

Научная статья

Original article

УДК 574.6:631.67

DOI 10.55186/25876740\_2022\_6\_2\_22

**РАЗРАБОТКА КОМПЕНСАЦИОННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ДЛЯ  
ВОЗМЕЩЕНИЯ УЩЕРБА ВОДНЫМ БИОЛОГИЧЕСКИМ  
РЕСУРСАМ ПРИ ОТБОРЕ ВОДЫ НА ОРОШЕНИЕ**

**DEVELOPMENT OF COMPENSATORY MEASURES TO COMPENSATE  
DAMAGE TO WATER BIOLOGICAL RESOURCES DURING WATER  
WITHDRAWAL FOR IRRIGATION**



**Сасикова Наталья Сергеевна**, аспирант факультета агрономии и экологии, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина» (350044 Россия, г. Краснодар, ул. Калинина, д. 13), тел. 8(918) 9641-42-22, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2341-7821>, [natalya-sasikova@yandex.ru](mailto:natalya-sasikova@yandex.ru)

**Хаджиди Анна Евгеньевна**, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры гидравлики и с.-х. водоснабжения, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина» (350044 Россия, г. Краснодар, ул. Калинина, д. 13), тел. 8(903) 452-56-09, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1375-9548>, [dtm-khanna@yandex.ru](mailto:dtm-khanna@yandex.ru)

**Кузнецов Евгений Владимирович**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой гидравлики и с.-х. водоснабжения, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина» (350044 Россия, г. Краснодар, ул. Калинина, д. 13), тел. 8(918) 470-98-95,

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0524-8390>, [dtm-kuz@rambler.ru](mailto:dtm-kuz@rambler.ru)

**Кравченко Людмила Владимировна**, доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой проектирования и технического сервиса транспортно-технологических систем, (344000 Россия, г. Ростов-на-Дону, ул. Площадь Гагарина, д. 1), тел. 8(909) 416-57-67, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9228-3313>, [lusya306@yandex.ru](mailto:lusya306@yandex.ru)

**Natalya S., Sasikova**, graduate student faculty of agronomy and ecology, Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilina (13 Kalinina str., Krasnodar, 350044 Russia), tel. 8(918) 9641-42-22, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2341-7821>, [natalya-sasikova@yandex.ru](mailto:natalya-sasikova@yandex.ru)

**Anna E. Khadzhidi**, doctor of technical sciences, associate professor, professor of the Department of Hydraulics and Agricultural Water Supply, Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilina (13 Kalinina str., Krasnodar, 350044 Russia), tel. 8(903) 452-56-09, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1375-9548>, [dtm-khanna@yandex.ru](mailto:dtm-khanna@yandex.ru)

**Evgeny V. Kuznetsov**, doctor of technical sciences, professor, head of the Department of Hydraulics and Agricultural Water Supply, Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilina (13 Kalinina str., Krasnodar, 350044 Russia), tel. 8(918) 470-98-95, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0524-8390>, [dtm-kuz@rambler.ru](mailto:dtm-kuz@rambler.ru)

**Lyudmila V. Kravchenko**, doctor of technical sciences, associate professor, head of the Department of design and technical service of transport and technological systems, Don State Technical University (1 Gagarin Square str., Rostov-on-Don, 344003 Russia), tel. 8(909) 416-57-67, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9228-3313>, [lusya306@yandex.ru](mailto:lusya306@yandex.ru)

**Аннотация.** Целью работы является разработка компенсационных мероприятий для возмещения ущерба водным биологическим ресурсам

малых рек при заборе воды на орошение сельскохозяйственных угодий. Исследования выполнялись на примере степной реки Меклета Белоглинского района Краснодарского края в ОАО «Красная звезда» для участия в государственной программе эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса Российской Федерации. Определен размер ущерба биологическим ресурсам водного объекта для мелиоративных нужд с учетом максимального воздействия неблагоприятных факторов, возникающих при отборе воды на орошение. Исчисление размера вреда, причиненного водным биоресурсам определено в натуральном и в стоимостном выражении, исходя из затрат на восстановление нарушенного состояния водных ресурсов, с учетом понесенных убытков, в том числе упущенной выгоды. Исследована проблема сохранения экологической устойчивости биоценозов реки, определены возможные ущербы водным биологическим ресурсам реки и их размер при строительстве мелиоративного водозаборного сооружения; предложены компенсационные мероприятия по восстановлению потерь водных биоресурсов водотока. Установлено, что компенсационные мероприятия по восстановлению потерь водных биоресурсов водотоков Азово-Черноморского бассейна целесообразно проводить путём искусственного воспроизводства и выпуска в водные объекты молоди рыб. Принимая во внимание приоритетный список видов рыб для исследуемого рыбохозяйственного бассейна, и учитывая, принадлежность реки Меклета к бассейну реки Дон, в качестве компенсационного мероприятия предложено проведение работ по выращиванию и выпуску молоди следующих видов рыб: стерлядь, сазан, белый толстолобик, пёстрый толстолобик.

