

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО РЫБОЛОВСТВУ
ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
РЫБНОГО ХОЗЯЙСТВА И ОКЕАНОГРАФИИ (ФГБНУ «ВНИРО»),
АЗОВО-ЧЕРНОМОРСКИЙ ФИЛИАЛ ФГБНУ «ВНИРО» («АЗНИИРХ»)



ТРУДЫ АЗНИИРХ

Том 3

Ростов-на-Дону
2021

УДК 639.2/3+628.394.6(262.54+262.5)

ББК 47.2

Т 782

Труды АзНИИРХ: сборник научных трудов печатается согласно решению Редакционно-издательского совета (РИС) ФГБНУ «АзНИИРХ» от 19 января 2016 г. № 1

Периодическое издание выходит 1 раз в 2 года.

Т 782

Труды АзНИИРХ / Отв. редактор В.Н. Белоусов. — Ростов-на-Дону: Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»). — Выходит с 2017 г. — ISSN 2587-5949.

Том 3. — 2021. — 168 с.

В сборнике научных трудов рассмотрены вопросы комплексного использования биоресурсов, аквакультуры, биологические основы воспроизводства ценных промысловых рыб в Азово-Черноморском рыбохозяйственном бассейне, а также проблемы экологии и природоохраны рыбохозяйственных водоемов.

УДК 639.2/3+628.394.6(262.54+262.5)

ББК 47.2

Ответственный редактор: к.б.н. В.Н. Белоусов

Редакционная коллегия:

к.б.н. В.А. Лужняк, к.б.н. Т.О. Барабашин, к.б.н. Л.А. Бугаев, Г.В. Ермолаева

FEDERAL AGENCY FOR FISHERY
RUSSIAN FEDERAL RESEARCH INSTITUTE OF
FISHERIES AND OCEANOGRAPHY (FSBSI “VNIRO”),
AZOV-BLACK SEA BRANCH OF THE FSBSI “VNIRO” (“AZNIIRKH”)



PROCEEDINGS OF AzNIIRKH

Volume 3

Rostov-on-Don
2021

УДК 639.2/3+628.394.6(262.54+262.5)

ББК 47.2

Т 782

Proceedings of AzNIIRKH: collected papers are published according to the decision to the Editorial Board of AzNIIRKH of January 19, 2016, No. 1

Serial publication. Published every two years.

Т 782

Proceedings of AzNIIRKH / Editor in chief V.N. Belousov. — Rostov-on-Don: AzNIIRKH Publ. — Published since 2017. — ISSN 2587-5949.

Vol. 3. — 2021. — 168 p.

Complex studies of biological resources and aquaculture utilization, biological foundation of valuable fish species reproduction, aquaculture, ecological problems and nature protection measure in the fishery water bodies of the Azov and Black Seas Basin.

УДК 639.2/3+628.394.6(262.54+262.5)

ББК 47.2

Editor in chief: V.N. Belousov, Ph.D. (Biology)

Editorial Board:

V.A. Luzhnyak, Ph.D. (Biology), T.O. Barabashin, Ph.D. (Biology), L.A. Bugaev, Ph.D. (Biology), G.V. Ermolayeva

СОДЕРЖАНИЕ

КОМПЛЕКСНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ БИОРЕСУРСОВ

Шляхова О.В., Ефанов А.Д., Исачков А.Е., Киринос Е.А., Морозова И.А. Промыслово-биологические показатели морского прибрежного промысла атерины, кефали, смариды и состояние их запасов в Азово-Черноморском рыбохозяйственном бассейне в 2018–2020 гг.	9
Чередников С.Ю., Власенко Е.С. Состояние азовских популяций леща и рыбца в современный период.....	23
Жердев Н.А., Лукьянов С.В. Состояние азовских популяций тарани и судака в современный период.....	31
Войкина А.В., Бугаев Л.А., Кириченко О.В., Цыбульская М.А., Ружинская Л.П., Белоусов В.Н., Сергеева С.Г., Лисовская В.В., Мосесян Г.В. Сезонная динамика содержания общих липидов в теле хамсы <i>Engraulis encrasicolus</i> (Linnaeus, 1758) в период 2017–2020 гг.	42
Чубова Е.Е., Саенко Е.М., Головкин Г.В. Оценка состояния популяции леща Веселовского водохранилища в современный период	51
Карнаухов Г.И. Анализ состояния популяции судака <i>Sander lucioperca</i> (Linnaeus, 1758) Чограйского водохранилища (2015–2020 гг.)	57
Марченко А.О. Анализ подходов определения возрастной структуры популяции раков	63

ПРИРОДООХРАННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ. ЭКОЛОГИЯ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ВОДОЕМОВ

Жукова С.В., Шишкин В.М., Карманов В.Г., Подмарева Т.И., Бурлачко Д.С., Лутынская Л.А., Тарадина Е.А. Возможный эффект от переброски части волжского стока в бассейн р. Дон	66
Павленко Л.Ф., Клименко Т.Л., Анохина Н.С., Кораблина И.В. Влияние нефтяного загрязнения воды на пелагических рыб Азовского моря	73
Трушков А.В., Гринь А.В., Баскакова Т.Е., Лезговка Н.А., Картамышева Т.Б., Шевцова Е.А. Оценка гидрохимического состояния Азовского моря по данным натурных исследований 2019–2020 гг.	82
Валиуллин В.А., Зинчук О.А., Карпушина Ю.Э. Пестициды современных классов в воде и донных отложениях Веселовского водохранилища	90
Есина Л.М., Чернявская С.Л., Белякова И.А., Кораблина И.В. Содержание кадмия и мышьяка во внутренних рапанах и определение возможности их переработки	95
Чернявская С.Л., Белякова И.А., Есина Л.М., Кораблина И.В., Кистина С.Н. Безопасность медуз корнерот <i>Rhizostoma pulmo</i> как объекта переработки	103
Мартынюк М.Л. Состояние зоопланктонного сообщества прибрежной зоны Черного моря (по данным осеннего мониторинга 2020 г.)	109
Середа М.М., Сафронова Л.М., Бондарев С.В., Хренкин Д.В., Иванченко Е.В., Афанасьев Д.Ф. Особенности вертикального распределения фитопланктона Прикерченского района Черного моря в летний период 2019 года.....	116
Терентьев А.С., Заремба Н.Б. Состояние зоопланктона центральной части залива Сиваш в летний период 2019 г.	121

