S., Bakshtanin A. M., Kostina E. S. Vliyaniye tipov i konstruksii rybozashchitnykh sooruzhenii na sokhraneniye rybnykh populyatsii vnutrennikh vodoemov strany // Prirodoobustroystvo. №5. 2019. S. 64-71.

8. Dragunova S. M., Kuznetsov E. V. Rybozashchitnoe sooruzhenie. Patent na izobretenie 2726421 C1, 14.07.2020. Zayavka № 2019128517 ot 09.09.2019.
9. Khetsuriani E. D., Bondarenko V. L., Ilyasov A. I., Semenova E. A. The results of the research on the pipelines protection from Dreissena on the water intake technological complexes of multi-purpose water supply systems for urban farms // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019. Vol. 698. 055041. DOI: 10.1088/1757-899X/698/5/055041.
10. Karpenko N. P., Mustafaev ZH. S., Kozykeeva A. T., Mustafaev K. ZH. Prognoznye otsenki predel'no-vozmozhnoi ploshchadi oroshaemykh zemel' v usloviyakh sbalansirovannogo ispol'zovaniya vodnykh resursov transgranichnogo basseina r. Talas // Prirodoobustroistvo. 2019. № 2. S. 110-116.

© Л. В. Моторная, А. Е. Хаджиди 2022. *International agricultural journal*, 2022, № 2, 609-622.

**Для цитирования:** Л. В. Моторная, А. Е. Хаджиди Мобильное рыбозащитное устройство мелиоративных водозаборов для повышения эффективности охраны водных гидробионтов // *International agricultural journal*. 2022, № 2, 609-622.