

Научная статья
УДК 574.622:639.3
<https://doi.org/10.24143/2073-5529-2024-2-17-22>
EDN CGQFXQ

О расчете приемной емкости северо-западной части Каспийского моря в интересах искусственного воспроизводства водных биоресурсов в Волжско-Каспийском рыбохозяйственном бассейне

*Анна Викторовна Михайлова,
Элеонора Юрьевна Тихонова[✉], Сергей Викторович Шипулин*

*Волжско-Каспийский филиал ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии»,
Астрахань, Россия, tikhonovaeyu@kaspnirh.vniro.ru[✉]*

Аннотация. После выпуска в естественную среду обитания молодь полупроходных и проходных рыб, выращенная на осетровых рыбодонных заводах и нерестово-выростных хозяйствах Астраханской области, не задерживается в реке и скатывается в море. Основными кормовыми объектами для нее становятся организмы «мягкого» бентоса – ракообразные, черви и личинки насекомых. По результатам исследований 2020–2023 гг. данные анализа кормовой базы в период наиболее напряженной пищевой конкуренции показали, что биомасса донных беспозвоночных западной части Каспийского моря составляет 121,1 тыс. т, продукция – 484,5 тыс. т. С учетом рационов, возрастного состава и численности каждого вида рыб, обитающих на акватории расселения заводской молоди, определен объем изъятия кормовых организмов существующим поголовьем. Главными потребителями «мягкого» бентоса являются представители карповых, атериновых и бычковых видов рыб, что делает их основными пищевыми конкурентами выпускаемой молоди. Резерв продукции «мягкого» бентоса распределяется между заводской молодью согласно массе и суточному рациону каждого вида в период нагула в море. При расчете допустимого объема выпуска каждого из искусственно воспроизводимых водных объектов применяются коэффициенты предельно возможного использования кормовой базы молодью рыб и увеличение ее численности с учетом гибели при адаптации к естественной среде. На основании проведенных расчетов показано, что потенциал кормовой базы западной части Северного Каспия не является лимитирующим фактором по зарыблению морской акватории объектами искусственного воспроизводства. Приведенная методика расчета приемной емкости используется при подготовке ежегодного плана проведения мероприятий по искусственному воспроизводству водных биоресурсов.

Ключевые слова: водные биологические ресурсы, Каспийское море, приемная емкость, пищевая конкуренция, ихтиофауна

Для цитирования: Михайлова А. В., Тихонова Э. Ю., Шипулин С. В. О расчете приемной емкости северо-западной части Каспийского моря в интересах искусственного воспроизводства водных биоресурсов в Волжско-Каспийском рыбохозяйственном бассейне // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. 2024. № 2. С. 17–22. <https://doi.org/10.24143/2073-5529-2024-2-17-22>. EDN CGQFXQ.

Original article

On the calculation of the receiving capacity of the northwestern part of the Caspian Sea in the interests of artificial reproduction of aquatic biological resources in the Volga-Caspian fisheries basin

Anna V. Mikhailova, Eleanor Yu. Tikhonova[✉], Sergei V. Shipulin

*Volga-Caspian Branch Russian Federal “Research Institute of Fisheries and Oceanography”,
Astrakhan, Russia, tikhonovaeyu@kaspnirh.vniro.ru[✉]*

Abstract. After release into the natural habitat, juveniles of semi-passable and passable fish, raised in sturgeon hatcheries and spawning farms of the Astrakhan region, do not stay in the river and roll into the sea. The main food objects for it are organisms of the “soft” benthos – crustaceans, worms and insect larvae. According to the results of research in 2020-2023, data from the analysis of the feed base during the period of the most intense food competition showed