АКВАКУЛЬТУРА, МАРИКУЛЬТУРА И ИСКУССТВЕННОЕ ВОСПРОИЗВОДСТВО

Порошина Е.А., Сергеева С.Г., Горбенко Е.В., Хорошельцева В.Н., Бугаев Л.А. Результаты выращивания молоди тарани (<i>Rutilus rutilus</i> , L.) в нерестово-выростных хозяйствах Краснодарского края в 2020 г.	130
---	-----

Зипельт Л.И., Горбенко Е.В., Павлюк А.А. Результаты искусственного воспроизводства молоди рыбца (<i>Vimba vimba</i>) в Азово-Донском районе	137
Стафикопуло А.М., Горбатюк Я.И. Определение коэффициента уловистости учетной волокуши по отношению к молоди сазана и растительноядных видов рыб (белый толстолобик, белый амур) для совершенствования бонитировочного метода учета молоди объектов искусственного воспроизводства в Азово-Черноморском рыбохозяйственном бассейне.....	147

CONTENT

COMPLEX STUDIES OF BIOLOGICAL RESOURCES

Shlyakhova O.V., Efanov A.D., Isachkov A.E., Kirnosov E.A., Morozova I.A. Fishery and biological characteristics of the big-scale sand smelt, flathead grey mullet, and picarel exploitation in the marine coastal waters and the stocks of these species in the Azov and Black Sea Fishery Basin in 2018–2020	9
Cherednikov S.Yu., Vlasenko E.S. Status of the Azov Sea populations of common bream and vimba bream at the present time	23
Zherdev N.A., Lukyanov S.V. Status of the Azov Sea populations of roach and zander at the present time	31
Voykina A.V., Bugaev L.A., Kirichenko O.V., Tsubulskaya M.A., Ruzhinskaya L.P., Belousov V.N., Sergeeva S.G., Lisovskaya V.V., Mosesyan G.V. Seasonal dynamics of the total lipid content in the body of the European anchovy <i>Engraulis encrasicolus</i> (Linnaeus, 1758) in 2017–2020.....	42
Chubova E.E., Saenko E.M., Golovko G.V. Assessment of the bream population in the Veselovsky Reservoir at the present time	51
Karnaikhov G.I. Analysis of the status of zander <i>Sander lucioperca</i> (Linnaeus, 1758) population in the Chogray Reservoir (2015–2020)	57
Marchenko A.O. Analysis of the approaches to estimation of the age composition of a crayfish population.....	63

ENVIRONMENTAL STUDIES. ECOLOGY OF FISHERY WATER BODIES

Zhukova S.V., Shishkin V.M., Karmanov V.G., Podmareva T.I., Burlachko D.S., Lutinskaya L.A., Taradina E.A. Possible effect of the partial transfer of the Volga River runoff to the Don River Basin	66
Pavlenko L.F., Klimenko T.L., Anokhina N.S., Korablina I.V. Effect of oil pollution on the pelagic fish species in the Azov Sea	73
Trushkov A.V., Grin A.V., Baskakova T.E., Lezgovka N.A., Kartamysheva T.B., Shevtsova E.A. Assessment of the hydrochemical status of the Azov Sea based on the data collected during field surveys in 2019–2020	82
Valiullin V.A., Zinchuk O.A., Karpushina Yu.E. Pesticides of modern classes in the water and bottom sediments of the Veselovsky Reservoir	90
Esina L.M., Chernyavskaya S.L., Belyakova I.A., Korablina I.V. Content of cadmium and arsenic in the veined rapa whelk viscera and estimation of the prospects for their processing	95
Chernyavskaya S.L., Belyakova I.A., Esina L.M., Korablina I.V., Kistina S.N. Food safety of the barrel jellyfish <i>Rhizostoma pulmo</i> as a raw material for processing	103
Martynyuk M.L. Status of the zooplankton community in the Black Sea coastal waters (based on the data collected during an autumn monitoring survey in 2020)	109
Sereda M.M., Safronova L.M., Bondarev S.V., Khrenkin D.V., Invanchenko E.V., Afanasyev D.F. Special features of the vertical distribution of the phytoplankton in the Kerch coastal waters (Black Sea) in the summer season of 2019	116
Terentyev A.S., Zaremba N.B. Status of the zooplankton in the central Syvash Bay in the summer season of 2019	121

AQUACULTURE, MARICULTURE AND ARTIFICIAL REPRODUCTION

Poroshina E.A., Sergeeva S.G., Gorbenko E.V., Khorosheltseva V.N., Bugaev L.A. Results of rearing roach (<i>Rutilus rutilus, L.</i>) juveniles in the spawning and rearing farms in the Krasnodar Territory in 2020	130
Zipelt L.I., Gorbenko E.V., Pavlyuk A.A. Results of artificial reproduction of vimba bream (<i>Vimba vimba</i>) juveniles in the Azov Sea and Don River Region	137
Stafikopulo A.M., Gorbatyuk Ya.I. Determination of the catchability coefficient of a survey dragnet for the juveniles of common carp and herbivorous fish species (silver carp, grass carp) with the purpose of improving the appraising method for the juveniles of the species targeted by artificial reproduction in the Azov and Black Sea Fishery Basin	147

КОМПЛЕКСНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ БИОРЕСУРСОВ

УДК 639.2.053.7(262.5)

ПРОМЫСЛОВО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ МОРСКОГО ПРИБРЕЖНОГО ПРОМЫСЛА АТЕРИНЫ, КЕФАЛИ, СМАРИДЫ И СОСТОЯНИЕ ИХ ЗАПАСОВ В АЗОВО-ЧЕРНОМОРСКОМ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОМ БАССЕЙНЕ В 2018–2020 ГГ.