**Abstract.** The purpose of the work is to develop compensatory measures to compensate for damage to the aquatic biological resources of small rivers when water is taken for irrigation of agricultural land. The studies were carried out on the example of the steppe river Mekleta of the Beloglinsky district of the Krasnodar

Territory at Krasnaya Zvezda OJSC to participate in the state program for the effective involvement of agricultural land in the circulation and the development of the reclamation complex of the Russian Federation. The amount of damage to the biological resources of a water body for reclamation needs was determined, taking into account the maximum impact of adverse factors that arise during the withdrawal of water for irrigation. The calculation of the amount of damage caused to aquatic biological resources is determined in physical and monetary terms, based on the costs of restoring the disturbed state of water resources, taking into account the losses incurred, including lost profits. The problem of maintaining the ecological stability of the river's biocenoses has been studied, the possible damage to the aquatic biological resources of the river and their size during the construction of an reclamation water intake structure have been determined; Compensatory measures are proposed to restore the losses of aquatic biological resources of the watercourse. It has been established that it is advisable to carry out compensatory measures to restore the loss of aquatic biological resources in the watercourses of the Azov-Black Sea basin through artificial reproduction and release of juvenile fish into water bodies. Taking into account the priority list of fish species for the studied fishery basin, and taking into account that the Mekleta River belongs to the Don River basin, as a compensatory measure, it is proposed to carry out work on the cultivation and release of juveniles of the following fish species: sterlet, carp, silver carp, bighead carp.

**Ключевые слова:** охрана, водный объект, орошение, водные биологические ресурсы, ущерб, компенсационные мероприятия

**Keywords:** protection, water body, irrigation, water biological resources, damage, compensation measures

**Введение.** В настоящее время в России принята и реализуется «Государственная программа эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса

Российской Федерации», направленная на устойчивое развитие производства сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия, достаточное для обеспечения продовольственной независимости на основе принципов научно обоснованного планирования, а также создание к 2024 году сквозной системы финансовой и нефинансовой поддержки на всех этапах жизненного цикла проекта по экспорту продукции агропромышленного комплекса. Программой предусматривается к концу 2030 года введение в оборот мелиоративных систем на площади 853,5 тыс. га.

В рамках программы в качестве одного из основных приоритетов и целей государственной политики выделяют задачу сохранения природных водных ресурсов [1]. Оросительные мелиорации невозможны без источника орошения – водного объекта, из которого мелиоративным водозаборным сооружением вода забирается для целей орошения сельскохозяйственных земель [2,3]. При этом наносится ущерб биологическим ресурсам реки [4]. Вред биоресурсам водного объекта может быть вызван: полной потерей или снижением рыбопродуктивности водоема (или его части) вследствие ухудшения условий размножения, нагула и зимовки рыб, в частности, вследствие потерь участков местообитания [5]; частичной или полной гибелью или снижением продуктивности кормовых организмов рыб и других объектов промысла [6]; непосредственной гибелью рыб и других промысловых объектов на разных стадиях их развития [7].

В Краснодарском крае в 2021 году введено в оборот мелиоративных земель на площади более 5 тыс. га, построены водозаборные сооружения на малых степных реках. Водозаборные сооружения оборудованы эффективными рыбозащитными сооружениями, однако они не защищают от попадания во всасывающие трубы фито- и зоопланктона, которые составляют кормовую базу для рыб [8,9]. Также вред биологическим ресурсам наносится в период строительства водозаборных сооружений с насосными станциями [4].

Целью исследований является разработка компенсационных мероприятий для возмещения ущерба водным биологическим ресурсам реки Меклета при заборе воды на орошение сельскохозяйственных угодий для рационального использования водного объекта. Для этого определен размер ущерба биологическим ресурсам реки Меклета в результате деятельности ОАО «Красная звезда» по забору воды для мелиоративных нужд и разработка мероприятий по сохранению экологической устойчивости биоценозов.

ОАО «Красная звезда» осуществляет забор воды из реки Меклета, в границах хутора Меклета Белоглинского района Краснодарского края, для орошения земель сельскохозяйственного назначения на площади 270 га с начала апреля месяца по конец сентября месяца каждого года, согласно лицензии на пользование водным объектом.

Забор воды из реки Меклета производится передвижной блочно-контейнерной электростанцией, оборудованной насосами марки Capragi общей производительностью 800 м<sup>3</sup>/час. Всасывающие трубопроводы на концевых участках оборудованы комбинированным двухконтурным рыбозащитным устройством, предназначенным для защиты молоди рыб от попадания в водоприёмники гидротехнических сооружений.

Река Большая Меклета начинается у пос. Меклета и впадает в реку Меклета, восточнее с. Белая Глина, недалеко от восточной границы Краснодарского края.

Река Меклета - типичная степная река длиной около 40 км. Летом местами пересыхает. Течение в реке по большей части спокойное.