that the biomass of benthic invertebrates in the western part of the Caspian Sea is 121.1 thousand tons, production is 484.5 thousand tons. Taking into account the diets, age composition and abundance of each species of fish living in the water area of the settlement of factory juveniles, the volume of withdrawal of forage organisms is determined. livestock. The main consumers of “soft” benthos are representatives of cyprinid, atherine and goby fish species, which makes them the main food competitors of the produced juveniles. The reserve of “soft” benthos products is distributed among the factory juveniles according to the weight and daily diet of each species during the feeding period at sea. When calculating the permissible volume of release of each of the artificially reproducible water bodies, the coefficients of the maximum possible use of the feed base by juvenile fish and an increase in its number, taking into account death during adaptation to the natural environment, are used. Based on the calculations carried out, it is shown that the potential of the forage base of the western part of the Northern Caspian Sea is not a limiting factor in the stocking of the marine area with objects of artificial reproduction. The above method of calculating the receiving capacity is used in the preparation of an annual plan of measures for the artificial reproduction of aquatic biological resources.

Keywords: aquatic biological resources, the Caspian Sea, receiving capacity, composition of the food lump, ichthyofauna

For citation: Mikhailova A. V., Tikhonova E. Yu., Shipulin S. V. On the calculation of the receiving capacity of the northwestern part of the Caspian Sea in the interests of artificial reproduction of aquatic biological resources in the Volga-Caspian fisheries basin. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Fishing industry.* 2024;2:17-22. (In Russ.). <https://doi.org/10.24143/2073-5529-2024-2-17-22>. EDN CGQFXQ.

Введение

Водные объекты нашей страны имеют различный состав ихтиофауны, условия естественного воспроизводства, обеспеченность рыбоводными мощностями для пополнения популяций рыб. Для обеспечения эффективности искусственного воспроизводства водных биологических ресурсов необходимо знать кормовые запасы водного объекта, принимающего выпускаемую рыбоводными предприятиями молодь. Потенциал кормовой базы является основным условием, ограничивающим приемную емкость водного объекта.

Формирование биологической продуктивности Каспийского моря в 2020–2023 гг. происходило на фоне сокращения волжского стока, уменьшения продолжительности половодья, раннего прохождения максимальных расходов и уровней воды, продолжающегося дисбаланса биогенных веществ, увеличения площадей с повышенной соленостью и сокращения площадей нагула из-за падения уровня моря. Все это в той или иной степени отражается на развитии гидробионтов [1]. Наиболее заметны изменения гидрологического режима р. Волги в мелководном Северном Каспии.

Все объекты искусственного воспроизводства, выпускаемые в р. Волгу и ее водотоки в пределах Волгоградской области ниже плотины Волжского ГУ и в Астраханской области, за исключением туводной стерляди, скатываются на нагул именно в эту часть моря.

Осетровые виды рыб выпускаются главным образом с государственных осетровых рыбоводных заводов; величина естественного воспроизводства, кроме стерляди, незначительна. Скорость ската молоди достаточно высока – согласно данным [2, 3], она может составлять до 9 км/сут и более. Увеличение времени плавания в толще воды и потеря тактильной связи с дном в темное время суток повышает скорость ската и обуславливает перенос молоди течением преимущественно в южном направлении. Это ускоряет расселение и способствует поиску более благоприятных кормовых условий.

Уже со второй половины июня молодь осетровых рыб от заводского воспроизводства и естественного нереста появляется и расселяется в западной части Северного Каспия, что подтверждает ее быстрое перемещение по русловым участкам к Каспийскому морю. Наибольшие скопления сеголетков наблюдаются в конце июня и в июле на акватории, примыкающей к Главному банку, на глубинах от 2 до 5 м. Концентрации молоди в этой части моря в разные годы неодинаковы и зависят от масштабов заводского выращивания, в определенной степени от интенсивности покатной миграции молоди естественного воспроизводства.

Пополнение запасов полупроходных рыб в современный период, в отличие от проходных, и в частности осетровых, происходит преимущественно за счет естественного нереста; искусственное воспроизводство осуществляется на государственных нерестово-выростных хозяйствах. Покатная миграция молоди полупроходных рыб, так же, как и осетровых, происходит круглогодично. При этом снижение пищевой конкуренции достигается избиранием мальками разных участков побережья [4]. Водные объекты, такие как р. Волга и ее водотоки, куда выпускается искусственно воспроизводимая молодь, почти не используются для ее нагула.