О. В. Шляхова, А. Д. Ефанов, А. Е. Исачков, Е. А. Кирносов, И. А. Морозова

*Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»),
Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»), Ростов-на-Дону
E-mail: shlyahova_o_v@azniirkh.ru*

Аннотация. Приведено краткое описание биологии, промысла и единиц запаса атерины, кефали и смарида в прибрежных районах российского рыболовства в Черном и Азовском морях. Даны сведения о годовых уловах в период 2000–2020 гг., о размерно-возрастной и весовой структуре вылова в период 2018–2020 гг. и текущем состоянии их запасов в 2020 г. Приведены оценки численности, биомассы и промысловой смертности исследованных трех единиц запаса согласно анализу когорт длины на модели Джонса. Показано, что текущий запас атерины по отношению к двум предшествующим годам сократился, запас кефали увеличился, а смарида остался стабильным. Если ранжировать запасы по степени «теплолюбивости» и их состоянию в последние 3 года, то у самой теплолюбивой кефали запас был растущим, у менее теплолюбивой смарида запас находился на одном уровне, а у наименее теплолюбивой атерины уменьшался.

Ключевые слова: Черное море, Азовское море, атерина, кефали, смарида, статистика промысловых уловов, структура вылова, прибрежный промысел, параметры популяции, запас

FISHERY AND BIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE BIG-SCALE SAND SMELT, FLATHEAD GREY MULLET, AND PICAREL EXPLOITATION IN THE MARINE COASTAL WATERS AND THE STOCKS OF THESE SPECIES IN THE AZOV AND BLACK SEA FISHERY BASIN IN 2018–2020

O. V. Shlyakhova, A. D. Efanov, A. E. Isachkov, E. A. Kirnosov, I. A. Morozova

*Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (FSBSI “VNIRO”),
Azov-Black Sea Branch of the FSBSI “VNIRO” (“AzNIIRKH”), Rostov-on-Don
E-mail: shlyahova_o_v@azniirkh.ru*

Abstract. A brief description of the biology, fishery and stock units of big-scale sand smelt, flathead grey mullet, and picarel is given for the Russian fisheries in the coastal areas of the Black and Azov Seas. The data on the annual catches in 2000–2020, age, length and weight compositions of the catch in 2018–2020, and the present status of the stocks of these species in 2020 are presented. The estimates for the abundance, biomass and fishing mortality of the three investigated stock units based on the Jones’ length cohort analysis are presented. It is shown that the present stock of big-scale sand smelt, as compared with that for the two previous years, has decreased, the stock of flathead grey mullet has increased, and the stock of picarel has remained stable. If ranked by their status over the last 3 years and the degree of their

thermophilicity, the stock of flathead grey mullet, the most thermophilic species, was increasing, the stock of picarel, which holds the middle position, remained at the same level, and the stock of big-scale sand smelt, the least thermophilic species, was decreasing.

Keywords: Black Sea, Azov Sea, big-scale sand smelt, mullets, picarel, fishing statistics, catch composition, coastal fishing, population parameters, stock

ВВЕДЕНИЕ

Современный состав и состояние промысловой ихтиофауны Черного и Азовского морей определяет наибольшую значимость в структуре российского рыболовства мелких пелагических рыб — хамсы (*Engraulis encrasicolus*), шпрота (*Sprattus sprattus*) и черноморской ставриды (*Trachurus mediterraneus*). В последние 20 лет эти три вида составляют около 80 % морского вылова в Азово-Черноморском бассейне. Остальной вылов приходится на демерсальных (придонных) рыб и моллюсков, запасы и объемы вылова которых уступают пелагическим рыбам, но их промысел важен обеспечением занятости прибрежного населения и поставкой на рыбный рынок наиболее ценной рыбной продукции.

В Азово-Черноморском бассейне морское рыболовство базируется преимущественно на эксплуатации распределенных запасов, то есть используемых промыслом в водах более чем одного прибрежного государства. Промысел распределенных запасов рыб и беспозвоночных Черного моря регулируется Генеральной комиссией по рыболовству в Средиземном море (ГКРС), с которой Россия в статусе наблюдателя сотрудничает в вопросах оценки запасов шпрота, хамсы, черноморской ставриды, камбалы-калкан (*Scophthalmus maoticus*), барабули (*Mullus barbatus*), акулы катрана (*Squalus acanthias*), морской лисицы (*Raja clavata*), мерланга (*Merlangius merlangus*) и рапаны (*Rapana venosa*). Сведения о промыслово-биологических показателях перечисленных видов рыб публиковались в различных научных изданиях, в том числе в журнале Водные биоресурсы и среда обитания [1–5]. К распределенным запасам морских рыб Азовского моря, промысел которых регулирует Российско-Украинская Комиссия по вопросам рыболовства в Азовском море (ПУК), относятся хамса, тюлька (*Clupeonella cultriventris*), камбала-калкан, бычки (виды родов *Gobius*, *Neogobius*, *Mesogobius*, *Zosterisessor* и др.) и пиленгас (*Liza haematocheilus*).

Из приведенного выше перечня видно, что массовые виды рыб российского прибрежного промысла в Черном и Азовском морях, такие как атерина (виды рода *Atherina*), кефали (виды родов *Mugil*, *Liza*) и смарида (виды рода *Spicara*), не входят в перечень объектов международного регулирования. Поэтому они не были в должной степени охвачены публикациями сырьевой направленности, в которых отражены результаты исследований последних лет Азово-Черноморского филиала ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»). Настоящая работа имеет своей целью заполнить этот пробел.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалами исследований послужили данные по биологии и российскому промыслу атерины, кефали и смариды в 2000-х и 2010-х гг. с акцентом на 2019–2020 гг. Данные получены преимущественно из промысловых уловов бригад прибрежного лова, осуществлявших рыболовство вдоль российского побережья Азовского и Черного морей. Использована статистика промыслового вылова водных биоресурсов рыбодобывающими организациями Краснодарского края и Республики Крым, предоставленная Азово-Черноморским территориальным управлением Росрыболовства, а также данные научных публикаций.