Фитопланктон реки представлен 35 видами синезеленых водорослей 130-200 млн. экз./м<sup>3</sup>, 33 видами зеленых водорослей 130-200 млн.экз./м<sup>3</sup>, 16 видами диатомовых водорослей 130-200 млн. экз./м, 9 видами эвгленовых водорослей 72-115 млн.экз./м<sup>3</sup>, 5 видами пирофитовых 8-16 млн.экз./м<sup>3</sup>.

Средняя биомасса фитопланктона составляет в среднем за вегетационный сезон - 6,15 г/м<sup>3</sup>, численность - 287,3 млн. кл./м.

Зоопланктон представлен тремя группами организмов: веслоногими и ветвистоусыми ракообразными, а также коловратками: ветвистоусые - 10,90-18,72 тыс. экз./м<sup>3</sup> (средняя биомасса 0,449 г/м<sup>3</sup>), и веслоногие - 21,0-47,2 тыс. экз./м<sup>3</sup> (средняя биомасса 0,556 г/м<sup>3</sup>), и в меньшей степени, коловратки - 12 тыс. экз./м<sup>3</sup> (средняя биомасса 0,254 г/м<sup>3</sup>). Биомасса зоопланктона в реке составляет 1,297 г/м<sup>3</sup>.

Зообентос в видовом отношении беден. Всего насчитывается 16 видов. Зообентос представлен, в основном, ракообразными, личинками хирономид и других насекомых. Личинки насекомых были представлены *Chironomus plumosus*, поденками, личинками стрекоз. Встречаются малощетинковые кольчатые черви класса *Anelides*. Олигохеты насчитывают 2 вида. В мелководных зонах обитают бокоплавцы. Моллюски представлены двумя видами.

Максимального развития личинки хирономид достигают в весенний период - 778 экз./м<sup>2</sup>. Летом в период вылета имаго хирономид численность их сокращается до 365 экз./м<sup>2</sup>, биомасса - до 0,48 г/м<sup>2</sup>, осенью - до 120 экз./м<sup>2</sup>, биомасса - до 0,33 г/м<sup>2</sup>. Уровень развития олигохет весной минимальный: не превышает 370 экз./м<sup>2</sup>, биомасса - 1,09 г/м<sup>2</sup>. Резкое увеличение плотности организмов в летний период (до 963 экз./м) не привело к возрастанию биомассы, а наоборот, отмечено ее снижение до 0,43 г/м<sup>2</sup>.

Среднесезонная биомасса мягкого зообентоса составляет в среднем за вегетационный сезон 2,28 г/м<sup>2</sup>, численность - 315 экз./м<sup>2</sup>.

Ихтиофауна реки представлена следующими видами рыб:

Семейство Карповые - сазан (каarp) (*Ciprinus carpio*), серебряный карась (*Carassius auratus gibelio*), кавказский голавль (*Leuciscus cephalus orientalis*), обыкновенная укля (*Alburnus alburnus alburnus*), плотва



обыкновенная (*Rutilus rutilus*), красноперка (*Scardinius erythrophthalmus*), тарань (*Rutilus rutilus heckeli* Nordmann).

Семейство Окуневые - речной окунь (*Perea fluviatilis*), обыкновенный судак (*Stizostedion lucioperca*).

Семейство Щуковые - щука обыкновенная (*Esox lucius*).

Река Меклета в рыбопромысловом отношении не используется, имеет место только активное любительское рыболовство.

Пелагофильные (вымётывающие икру в толщу воды) виды рыб в ихтиофауне реки Меклета отсутствуют. Обитающие здесь виды рыб относятся к фитофильной экологической группе. Развитие вымётываемой ими прикреплённой икры, а также их личинок и ранней молоди происходит на мелководье среди растительности, где интенсивно развивается кормовая база и молодь защищена от хищников. Только отдельные экземпляры выходят за пределы этой зоны и могут попадать в водозаборные сооружения.

Поэтому в рассматриваемой акватории ихтиопланктон представлен только личинками фитофильных видов рыб, а его численность здесь низка. В таблице 1 представлены данные по срокам нереста рыб

Таблица 1 – Характеристика периодов нереста рыб в районе водозабора

Виды рыб	Период нереста производителей ( $t_{\text{воды}}^{\circ\text{C}}$ )
Плотва	апрель-май ( $10^{\circ\text{C}}$ )
Окунь	апрель ( $8^{\circ\text{C}}$ )
Красноперка	апрель-май ( $15^{\circ\text{C}}$ )
Карась	апрель-май ( $15^{\circ\text{C}}$ )
Щука	март-апрель ( $4^{\circ\text{C}}$ )

Высокая численность молоди отмечаются в апреле-июне. В июле-августе численность молоди снижается, однако незначительное количество молоди будет присутствовать до конца октября. Изучение видовой, пространственно-временной и трофической структуры многовидовых



группировок молоди рыб рассматриваемого района показало, что молодь предпочитает мелководную литоральную зону, где плотность прибрежно-водной растительности создает условия экологической изоляции. Перемещение молоди вглубь водоема на участки открытой воды и обратно, в зону зарослей, связано как с изменением погодных условий, так и под влиянием колебания уровня воды. Чувствительность к восприятию этих факторов у молоди появляется к концу личиночного периода развития.