Согласно результатам наблюдений за покатной миграцией проходных и полупроходных видов рыб, выпускаемая молодь использует водотоки преимущественно в транзитных целях. Стратегия поведения молоди направлена на достижение мест нагула в море. В связи с этим расчеты приемной емкости осуществлялись для акватории западной части Северного Каспия.

Целью работы явилось исследование современного состояния кормовой базы Каспийского моря и количества недоиспользуемых ресурсов, остающихся после потребления существующим в водоеме поголовьем рыб, с разработкой способа автоматизации вычислений на основе базы данных гидробиологических характеристик с учетом трофо-

логии, необходимых для расчета приемной емкости данного водоема.

Материалы и методы

Исходные данные для определения кормового потенциала, количественного состояния и структуры ихтиофауны были собраны в период проведения комплексных ихтиологических исследований по стандартной сетке станций в западной части Каспийского моря в 2020–2023 гг. и обработаны согласно общепринятым методикам.

Расчет приемной емкости моря для оценки предельно допустимых объемов выпуска заводской молоди проводился путем сопоставления экологической емкости водного объекта, количества молоди данного вида, фактически обитающего в нем,

и количества обитающих видов водных биоресурсов со сходными экологическими особенностями.

Расчет общей биомассы кормовых организмов осуществлялся по формуле

$$B_{\text{бент.общ}} = \frac{B_{\text{бент.ср}} \cdot S}{1000},$$

где $B_{\text{бент.общ}}$ – общая биомасса донных организмов, пригодных в пищу объекту искусственного воспроизводства, кг; $B_{\text{бент.ср}}$ – средняя биомасса донных организмов, пригодных в пищу объекту искусственного воспроизводства, г/м²; S – площадь донных биотопов в водном объекте, на которых определяется биомасса донных организмов, м²; 1 000 – множитель для перевода граммов в килограммы (табл. 1).

Таблица 1

Table 1

Биомасса и продукция «мягкого» зообентоса западной части Северного Каспия в 2020–2023 гг.

Biomass and production of “soft” zoobenthos in the western part of the Northern Caspian Sea in 2020–2023

Показатель	Черви	Ракообразные	Хирономиды	Всего
Общая биомасса, тыс. т	102,9	13,6	4,6	121,1
Продукция, тыс. т	411,6	54,4	18,5	484,5

Продукция донных кормовых организмов определялась по формуле

$$P_{\text{бент}} = B_{\text{бент.общ}} \cdot P / B,$$

где $P_{\text{бент}}$ – продукция донных организмов, пригодных в пищу объекту искусственного воспроизводства, кг; P / B – относительная величина продукции, безразмерная величина. Значения коэффициента P / B приведены в «Методике исчисления размера вреда, причиненного водным биологическим ресурсам» (Приложение 1), утвержденной приказом Росрыболовства от 25 ноября 2011 г. № 1166 [5]. На основании полученных сведений рассчитывали величину продукции донных кормовых организмов, изымаемой обитающими в водном объекте видами водных биоресурсов, по формуле

$$P_{\text{изъят}} = \sum N_i \cdot m_{\text{ср.}i} \cdot R_i,$$

где $P_{\text{изъят}}$ – величина продукции донных кормовых организмов, изымаемой обитающими в водном объекте видами водных биоресурсов, кг; Σ – показатель суммирования величин по отдельным видам водных биоресурсов; N_i – численность каждого из обитающих в данном водном объекте вида водных биоресурсов, экз.; $m_{\text{ср.}i}$ – средняя масса особи каждого из обитающих в данном водном объекте вида водных биоресурсов, кг; R_i – рацион каждого из обитающих в данном водном объекте вида водных биоресурсов, % от массы тела.

Сравнивали величины продукции донных кор-

мовых организмов с величиной возможного изъятия и определяли резерв продукции донных организмов по формуле

$$P_{\text{бент.рез}} = P_{\text{бент}} - P_{\text{изъят}},$$

где $P_{\text{бент.рез}}$ – резерв продукции донных организмов, кг.