Пробы исследуемых рыб на определение размерно-возрастного состава отбирали из промысловых уловов в соответствии с общепринятыми методами [6, 7]. У рыб измеряли стандартную длину от вершины рыла (при закрытом рте) до начала средних лучей хвостового плавника (SL). Результаты измерений группировали и усредняли по классам вариационного ряда, возраст рыб определяли по чешуе. Для определения возрастного состава применяли размерно-возрастные ключи [8, 9].

При подготовке промыслово-биологических данных, которые в дальнейшем были использованы для аналитического оценивания среднегодовых характеристик размерно-массового состава уловов рыб

(численность и средняя масса особей в группах длины/возраста) в Черном и Азовском морях, получали взвешиванием показателей по вылову в соответствующий период времени (месяц, квартал, год).

Оценка запасов атерины, кефали и смариды проведена модифицированным методом Джонса [10–12].

Видовые научные и русские названия рыб даны по Васильевой [13] с некоторым заимствованием из «Перечня видов водных биологических ресурсов, в отношении которых осуществляется промышленное рыболовство во внутренних морских водах Российской Федерации, в территориальном море Российской Федерации, на континентальном шельфе Российской Федерации, в исключительной экономической зоне Российской Федерации, Каспийском море, открытом море и районах действия международных договоров Российской Федерации в области рыболовства и сохранения водных биологических ресурсов» (утвержден распоряжением правительства Российской Федерации от 18 ноября 2017 года № 2569-р).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Описание результатов оценок промыслово-биологических показателей атерины, кефали и смариды в современном ареале прибрежного промысла Российской Федерации в Черном и Азовском морях представлено по единой схеме:

Единицы запаса.

Анализ доступного информационного обеспечения и применяемые методы оценки запаса.

Ретроспективный анализ состояния запаса.

Промыслово-биологические показатели, используемые для оценки текущего состояния запаса.

Оценка текущего состояния запаса.

Атерина

Единицы запаса. Запас атерины в Черном и Азовском морях сформирован двумя близкородственными видами — атериной *Atherina boyeri* Risso и атлантической атериной *A. hepsetus* L. В промысловых уловах преобладает *A. boyeri*, доля атлантической атерины обычно не превышает 10 %. Российский промысел атерины осуществляется в обоих морях, фактически эксплуатируя единый запас этой рыбы. Украина с 2014 г. не ведет промысел атерины в Азовском море, а в Черном море эксплуатирует ее местный запас, приуроченный к водам у берегов Одесской, Николаевской и Херсонской областей.

В районах Черного моря, прилегающих к побережью Крыма на участке мыс Кыз-Аул – мыс Опук, расположены компактные места зимовки атерины, которые иногда целенаправленно облавливались тралами. В 2013–2014 гг. на этот район приходилось более 90 % морского вылова атерины у берегов Крыма и Краснодарского края. Компактные места зимовки атерины к востоку от Керченского пролива, у южного и западного берегов Крыма не обнаружены. В марте–апреле из крымского района Черного моря, прилегающего к Керченскому проливу, большая часть перезимовавшей атерины мигрирует на нагул в Азовское море, где смешивается с атериной (относительно малочисленной), зимовавшей к востоку от Керченского пролива. В весенних миграциях рыбы в западном направлении участвует меньшая часть атерины. В Азовском море и в Керченском проливе облов мигрирующей весной и осенью атерины проводится почти исключительно в прибрежной зоне Крыма.

До 2020 г. Российская Федерация устанавливала объемы РВ атерины отдельно для Черного и Азовского моря, т. е. единый «черноморско-азовский» запас этой рыбы рассматривался как две отдельные единицы запаса — «черноморская» и «азовская». Поскольку разделение запаса атерины на две единицы было формальным, для аналитической оценки этой рыбы промыслово-биологические материалы из уловов в Черном и Азовском морях традиционно объединялись в единые массивы. Далее полученные оценки РВ для всего «черноморско-азовского» запаса распределялись на Черное и Азовское моря как отдельные объемы РВ пропорционально фактическому вылову. С 2021 г. РВ атерины в российских водах устанавливается общим для этих морей.

Анализ доступного информационного обеспечения и применяемые методы оценки запаса. Для анализа текущего состояния запаса атерины в Черном и Азовском морях доступны материалы Азово-Черноморского филиала ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ») за период 2000–2020 гг.:

- исторические ряды уловов;
- исторические ряды возрастного (с 2015 г.) и размерного состава уловов;
- темпы весового роста и полового созревания;
- средние и распределенные по возрастам значения естественной смертности, оценки параметров роста Берталанфи.

Данные об уловах на единицу промыслового усилия и о количестве промысловых усилий отсутствуют. Имеющийся набор данных позволяет отнести информационную обеспеченность черноморско-азовской единицы запаса атерины к III уровню в формулировках Приказа ФГБНУ «ВНИРО» от 29.03.2019 № 155 (далее — Приказ № 155). Такой уровень является самым низким, не позволяющим использовать математические модели динамики численности. Для оценки запаса атерины применяется модифицированный метод Джонса (далее — LCA), представляющий собой когортный анализ данных о структурированном по длине рыб годовом вылове, усредненном за два смежных года [11]. Метод LCA позволяет исследовать динамику численности запаса и промысловой смертности, но дает более грубые оценки, чем методы анализа когорт, структурированных по возрасту.

Помимо LCA используется также метод CMSY, входящий в группу методов DLM, разработанных для оценки запасов III информационного уровня с дефицитом исходных данных. Часть методов DLM работают на принципах, заложенных в продукционных моделях, и они рекомендованы для приоритетных видов водных биоресурсов с недостаточным набором данных для применения полноценных аналитических методов [14]. К ним относится и метод CMSY.