#### **Материал и методика.**

Расчёт вреда водным биоресурсам и разработка мероприятий по его возмещению выполнены в соответствии с «Методикой исчисления размера вреда, причиненного водным биологическим ресурсам» (приложение к Приказу Росрыболовства от 25.11.2011 г., №1166).

Величина потерь водных биоресурсов определена с учетом максимального воздействия неблагоприятных факторов, возникающих при отборе воды на орошение из реки Меклета [10].

Исчисление размера вреда, причиненного водным биоресурсам, предусматривает его определение как в натуральном (кг, т), так и в стоимостном (руб.) выражении, исходя из затрат на восстановление нарушенного состояния ВБР, с учетом понесенных убытков, в том числе упущенной выгоды.

Объем капитальных вложений и эксплуатационных затрат на осуществление компенсационных мероприятий по воспроизводству рыбных запасов определяется исходя из величины наносимого вреда с учетом продолжительности негативных воздействий и времени восстановления биоресурсов.

Определение потерь водных биологических ресурсов производили по следующим компонентам, используя соответствующие формулы («Методикой исчисления размера вреда, причиненного водным

биологическим ресурсам» (приложение к Приказу Росрыболовства от 25.11.2011 г., №1166):

Определение годовых потерь водных биоресурсов (молоди рыб) от их гибели при заборе воды из водного объекта рыбохозяйственного значения производилось по формуле:

$$N = n_{\text{пм}} \times W \times [(100 - K_0) / 100] \times (K_1 / 100) \times p \times \Theta \times 10^{-3}, \quad (1)$$

где:

$N$  - потери (размер вреда) водных биоресурсов, кг или т;

$n_{\text{пм}}$  - средняя за период встречаемости данной стадии или весовой категории концентрация (численность) рыб в зоне водозабора, экз./м<sup>3</sup>;

$W$  - объем воды, забираемой водозабором за расчетный период, м<sup>3</sup>;

$K_0$  - коэффициент эффективности рыбозащитного сооружения на водозаборном сооружении, определяемый как отношение количества рыб, гибель которых предотвращается РЗС, к числу рыб, которые погибли бы в водозаборном сооружении без оборудования его РЗС, %;

$K_1$  - коэффициент пополнения промыслового запаса (промысловый возврат), %;

$p$  - средняя масса рыб промысловых размеров, г, кг;

$\Theta$  - величина повышающего коэффициента, учитывающего длительность негативного воздействия намечаемой деятельности и время восстановления (до исходной численности, биомассы) теряемых водных биоресурсов;

$10^{-3}$  - множитель для перевода граммов в килограммы или килограммов в тонны.

Определение потерь водных биоресурсов при заборе воды из водного объекта рыбохозяйственного значения от гибели кормовых организмов зоопланктона выполнялось по формуле (2):

$$N = B \times (1 + P/B) \times W_0 \times K_E \times (K_3/100) \times d \times 10^{-3}, \quad (2)$$

где:

$N$  – потери водных биоресурсов, кг или т;

$B$  – средняя многолетняя для данного сезона (сезонов) биомасса кормовых организмов, г/м<sup>3</sup>;

$P/B$  – коэффициент для перевода средней биомассы кормовых организмов в их годовую продукцию (продукционный коэффициент);

$W_0$  – объём воды в зоне воздействия, в котором прогнозируется гибель (или снижение продуктивности) кормовых планктонных организмов (м<sup>3</sup>);

$K_E$  – коэффициент эффективности использования пищи на рост,  $K_E = 1/K_2$  (является обратной величиной кормового коэффициента  $K_2$  для перевода продукции и биомассы кормовых организмов в рыбопродукцию, выраженного в %);

$K_3$  – коэффициент (доля) предельно возможного использования кормовой базы её потребителями в условиях данной экосистемы и времени года, %;

$d$  – коэффициент интенсивности неблагоприятного воздействия, равный отношению величины теряемой биомассы к исходной биомассе (в долях единицы) – 1 при 100 % гибели, 0,5 при 50 % гибели и т. д.;

$10^{-3}$  – множитель для перевода граммов в килограммы или килограммов в тонны.