Расчет возможного объема выпуска молоди каждого из искусственно воспроизводимых видов рыб в млн экз. проводился по формуле [6]

$$E = P_{\text{ост}} \cdot K_3 \cdot \frac{1}{R} \cdot \frac{1}{T} \cdot N,$$

где E – предельно допустимый объем выпуска молоди, млн экз.; $P_{\text{ост}}$ – продукция кормовой базы на площади расселения молоди рыб, т; K_3 – коэффициент предельно возможного использования кормовой базы молодью рыб; R – суточный рацион молоди, г; T – масса выпускаемой молоди, г; N – коэффициент увеличения количества выпускаемой молоди в связи с ее естественной гибелью в период адаптации к естественным условиям среды.

При расчете продукции кормовой базы использованы данные по биомассе «мягкого» зообентоса, полученные в экспедиционных исследованиях, и литературные данные по удельной продукции отдельных видов животных и средневзвешенным P / B коэффициентам для каждой группы сообщества, полученные с учетом процентного соотношения видов. Из продукции бентоса на рассчитываемой площади вычитали ее потребление существующим по-

головьем рыб, рассчитанное по результатам натуральных исследований в летний период.

При проведении работ использованы данные по возрастной структуре запасов, средней массе тела и численности, учтены потребности естественных популяций рыб, обитающих на площади западной части Северного Каспия, пригодной для расселения молоди от искусственного воспроизводства. Также оценены спектры питания по размерным рядам для каждого исследуемого вида рыб, конкурентные взаимоотношения различных видов рыб, складывающиеся при потреблении одинаковых пищевых компонентов.

Для автоматизации процесса вычислений с целью ускорения работы и исключения рутинных ошибок все необходимые для расчета исходные данные вводились в специально подготовленные электронные таблицы MS Excel, содержащие приведенные выше и иные необходимые формулы для выполнения расчетов промежуточных показателей и итоговых величин приемной емкости.

Результаты и обсуждение

Гидробиологическая характеристика водоема, необходимая для оценки экологической емкости, представляет собой результат комплексного исследования растительного и животного планктона, зообентоса с определением видового состава, основных значений численности и биомассы.

Качественный состав фитопланктона западной части Северного Каспия в летний период формировали синезеленые, диатомовые, динофитовые, эвгленовые и зеленые водоросли. В составе экологических групп доминировали виды пресноводного происхождения. Основу всего флористического состава (более 140 видов) определяли синезеленые, дополняли диатомовые водоросли.

Формировали как биомассу, так и численность диатомовые водоросли, среди них доминировала *Pseudosolenia calcar-avis*.

Таксономический состав летнего зоопланктона включал 25 видов, разновидностей и форм. Наибольшее количество видов наблюдалось в группе Cladocera. Повсеместно в составе планктонной фауны рассматриваемого района моря наблюдались рачки *Acartia tonsa* (частота встречаемости 100 %). Реже регистрировались рачки *Calanipeda aquaedulcis*, *Evadne anonyx*, коловратки *Brachionus plicatilis*, личинки *Bivalvia* и *Cirripedia* (частота встречаемости 70 %). Экологический комплекс формировали эвригалинные организмы.

Основу численности и биомассы зоопланктона определяли веслоногие рачки (84 % общей численности и 93 % общей биомассы).

В летний период в западной части Северного Каспия в составе зообентоса было обнаружено 24 таксономические единицы, относящиеся к 5 классам: нематоды, многощетинковые и малощетинковые черви, ракообразные, двусторчатые моллюски. Среди обнаруженных в зообентосе донных организмов группа ракообразных (17 видов) являлась наиболее богатой в видовом отношении. Повсеместное (100 %) распространение получили многощетинковые *Hediste diversicolor* и малощетинковые черви. Субдоминировали полихеты – вселенцы *Marenzelleria* sp. – 83 %, кумовые ракообразные *Stenocuma graciloides* – 67 %, бокоплав *Stenogammarus similis* – 83 % и двусторчатые моллюски *Mytilaster lineatus* – 50 %.