Ретроспективный анализ состояния запаса. У берегов Крыма и Краснодарского края лов атерины традиционно осуществляется почти исключительно ставными неводами, уловы приурочены к весенним и осенним миграциям рыбы. Во время миграций атерина образует большие косяки, которые приурочены к узкой прибрежной зоне и эффективно облавливаются пассивными орудиями лова. Промысловая мера на атерину отсутствует, она вылавливается в основном осенью в возрасте двухлетков и сеголетков (они войдут в состав нерестового стада на следующий год).

С середины 2000-х гг. и до 2014 г. в северо-восточной части Черного моря крымский судовой промысел в декабре–марте стал эпизодически облавливать атерину разноглубинными тралами на местах ее зимовки. В 2013 г. в Черном море у берегов Крыма вылов атерины резко увеличился (было добыто более 3 тыс. т), что соответствует историческому максимуму. Лов атерины разноглубинными тралами осуществлялся крымскими судами в годы отсутствия хамсы на местах зимовки у берегов Крыма, что позволяло частично компенсировать недолов хамсы.

Начиная с 2015 г., крымский рыболовный флот получил возможность работать у берегов Кавказа (Краснодарский край), поэтому практически вся атерина в период 2015–2020 гг. была добыта при использовании пассивных орудий лова, в результате чего вылов этой рыбы в Черном море резко сократился (табл. 1). Снижение крымского вылова атерины в первую очередь объясняется экономическими причинами, поскольку более выгодный и более производительный траловый лов хамсы в Черном море стал доступным рыбодобывающим предприятиям Крыма при отсутствии массовой зимовки хамсы у берегов Крыма.

Оценку запаса атерины в Азово-Черноморском рыбохозяйственном бассейне методом LCA стали проводить с 2016 г. после решения проблемы определения ее возраста и определения параметров роста в уравнении Берталанфи. Биомасса и другие показатели черноморско-азовской единицы запаса атерины в период 2016–2020 гг. представлены в табл. 2. Оценки запаса по LCA, относящиеся к 2013–2015 гг., находились в диапазоне 15–30 тыс. т. В таблице они не приведены, поскольку в указанные годы проводился высокопроизводительный траловый лов атерины, интенсивность которого несопоставима с интенсивностью прибрежного лова ставными неводами.

Промыслово-биологические показатели, используемые для оценки текущего состояния запаса. Атерина относится к короткоцикловым рыбам, у российских берегов Черного и Азовского морей ее возраст не превышает 4 лет. В 2019–2020 гг. в морских уловах преобладали сеголетки и одно-двухгодовалые рыбы.

Таблица 1. Объем вылова атерины у берегов Крыма и Краснодарского края в 2000–2020 гг., т

Год	Черное море		Азовское море		Всего
	Крым	Кубань	Крым	Кубань	
2000	11,300	15,000	18,540	48,000	92,840
2001	10,000	10,000	106,190	85,000	211,190
2002	26,200	44,400	122,577	55,000	248,177
2003	28,100	96,200	84,250	87,000	295,550
2004	106,000	20,500	73,434	32,300	232,234
2005	141,600	2,200	179,590	16,300	339,690
2006	87,800	1,600	174,333	11,400	275,133
2007	411,600	0,200	154,299	8,480	574,579
2008	227,700	0,000	98,081	6,830	332,611
2009	587,900	3,800	179,642	32,300	803,642
2010	182,700	18,870	214,975	3,050	419,595
2011	58,500	2,030	137,733	2,030	200,293
2012	36,100	12,030	207,786	12,030	267,946
2013	3021,000	1,010	238,622	0,000	3260,632
2014	1124,285	2,078	113,613	27,889	1267,865
2015	36,347	2,611	168,228	14,767	221,953
2016	51,900	1,287	97,769	4,123	155,079
2017	35,067	0,112	116,746	31,138	183,063
2018	20,089	2,030	82,432	18,389	122,940
2019	63,927	86,283	42,558	57,442	250,210
2020	14,733	0,085	76,520	2,188	93,526

Таблица 2. Показатели черноморско-азовской единицы запаса атерины в 2015–2020 гг. (по LCA)*

Период	Показатели						
	R_0	N_1	F_0	N_{1+}	B_{1+}	F_{1+}	w_i
2015–2016	1003,616	479,330	0,0166	771,082	2118	0,1602	3,7
2016–2017	1084,829	250,220	0,0544	384,857	1477	0,3435	3,6
2017–2018	447,890	99,935	0,0775	129,121	445	0,4941	3,4
2018–2019	384,999	81,965	0,0956	106,650	358	0,5012	3,2
2019–2020	323,832	62,589	0,1161	89,301	344	0,4945	3,3

Примечание: * R_0 и F_0 — численность и промысловая смертность рыб длиной 4,5–6,5 см (соответствуют численности в млн шт. и промысловой смертности сеголетков); N_1 , N_{1+} , B_{1+} , F_{1+} — соответственно численность годовиков и рыб в возрасте 2–4 года в млн шт., биомасса (т), промысловая смертность и средний вес (w_i , г) рыб длиной более 6,5 см (соответствуют показателям промыслового запаса)

Параметры уравнения Берталанфи атерины, относящейся к виду *A. boyeri*, и $F_{0.1}$ определены по материалам 2015 г. [1] с уточнением в 2016–2017 гг., естественная смертность по возрастным группам рассчитана методом [15], ее средневзвешенное значение для рыб нерестового запаса определено с учетом возрастного состава промысловых уловов (табл. 3). Значения параметров сведены в табл. 4, а структу-

рированные по длине промыслово-биологические показатели, на основе которых проводится оценка текущего запаса методом LCA, в табл. 5.