Исчисление потерь водным биоресурсам от гибели фитопланктона при заборе воды из водного объекта производилось с учётом средних суточных

объёмов водозабора ( $W_{\text{сут}}$ ), суточного P/B-коэффициента для соответствующего сезона (или сезонов) по формуле:

$$N = B \times (1 + P/B_{\text{сут}}) \times W_{\text{сут}} \times t_{\text{сут}} \times K_E \times (K_3/100) \times d \times 10^{-3}, \quad (3)$$

где

$N$  – потери водных биоресурсов, кг или т;

$B$  – средняя за период воздействия (месяцы, сезоны) величина общей биомассы кормовых планктонных организмов ( $\text{г/м}^3$ );

$P/B_{\text{сут}}$  – средний суточный продукционный коэффициент перевода биомассы фитопланктона в продукцию (для данного сезона или сезонов);

$W_{\text{сут}}$  – средний суточный объём водозабора ( $\text{м}^3$ );

$t_{\text{сут}}$  – продолжительность водозабора, суток;

$K_E$  – коэффициент эффективности использования пищи на рост (для пищевой цепи «фитопланктон - рыбы», либо объединенный для пищевой цепи «фитопланктон- зоопланктон-рыбы»),  $K_E = 1/K_2$  (является обратной величиной кормового коэффициента  $K_2$  для перевода продукции и биомассы кормовых организмов в рыбопродукцию, выраженного в %);

$K_3$  – средняя для данной экосистемы (района) и сезона доля использования кормовой базы (для пищевой цепи «фитопланктон – рыбы», либо объединенная для пищевой цепи «фитопланктон-зоопланктон-рыбы»), %;

$d$  – степень воздействия, или доля количества (в данном случае биомассы) гибнущих организмов от общего их количества, в долях единицы;

$10^{-3}$  – множитель для перевода граммов в килограммы или килограммов в тонны.

Расчёт вреда, наносимого водным биоресурсам при заборе воды на орошение, определялся из выражения:

$$N = P \times Q, \quad (4)$$

где:

$N$  – потери (размер вреда) водных биоресурсов, кг или т;

$P$  – удельная рыбопродуктивность объёма водной массы, принятая равной 0,15 кг/тыс. м<sup>3</sup>;

$Q$  – общее сокращение объёма водного стока в процессе техногенного морфогенеза, являющееся суммой объёмов безвозвратного водопотребления на технологические процессы, тыс. м<sup>3</sup>.

### Результаты и обсуждение.

За расчетный период принимались сезоны (месяцы), когда в воде присутствует ихтиопланктон. По формуле (2) найден ущерб рыбным запасам вследствие гибели зоопланктона.

Таблица 2 - Вред рыбным запасам вследствие гибели зоопланктона

Месяц	В зоопланктона, г/м <sup>3</sup>	Доля гибели, % /100	Объем воздействия ( $W_0, W_{пр}$ ), м <sup>3</sup>	1+ P/B	$K_E = 1/ K_2$	$K_3/100$	Теряемая биомасса, кг
апрель	1,297	1,0	103530	31	0,067	0,4	111,559
май	1,297	1,0	135100	31	0,067	0,4	145,577
июнь	1,297	1,0	241420	31	0,067	0,4	260,142
июль	1,297	1,0	342150	31	0,067	0,4	368,683
август	1,297	1,0	405300	31	0,067	0,4	436,730
сентябрь	1,297	1,0	117910	31	0,067	0,4	127,054
Итого в год							1449,743

По формуле (3) найден ущерб рыбным запасам вследствие гибели фитопланктона.

$P/V_{\text{сут.}} = 320/275 = 1,16$ , средняя для данной экосистемы (района) и сезона доля использования кормовой базы (для пищевой цепи "фитопланктон - рыбы",  $K_3 = 10\%$  (табл.3).

Таблица 3 - Расчёт потерь водных биоресурсов вследствие гибели фитопланктона

Месяц	В фитопланктона, г/м <sup>3</sup>	Доля гибели, %/100	Объем воздействия ( $W_{\text{сут.}}$ ), м <sup>3</sup>	$t_{\text{сут}}$	$1 + P/V$	$K_E = 1/K_2$	$K_3/100$	Теряемая биомасса, кг
апрель	6,15	1,0	3451	30	1+1,16	0,05	0,1	6,876
май	6,15	1,0	4358,06452	31	1+1,16	0,05	0,1	8,973
июнь	6,15	1,0	8047,33333	30	1+1,16	0,05	0,1	16,035
июль	6,15	1,0	11037,0968	31	1+1,16	0,05	0,1	22,726
август	6,15	1,0	13074,1935	31	1+1,16	0,05	0,1	26,920
сентябрь	6,15	1,0	3930,33333	30	1+1,16	0,05	0,1	7,832
Итого в год								<b>89,362</b>

При определении потерь водных биоресурсов отдельно по пищевым цепям "фитопланктон - рыба" (при наличии такой пищевой цепи) и "зоопланктон - рыба" (или иной вид водных биоресурсов, используемый в целях рыболовства) результаты расчётов от потерь кормовых организмов суммируются (табл. 4).

Таблица 4 – Суммарный ущерб рыбным ресурсам от потери кормовой базы

Месяц	Потери зоопланктона, кг	Потери фитопланктона, кг	Потери кормовой базы
апрель	111,559	6,876	118,435
май	145,577	8,973	154,550
июнь	260,142	16,035	276,177
июль	368,683	22,726	391,409
август	436,730	26,920	463,650
сентябрь	127,054	7,832	134,886

Итого в год	1449,743	89,362	1539,105
-------------	----------	--------	----------

Данные ежегодных потерь водных биоресурсов от гибели ихтиопланктона (личинки на стадии эндогенного питания) с разбивкой по месяцам определены по формуле (1) и предоставлены в таблице 5.