На глубинах до 20 м изобаты на площади 45,6 тыс. км² общая биомасса «мягкого» бентоса составила 121,1 тыс. т, продукция – 484,5 тыс. т (см. табл. 1).

Исследования содержимого пищеварительных трактов показали, что основными конкурентами питания скатившейся молоди проходных и полупроходных рыб являются представители атериновых и бычковых видов рыб, а также сеголетки и взрослые особи карповых (табл. 2).

Таблица 2

Table 2

Потребление организмов «мягкого» бентоса рыбами-бентофагами

Consumption of “soft” benthos organisms by benthic fish

Вид рыб	Количество потребленного «мягкого» бентоса, т
Бычковые	141,37
Атериновые	218,92
Лещ	918,72
Молодь леща	101,25
Вобла	31,82
Молодь воблы	96,53
Молодь осетра	0,92
Севрюга	6,23
Молодь белуги	0,15
Молодь судака	5,05
Всего	1 520,96

Несмотря на то, что морские виды рыб – атери-на и бычки – оказывают наибольший пресс на донных беспозвоночных, они сами служат высококалорийным кормом для подросшей молоди осетровых, судака и белорыбицы.

Потребление организмов «мягкого» бентоса на акватории исследования существующим поголовьем рыб в сезон напряженной пищевой конкуренции составило 1,5 тыс. т. За вычетом количества потребленного корма и при минимальном показателе предельно возможного изъятия кормовой базы 25 % остаток «мягкого» бентоса для молоди от искусственного воспроизводства составит 120,7 тыс. т, что дополнительно способно обеспечить кормовыми ресурсами 108 342,0 млн экз. сеголетков рыб-бентофагов.

Заключение

Доступная продукция кормовой базы на площади расселения молоди рыб определяется исходя из

данных по продукции и изъятию кормовых организмов. По данным суточных рационов питания и массы тела каждого выпускаемого вида рыб от искусственного воспроизводства рассчитываются их предельно допустимые объемы выпусков.

Исходя из состояния кормовой базы и возможностей существующих рыбоводных предприятий, выпуск заводской молоди в Каспийское море не имеет кормового лимита.

Результаты расчетов по кормовой базе и приемной емкости, производимые с использованием подготовленных электронных таблиц MS Excel, с 2019 г. регулярно докладываются на ученом совете Волжско-Каспийского филиала ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» (ВНИРО), затем в установленном порядке – на ученом совете ВНИРО, и ложатся в основу ежегодных рекомендаций по искусственному воспроизводству водных биологических ресурсов.

Список источников

1. Михайлова А. В. Ретроспективный анализ структурных перестроек в составе макрозообентоса на этапе трансгрессии Каспийского моря // *Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. Сер.: Рыбное хозяйство*. 2021. № 2. С. 47–54.
2. Левин А. В. Поведение и распределение молоди русского осетра в западной части Северного Каспия на первом году жизни: дис. ... канд. биол. наук. М.: ИЭМЭЖ им. А. Н. Северцова АН СССР, 1984. 179 с.
3. Левин А. В. Экология и поведение молоди осетровых рыб в Волго-Каспийском регионе. Астрахань: Изд-во КаспНИРХ, 2006. 228 с.
4. Фомичев О. А. Распределение молоди рыб в прибреж-

- ной зоне водотоков дельты Волги и его связь с покатной миграцией: дис. ... канд. биол. наук. М., 2001. 235 с.
5. Об утверждении Методики исчисления размера вреда, причиненного водным биологическим ресурсам: приказ Росрыболовства от 25 ноября 2011 г. № 1 166. URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=195635> (дата обращения: 02.02.2024).
6. Афанасьев Д. Ф., Белоусов В. Н. Планирование оптимального объема выпуска молоди проходных и полупроходных рыб искусственного воспроизводства на основе расчета суточной продукции кормовой базы // *Рыбное хозяйство*. 2017. № 4. С. 75–79.