Оценка текущего состояния запаса. Оценка текущего (базового) состояния черноморско-азовской единицы запаса атерины в 2020 г. проведена двумя методами: LCA — при использовании структурированных по размерным группам уловов, усредненных за период 2019–2020 гг., параметров уравнения Берталанфи и естественной смертности для сеголетков и взрослых рыб в возрасте 1–4 года, а также методом CMSY при использовании только данных по годовым уловам в период 2015–2020 гг. с учетом биологических характеристик запаса.

Для периода 2016–2020 гг. по LCA была выявлена тенденция сокращения численности и биомассы атерины, возможно связанная с переловом запаса во время интенсивного тралового облова зимовальных скоплений в 2013–2014 гг. В 2020 г. отношение текущей величины запаса к среднему запасу за два предшествующих года (2018–2019) было меньше единицы — $SSB_{curr} / \overline{SSB} = 0,822$, что указывает на сохранение тенденции к снижению запаса. Отношение текущей промысловой смертности к ее ориентиру также составило менее 1 ($F_{curr} / F_{0.1} = 0,838$), т. е. запас не переэксплуатировался.

Моделирование методом CMSY показало не противоречащие LCA результаты: биомасса запаса в 2015–2020 гг. проявляла тенденцию к сокращению, а промысловая убыль колебалась между значениями на уровне F_{MSY} и более высокими ее значениями.

Кефали

Единицы запаса. Запас аборигенных кефалей в Черном и Азовском морях сформирован несколькими близкородственными видами, среди которых в промысловых уловах у крымских и кубанских берегов преобладает сингиль *Liza aurata* (в последние годы 90–95 %), доля лобана *Mugil cephalus*

обычно не превышает 5 %, остронос *L. saliens* чаще встречается в северо-западной части моря, где в уловах редко превышает 1 %. У российских берегов Крыма и в прибрежье Краснодарского края эксплуатируются почти исключительно крымское и кавказское стада кефали (или крымско-кавказское стадо), представленные сингилем и лобаном.

Из крымского и кавказского районов Черного моря после зимовки кефали через Керченский пролив мигрируют на нагул в Азовское море и залив Сиваш, где рыбы крымского и кавказского стада смешиваются.

Таблица 3. Средневзвешенный возрастной (C) и весовой ($w_{cp.}$) состав промысловой части запаса атерины в промысловых уловах в Черном и Азовском морях в период 2019–2020 гг.

Возраст, лет	2020 (2019–2020)	
	C , %	$w_{cp.}$, г
0+	21,5	1,4
1	55,0	3,1
2	20,2	5,6
3	3,2	6,1
4	0,1	10,3

Таблица 4. Параметры «черноморско-азовской» ед. запаса атерины: параметры уравнения Берталанфи (L_{inf} , K , t_0), средневзвешенное значение естественной смертности взрослых рыб (M_{SSB}) и по возрастам (M_j), биологический ориентир по промысловой смертности $F_{0.1}$

Параметры	Возраст, лет (j)						
	0 (0,5)	1	2	3	4	0–4	1–4
L_{inf}	–	–	–	–	–	15,2	
K	–	–	–	–	–	0,467	
t_0	–	–	–	–	–	-0,486	
M_{SSB}	–	–	–	–	–	–	1,163
M_j	1,388	0,805	0,555	0,421	0,339	–	–
$F_{0.1}$	–	–	–	–	–	–	0,590

Таблица 5. Структурированный по длине (стандартная длина L_p) средневзвешенный вылов по классам длины (C_p), среднегодовой вылов (C), средняя масса особи по классам длины (w_p) и в целом для годового вылова (W_{cp}) атерины в 2019–2020 гг.

L_p , см	C_p , %	w_p , г	C_p , млн шт.
4,6–5,0	7,75	0,9	2,849
5,1–5,5	5,12	1,3	1,882
5,6–6,0	11,27	1,9	4,142
6,1–6,5	17,21	2,5	6,326
6,6–7,0	14,68	3,2	5,395
7,1–7,5	15,42	3,6	5,670
7,6–8,0	10,42	4,6	3,832
8,1–8,5	7,80	4,9	2,867
8,6–9,0	5,70	5,7	2,095
9,1–9,5	3,05	6,4	1,120
9,6–10,0	1,29	7,9	0,474
10,1–10,5	0,29	8,3	0,108
10,6–11,0	0,01	10,0	0,002
11,1–11,5	0,01	10,2	0,002
C , млн шт.			36,7630
W_{cp} , г		3,31	
C , т			121,868

– средние и распределенные по возрастам значения естественной смертности.

Данные об уловах на единицу промыслового усилия и о количестве промысловых усилий, а также какие-либо оценки ННН-промысла отсутствуют.

Имеющийся набор данных не позволяет отнести информационную обеспеченность «крымско-кавказской» единицы запаса кефали к I или II уровню в формулировках Приказа № 155. Как и для атерины, для кефали используются методы LCA и CMSY. При применении метода анализа когорт длины принимается допущение, что весь запас состоит из сингиля, характеризуясь его параметрами роста и смертности. Это допущение вынужденное из-за отсутствия отдельной статистики вылова сингиля и лобана.

Ретроспективный анализ состояния запаса. В силу особенностей биологии и поведения азово-черноморских кефалей, эти рыбы не поддаются траловому учету. В отдельные годы середины XX века проводился авиаучет их зимовальных скоплений, который был дорогостоящим и требовал специальной подготовки летчиков-наблюдателей. В 1981–1990 гг., когда была возможность распределить вылов кефали по видам, их запасы оценивались методом анализа возрастных когорт Поупа (табл. 6).

В период 1993–1995 гг., в связи крайне неблагоприятным состоянием запасов азово-черноморских кефалей, их промысел не проводился, соответственно прекратилась и аналитическая оценка запасов. Начиная со второй половины 1990-х гг., численность кефалей начала восстанавливаться благодаря эффективности рыбоохранных мероприятий и уменьшению загрязнения морских акваторий нефтепродуктами. К настоящему времени запасы кефалей в значительной степени восстановились, их вылов в Черном и Азовском морях в 2014–2020 гг. существенно превышал показатели вылова в 2000-х и 2010-х гг. (табл. 7).