Таблица 5 - Ежегодные потери водных биоресурсов от гибели ихтиопланктона

Вид рыб	Стадия развития	d	$n_{ли},$ экз./м <sup>3</sup>	W, м <sup>3</sup>	Коэффициент прямовозврата, %	p, кг	Потери рыбо- продукции, кг
апрель (объем воды 103530 м <sup>3</sup> )							
Плотва	личинка	1,0	0,098	103530	0,0003	0,20	0,609
Окунь	личинка	1,0	0,005	103530	0,0003	0,15	0,023
Красноперка	личинка	1,0	0,025	103530	0,0003	0,15	0,116
Карась	личинка	1,0	0,103	103530	0,0003	0,25	0,800
Прочие	личинка	1,0	0,049	103530	0,0003	0,15	0,228
Итого							<b>1,776</b>
май (объем воды – 135100м <sup>3</sup> )							
Плотва	личинка	1,0	0,098	135100	0,0003	0,20	0,794
Окунь	личинка	1,0	0,005	135100	0,0003	0,15	0,030
Красноперка	личинка	1,0	0,025	135100	0,0003	0,15	0,152
Карась	личинка	1,0	0,103	135100	0,0003	0,25	1,044
Прочие	личинка	1,0	0,049	135100	0,0003	0,15	0,298
Итого							<b>2,318</b>
июнь (объем воды – 241420 м <sup>3</sup> )							
Плотва	личинка	1,0	0,001	241420	0,0003	0,20	0,014
Окунь	личинка	1,0	0,001	241420	0,0003	0,15	0,011
Красноперка	личинка	1,0	0,008	241420	0,0003	0,15	0,087
Карась	личинка	1,0	0,001	241420	0,0003	0,25	0,018
Прочие	личинка	1,0	0,004	241420	0,0003	0,15	0,043
Итого							<b>0,174</b>
Июль (объем воды 342150 м <sup>3</sup> )							
Плотва	личинка	1,0	0,001	342150	0,0003	0,20	0,021
Окунь	личинка	1,0	0,001	342150	0,0003	0,15	0,015
Красноперка	личинка	1,0	0,008	342150	0,0003	0,15	0,123
Карась	личинка	1,0	0,001	342150	0,0003	0,25	0,026
Прочие	личинка	1,0	0,004	342150	0,0003	0,15	0,062



Итого	0,246
-------	-------

Из данных таблицы 5 видно, что ежегодные потери водных биоресурсов от гибели ихтиопланктона (личинка на стадии эндогенного питания) составят – 4,514 кг.

При одновременной гибели на одном и том же участке водного объекта рыбохозяйственного значения (или в одном и том же объёме воды) ихтиопланктона (пелагической икры и личинок рыб на стадии эндогенного питания) и организмов зоопланктона, составляющих кормовую базу рыб, питающихся планктоном (рыб-планктофагов) на более поздних стадиях развития (малька-сеголетка и т.д.), разновидности вреда суммируются.

Так как все обитающие виды рыб в реке Меклета на стадии личинки с экзогенным питанием и малька питаются зоопланктоном, при определении общих потерь водных биоресурсов потери от гибели организмов ихтиопланктона должны быть суммированы с потерями от гибели компонентов пелагической кормовой базы (табл. 6).

Таблица 6 – Общие потери биоресурсов в реке Меклета

Месяц	Потери кормовой базы, кг	Потери ихтиопланктона, кг	Общие потери, кг
Апрель	118,435	1,776	120,211
Май	154,550	2,318	156,868
Июнь	276,177	0,174	276,351
Июль	391,409	0,246	391,655
август	463,650	-	463,650
сентябрь	134,886	-	134,886
Итого в год	1539,105	4,514	1543,619

При заборе воды из реки Меклета для орошения сельскохозяйственных земель ОАО «Красная Звезда» происходит безвозвратное водопотребление объемом 1345 тыс. м<sup>3</sup>. При этом потери водных биоресурсов составят по формуле 4:

$$N = 0,15 \text{ кг/тыс. м}^3 \times 1345,41 \text{ тыс. м}^3 = 201,812 \text{ кг.}$$

При одновременных на одном и том же участке (или в одном и том же объёме воды) частичной или полной потере водных биоресурсов и их кормовых организмов в результате негативного воздействия намечаемой деятельности его последствия определяются по наибольшему из двух этих компонентов во избежание повторного счета. В данном случае, вред от гибели кормовых организмов принимается как наибольший по сравнению с вредом от безвозвратного водопотребления.

Поэтому, учитывая планируемую длительность забора воды из реки Меклета, потери водных биологических ресурсов составят: 1543,619 кг за год или 27785,15 кг за 18 лет (время выдачи лицензии на пользование водным объектом ОАО «Красная Звезда»).