References

1. Mikhailova A. V. Retrospektivnyi analiz strukturnykh perestroek v sostave makrozoobentosa na etape transgressii Kaspiiskogo moria [Retrospective analysis of structural rearrangements in the composition of macrozoobenthos at the stage of transgression of the Caspian Sea]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Rybnoe khoziaistvo*, 2021, no. 2, pp. 47-54.
2. Levin A. V. *Povedenie i raspredelenie molodi russkogo osetra v zapadnoi chasti Severnogo Kaspiia na pervom godu zhizni. Dissertatsiia ... kand. biol. nauk* [Behavior and distribution of juvenile Russian sturgeon in the western part of the Northern Caspian Sea in the first year of life. Dissertation ... cand. Biol. sciences]. Moscow, IEMEZH im. A. N. Severtsova AN SSSR, 1984. 179 p.
3. Levin A. V. *Ekologiya i povedenie molodi osetrovyykh ryb v Volgo-Kaspiiskom regione* [Ecology and behavior of juvenile sturgeon in the Volga-Caspian region]. Astrakhan', Izd-vo KaspNIRKh, 2006. 228 p.
4. Fomichev O. A. *Raspredelenie molodi ryb v pribrezhnoi zone vodotokov del'ty Volgi i ego svyaz' s pokatnoi mi-*

- gratsiei. Dissertatsiia ... kand. biol. nauk* [The distribution of juvenile fish in the coastal zone of the Volga Delta water-courses and its relationship with sloping migration. Dissertation ... cand. Biol. sciences]. Moscow, 2001. 235 p.
5. *Ob utverzhdenii Metodiki ischisleniia razmera vreda, prichinennogo vodnym biologicheskim resursam: prikaz Rosrybolovstva ot 25 noiabria 2011 g. № 1 166* [On approval of the Methodology for calculating the amount of damage caused to aquatic biological resources: Order of the Federal Fisheries Agency dated November 25, 2011 No. 1 166]. Available at: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=195635> (accessed: 02.02.2024).
6. Afanas'ev D. F., Belousov V. N. *Planirovanie optimal'nogo ob'ema vypuska molodi prokhodnykh i poluprokhodnykh ryb iskusstvennogo vosproizvodstva na osnove rascheta sutochnoi produktsii kormovoi bazy* [Planning the optimal volume of release of juveniles of passing and semi-passing fish of artificial reproduction based on the calculation of the daily production of the feed base]. *Rybnoe khoziaistvo*, 2017, no. 4, pp. 75-79.

Статья поступила в редакцию 04.03.2024; одобрена после рецензирования 17.05.2024; принята к публикации 24.05.2024
The article was submitted 04.03.2024; approved after reviewing 17.05.2024; accepted for publication 24.05.2024

Информация об авторах / Information about the authors

Анна Викторовна Михайлова – кандидат биологических наук; руководитель центра экологических исследований; Волжско-Каспийский филиал ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии»; anna_korotenko1983@mail.ru

Элеонора Юрьевна Тихонова – кандидат биологических наук; заведующий лабораторией гидробиологии; Волжско-Каспийский филиал ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии»; tikhonovaeyu@kaspnirh.vniro.ru

Сергей Викторович Шипулин – кандидат биологических наук; заместитель руководителя филиала; Волжско-Каспийский филиал ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии»; rocot11@mail.ru

Anna V. Mikhailova – Candidate of Biological Sciences; Head of the Environmental Research Center; Volga-Caspian Branch Russian Federal “Research Institute of Fisheries and Oceanography”; anna_korotenko1983@mail.ru

Eleanor Yu. Tikhonova – Candidate of Biological Sciences; Head of the Hydrobiology Laboratory; Volga-Caspian Branch Russian Federal “Research Institute of Fisheries and Oceanography”; tikhonovaeyu@kaspnirh.vniro.ru

Sergei V. Shipulin – Candidate of Biological Sciences; Deputy Head of the branch; Volga-Caspian Branch Russian Federal “Research Institute of Fisheries and Oceanography”; rocot11@mail.ru