До 2020 г. Российская Федерация устанавливала объемы РВ кефали отдельно для Черного и Азовского моря, т. е. единый крымско-кавказский запас этой рыбы формально рассматривался как две отдельные единицы запаса — «черноморская» и «азовская». При установлении объема РВ промыслово-биологические материалы из уловов в Черном и Азовском морях традиционно объединяются в единые массивы.

В настоящее время при обосновании РВ кефали его единый объем определяется для Черного и Азовского морей, прилегающих к берегам Российской Федерации, как объем РВ «крымско-кавказской» единицы запаса.

Анализ доступного информационного обеспечения и применяемые методы оценки запаса. Для анализа текущего состояния запаса кефали в Черном и Азовском морях доступны материалы Азово-Черноморского филиала ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ») за период 2004–2020 гг.:

- исторические ряды уловов;
- исторические ряды возрастного и размерного состава уловов;
- темпы весового роста и полового созревания;

Таблица 6. Запасы крымско-кавказских стад кефалей согласно результатам когортного анализа Поупа, тыс. т (по [16])

Год	Сингиль	Лобан	Остронос	Всего
1981	1,066	0,014	0,012	1,092
1982	1,521	0,011	0,016	1,548
1983	1,870	0,009	0,028	1,907
1984	1,864	0,008	0,079	1,951
1985	1,087	0,007	0,016	1,11
1986	0,644	0,014	0,012	0,67
1987	0,246	0,009	0,006	0,261
1988	0,513	0,032	0,007	0,552
1989	1,001	не оценивали	не оценивали	не оценивали
1990	0,600	не оценивали	не оценивали	не оценивали

Таблица 7. Вылов кефали в Черном и Азовском морях у берегов Крыма и Краснодарского края в период 2004–2020 гг., т

Год	Черное море		Азовское море		Всего
	Крым	Краснодарский край	Крым	Краснодарский край	
2004	19,227	90,200	13,056	22,100	144,583
2005	28,529	49,900	35,050	15,600	129,079
2006	42,264	35,300	24,535	9,200	111,299
2007	57,729	34,450	5,351	2,300	99,830
2008	40,468	34,070	13,573	12,980	101,091
2009	37,961	27,600	75,524	4,280	145,365
2010	23,591	20,060	20,041	2,080	65,772
2011	41,178	13,600	36,843	0,820	92,441
2012	68,306	22,610	9,778	2,890	103,584
2013	78,582	23,690	10,848	4,570	117,690
2014	140,906	54,854	18,543	14,411	228,714
2015	177,539	48,351	50,947	26,608	303,445
2016	270,463	91,051	74,857	92,161	528,532
2017	275,402	189,808	125,551	106,090	696,851
2018	348,147	270,033	161,630	195,820	975,630
2019	374,270	143,781	104,207	30,750	594,102
2020	279,756	47,648	64,037	70,224	461,665

После налаживания регулярного мониторинга прибрежного промысла кефали в крымских водах, анализ промыслово-биологических данных посредством LCA позволил получить важные характеристики запаса кефали в ретроспективном периоде. С 2010 г. динамика вылова кефали характеризовалась положительным трендом, запас в 2020 г. стал максимальным (табл. 8). Судя по низким значениям F_1 и F_{2-7} , промысел не оказывал существенного воздействия на численность этих рыб ввиду своей малой интенсивности.

Таблица 8. Показатели крымско-кавказской единицы запаса кефали в 2004–2020 гг. (по LCA)*

Показатели	Годы (i)								
	2004–2006	2007–2009	2010–2012	2013–2015	2014–2016	2015–2017	2016–2018	2017–2019	2018–2020
$R_{i,}$ млн шт.	0,9906	1,1042	0,7005	2,7098	4,5875	8,3816	11,5685	12,1191	14,8097
F_i	0,0004	0,0550	0,0007	0,0120	0,0223	0,0180	0,0245	0,0149	0,0143
$N_{2-7,}$ млн шт.	2,6459	2,3899	1,6867	7,4141	12,3498	19,8740	28,9093	16,8230	21,4708
$B_{2-7,}$ т	831	656	382	884	3250	4771	7151	6136	8746
F_{2-7}	0,1360	0,2594	0,1925	0,1200	0,1219	0,2294	0,2033	0,2558	0,1955
$w_{i,}$ г	314	275	226	254	263	237	260	217	251

Примечание: * R_i и F_i — численность и промысловая смертность рыб длиной не более 20,0 см (соответствуют численности и промысловой смертности годовиков); $N_{2-7,}$ $B_{2-7,}$ F_{2-7} — соответственно численность, биомасса (т), промысловая смертность и средний вес ($w_{i,}$ г) рыб длиной более 20,0 см (соответствуют показателям промыслового запаса)

Промыслово-биологические показатели, используемые для оценки текущего состояния запаса. У российских берегов Черного и Азовского морей возраст кефали (сингиля) в уловах достигает 12 лет, чаще же не превышает 6–7 лет. По продолжительности жизни кефаль можно отнести к длинноцикловым, а если ориентироваться только на состав промысловых уловов — то к среднецикловым рыбам. Параметры уравнения Берталанфи сингиля и $F_{0.1}$ определены по материалам 1991–1995 гг. [1], естественная смертность по возрастным группам рассчитана методом [15], ее средневзвешенное значение для рыб нерестового запаса найдено с учетом возрастного состава промысловых уловов (табл. 9). Значения параметров и структурированных по длине промыслово-биологических показателей сведены в табл. 10, 11.

Оценка текущего состояния запаса. Оценка текущего (базового) состояния «черноморско-азовской» единицы запаса кефали в 2020 г. проведена методом LCA при усреднении структурированных по размерным группам уловов за период 2018–2020 гг., параметров уравнения Берталанфи и естественной смертности для неполовозрелых (возраст 1 год) и рыб в возрасте 2–7 лет, а также методом CMSY по ряду годовых уловов в период 2004–2020 гг.