С учетом вышеприведённых расчетов в качестве компенсационного мероприятия рекомендуется осуществить искусственное воспроизводство и разовый выпуск рыболовной продукции.

Расчет количества личинок или молоди рыб (других водных биоресурсов), необходимого для восстановления нарушаемого состояния водных биоресурсов посредством их искусственного воспроизводства, выполняется по формуле:

$$N_M = N / (p \times K_1), \quad (5)$$

где:

$N_M$  – количество воспроизводимых водных биоресурсов (личинок, молоди рыб, других водных биоресурсов), экз.;

$N$  – потери (размер вреда) водных биоресурсов, кг или т;

$p$  – средняя масса одной воспроизводимой особи водных биоресурсов в промысловом возврате, кг;

$K_1$  – коэффициент пополнения промыслового запаса (промысловый возврат), %.

Компенсационные мероприятия по восстановлению потерь водных биоресурсов водотоков Азово-Черноморского бассейна целесообразно проводить путём искусственного воспроизводства и выпуска в водные объекты молоди рыб.

При проведении мероприятий по искусственному воспроизводству водных биоресурсов в Азово-Черноморском рыбохозяйственном районе искусственно воспроизводятся следующие виды рыб: сазан, растительоядные (толстолобики, белый амур), осетровые (стерлядь, русский осетр, белуга, севрюга), черноморский лосось - кумжа.

Принимая во внимание приоритетный список видов рыб для Азово-Черноморского рыбохозяйственного бассейна, и учитывая, принадлежность реки Меклета к бассейну реки Дон, в качестве компенсационного мероприятия предлагается проведение работ по выращиванию и выпуску молоди одного из следующих видов рыб: стерлядь, сазан, белый толстолобик, пёстрый толстолобик (табл. 7).

Таблица 7 – Характеристики рыб для компенсации

Вид водных биологических ресурсов	Навеска, г	Ущерб, кг	средняя масса одной воспроизводимой особи, кг	Коэффициент промвозврата, %	Количество воспроизводимой молоди, экз.
Стерлядь	1,5	27785,15	1,05	1	2646205
Сазан	10,0	27785,15	2,6	1,6	667913
Толстолобик белый	25,0	27785,15	4,5	2,5	246980
Толстолобик пестрый	25,0	27785,15	5,5	2,5	202074

Стоимость компенсационных мероприятий, связанная с затратами на выращивание молоди, учитывая окончание действия Приказа Росрыболовства от 18.11.2011 №1129 "Об утверждении Временных рекомендаций по расчётам начальной (максимальной) цены государственных контрактов на выполнение работ по искусственному воспроизводству водных биологических ресурсов для нужд Федерального агентства по рыболовству" может быть установлена на основании реальных данных о производственной деятельности предприятия на период проведения компенсационного мероприятия (табл. 8).

Таблица 8 - Стоимость компенсационных мероприятий, связанная с затратами на выращивание молоди

Вид водных биологических ресурсов	Навеска, г	Количество воспроизводимой молоди, экз.	Стоимость 1 экз./руб.	Цена, тыс. руб.
Стерлядь	1,5	2646205	17,50	46308,59
Сазан	10,0	667913	3,0	2003,74
Толстолобик белый	25,0	246980	3,0	740,94
Толстолобик пестрый	25,0	202074	3,0	606,22

Принимая во внимание крайне высокую стоимость осетровых видов рыб, из которой следует невозможность выполнения компенсационных мероприятий осетровыми, рекомендуется провести выпуски мальков сазана либо одного из видов толстолобика. Также следует учитывать тот факт, что исследуемая река не является естественным местом обитания осетровых.

Забор воды для целей орошения из природного водного объекта неизменно ведет к гибели части обитающих в нем водных организмов. Поэтому осуществление компенсационных мероприятий позволит минимизировать этот вред и сохранить биологическое разнообразие и

экологическое равновесие водоемов малых степных рек – источников водных ресурсов.

### Литература

1. Клишин И.В. Компьютерная программа для управления оптимизированной базой данных для государственного водного реестра и мониторинга водных объектов, используемых в целях мелиорации // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2021. № 4 (84). С. 35-40.
2. Kuznetsov, E., Khadzhidi, A., Motornaya, L., Filimonov, M., Kravchenko, L. Method of restoring water level of small rivers // E3S Web of Conferences, 2021, 273, 050072.
3. Bandurin M.A., Yurchenko I.F., Volosukhin V.A., Vanzha V.V., Volosukhin Ya.V. Ecological and economic efficiency of diagnostics of technical condition of water supply facilities of irrigation systems // Ecology and Industry of Russia. Vol. 22 (7) 66–71 (2018).
4. Dragunova, S., Kuznetsov, E., Khadzhidi, A., Koltsov, A., Sharaby, N. Investigating the effectiveness of a fish-protection structure of the reclamation water intake // E3S Web of Conferences, 2020, 210, 07008.
5. T. P. Hurst. Causes and consequences of winter mortality in fishes // Journal of Fish Biology (2007) 71, 315–345.
6. Trina Rytwinski, Jessica J. Taylor, Joseph R. Bennett, Karen E. Smokorowski and Steven J. Cooke. What are the impacts of flow regime changes on fish productivity in temperate regions? A systematic map protocol // Rytwinski et al. Environ Evid (2017) 6:13.
7. Murchie KJ, Hair KPE, Pullen CE, Redpath TD, Stephens HR, Cooke SJ. Fish response to modified flow regimes in regulated rivers: research methods, effects and opportunities // River Res Appl. 2008;24:197–217.
8. Silvia Lomartire, João C.Marques, Ana M.M.Gonçalves. The key role of zooplankton in ecosystem services: A perspective of interaction between

zooplankton and fish recruitment // Ecological Indicators. Volume 129, October 2021, 107867.

9. R.K. Waya, S.M. Limbu, G.W. Ngupula, C.J. Mwita, Y.D. Mgaya. Temporal patterns in phytoplankton, zooplankton and fish composition, abundance and biomass in Shirati Bay, Lake Victoria Tanzania. Lakes Reserv // Res. Manag. 22 (1). (2017), pp. 19-42.

10. Кореновский А.М., Вайнберг М.В., Шепелев А.Е., Юченко Л.В., Филимонова. В.М. Влияние строительства защитного гидротехнического сооружения на водные биоресурсы реки подкумок // Экология и водное хозяйство. 2019. № 1 (1). С. 145-161.

### References

1. Klishin I.V. Komp'yuternaya programma dlya upravleniya optimizirovannoi bazoi dannykh dlya gosudarstvennogo vodnogo reestra i monitoringa vodnykh ob"ektov, ispol'zuemykh v tselyakh melioratsii // Puti povysheniya ehffektivnosti oroshaemogo zemledeliya. 2021. № 4 (84). pp. 35-40.

2. Kuznetsov, E., Khadzhidi, A., Motornaya, L., Filimonov, M., Kravchenko, L. Method of restoring water level of small rivers // E3S Web of Conferences, 2021, 273, 050072.

3. Bandurin M.A., Yurchenko I.F., Volosukhin V.A., Vanzha V.V., Volosukhin Ya.V. Ecological and economic efficiency of diagnostics of technical condition of water supply facilities of irrigation systems // Ecology and Industry of Russia. Vol. 22 (7) 66–71 (2018).

4. Dragunova, S., Kuznetsov, E., Khadzhidi, A., Koltsov, A., Sharaby, N. Investigating the effectiveness of a fish-protection structure of the reclamation water intake // E3S Web of Conferences, 2020, 210, 07008.

5. T. P. Hurst. Causes and consequences of winter mortality in fishes // Journal of Fish Biology (2007) 71, 315–345.

6. Trina Rytwinski, Jessica J. Taylor, Joseph R. Bennett, Karen E. Smokorowski and Steven J. Cooke. What are the impacts of fow regime changes

on fish productivity in temperate regions? A systematic map protocol // Rytwinski et al. *Environ Evid* (2017) 6:13.

7. Murchie KJ, Hair KPE, Pullen CE, Redpath TD, Stephens HR, Cooke SJ. Fish response to modified flow regimes in regulated rivers: research methods, effects and opportunities // *River Res Appl.* 2008;24:197–217.

8. Silvia Lomartire, João C.Marques, Ana M.M.Gonçalves. The key role of zooplankton in ecosystem services: A perspective of interaction between zooplankton and fish recruitment // *Ecological Indicators*. Volume 129, October 2021, 107867.

9. R.K. Waya, S.M. Limbu, G.W. Ngupula, C.J. Mwita, Y.D. Mgya. Temporal patterns in phytoplankton, zooplankton and fish composition, abundance and biomass in Shirati Bay, Lake Victoria Tanzania. *Lakes Reserv // Res. Manag.* 22 (1). (2017), pp. 19-42.

10. Korenovskii A.M., Vainberg M.V., Shepelev A.E., Yuchenko L.V., Filimonova V.M. Vliyanie stroitel'stva zashchitnogo gidrotekhnicheskogo sooruzheniya na vodnye bioresursy reki podkumok // *Ehkologiya i vodnoe khozyaistvo*. 2019. № 1 (1). pp. 145-161.

© Сасикова Н.С., Хаджиди А.Е., Кузнецов Е.В., Кравченко Л.В., 2022.  
*International agricultural journal*, 2022, № 2, 789-810.

Для цитирования: Сасикова Н.С., Хаджиди А.Е., Кузнецов Е.В., Кравченко Л.В.  
РАЗРАБОТКА КОМПЕНСАЦИОННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ДЛЯ ВОЗМЕЩЕНИЯ  
УЩЕРБА ВОДНЫМ БИОЛОГИЧЕСКИМ РЕСУРСАМ ПРИ ОТБОРЕ ВОДЫ НА  
ОРОШЕНИЕ//*International agricultural journal*. 2022. № 2, 789-810.