Согласно оценкам LCA, текущее состояние запаса кефали характеризовалось отношениями текущего 2020 г. и среднего запаса за два предшествующих года (2017–2018) $SSB_{curr} / \overline{SSB} = 1,603$, отношениями

Таблица 9. Средневзвешенный возрастной (C) и весовой ($w_{cp.}$) состав промысловой части запаса кефали в промысловых уловах в Черном и Азовском морях в период 2018–2020 гг.

Возраст, лет	2020 (2018–2020)	
	C, %	$w_{cp.}$ г
1	3,87	83
2	10,33	149
3	29,46	206
4	36,60	261
5	15,78	334
6	3,63	420
7	0,33	502

текущей промысловой смертности к ее биологическим ориентирам $F_{curr}/F_{0.1}=0,543$ и $F_{curr}/F_{MSY}=0,448$. Отсюда следует, что текущий запас был растущим и эксплуатировался с относительно низкой интенсивностью. Снижение интенсивности эксплуатации в 2020 г. было связано с уменьшением числа выставленных на лов подъемных кефалевых заводов из-за изменения в них ячеи (согласно новой редакции Правил рыболовства для Азово-Черноморского рыбохозяйственного бассейна от 09.01.2020 г.). Переход на новую ячею потребовал дорогостоящей перестройки орудий лова, оказавшейся невозможной для многих пользователей.

Таблица 10. Параметры «крымско-кавказской» единицы запаса кефали: параметры уравнения Берталанфи (L_{inf} , K , t_0), средневзвешенное значение естественной смертности взрослых рыб (M_{SSB}) и по возрастам (M_j), ориентир по промысловой смертности $F_{0.1}$

Параметры	Возраст, лет (j)								
	1	2	3	4	5	6	7	1–7	2–7
L_{inf}	–	–	–	–	–	–	–	70,200	
K	–	–	–	–	–	–	–	0,080	
t_0	–	–	–	–	–	–	–	-1,020	
M_{SSB}	–	–	–	–	–	–	–	–	0,484
M_j	1,388	0,805	0,555	0,421	0,339	0,284	0,245	–	
$F_{0.1}$	–	–	–	–	–	–	–	–	0,360

Таблица 11. Структурированный по длине (стандартная длина L_p), средневзвешенный вылов по классам длины (C_p), среднегодовой вылов (C), средняя масса особи по классам длины (w_p) и в целом для годового вылова (W_{cp}) «черноморско-азовской» единицы запаса кефали в 2018–2020 гг.

L_p , см	C_p , %	w_p , г	C_p , млн шт.
18,1–20	3,24	62	0,0897
20,1–22	5,02	125	0,1391
22,1–24	9,97	165	0,2765
24,1–26	23,52	203	0,6519
26,1–28	27,01	253	0,7487
28,1–30	19,76	302	0,5476
30,1–32	8,60	352	0,2385
32,1–34	2,08	431	0,0577
34,1–36	0,63	535	0,0173
36,1–38	0,17	685	0,0048
C , млн шт.	2,7720		
W_{cp} , г	244,3		
C , т	677,132		

Результаты моделирования на CMSY также можно интерпретировать как благополучное состояние «крымско-кавказской» единицы запаса кефали, находящейся на уровне максимальной продуктивности. Кефаль в 2020 г. эксплуатировалась с промысловой смертностью практически равной F_{MSY} при этом $B/B_{MSY}=1,003$ и $F/F_{MSY}=1,018$.

Смарида

Единицы запаса. В Азово-Черноморском бассейне смарида постоянно обитает в Черном море, протяженных миграций не совершает, в незначительном количестве заходит в Керченский пролив и южную часть Азовского моря. О существовании локальных стад смариды в Черном море информация отсутствует. Под «крымско-кавказской» единицей запаса смариды подразумевается смарида, весь жизненный цикл (зимовка, размножение и нагул) которой приурочен к российским водам Черного моря, прилегающих к Крыму и побережью Краснодарского края.

Анализ доступного информационного обеспечения и применяемые методы оценки запаса. Поскольку смарида в Азово-Черноморском бассейне считается второстепенным объектом промысла, а в «украинский период Крыма» она статистикой не выделялась, входя в группу «прочие рыбы», информация, которая может быть использована для анализа текущего состояния запаса, довольно бедная. Для анализа доступны следующие материалы:

- исторические ряды уловов (2015–2020 гг.);
- данные о размерном и возрастном составе промысловых уловов (2015–2020 гг.);
- темпы весового роста и полового созревания (отрывочные сведения);
- оценки параметров уравнения Берталанфи и естественной смертности.

Имеющийся набор данных позволяет отнести информационную обеспеченность «крымско-кавказской» единицы запаса смариды к III уровню в формулировках Приказа № 155.

Таблица 12. Вылов смариды у берегов Крыма и Краснодарского края в Черном море в период 2001–2020 гг., т

Год	Черное море		Всего
	Крым	Краснодарский край	
2001	*	1,0	1,0
2002	*	1,0	1,0
2003	*	3,3	3,3
2004	*	3,5	3,5
2005	*	–	–
2006	*	–	–
2007	*	–	–
2008	*	2,1	2,1
2009	*	7,4	7,4
2010	*	8,9	8,9
2011	30,4	7,2	37,6
2012	51,3	12,0	63,3
2013	*	20,1	20,1
2014	*	18,7	18,7
2015	52,3	24,9	76,2
2016	64,8	26,2	92,0
2017	83,0	35,4	118,4
2018	56,1	27,5	83,6
2019	65,4	29,0	94,4
2020	95,4	20,1	115,5

Примечание: * Данные о вылове отсутствуют

Положительная трехлетняя практика применения LCA по оцениванию запаса смариды позволяет для оценки ее «крымско-кавказской» единицы использовать этот метод, тем более что короткий непрерывный ряд статистики вылова (6 лет) не позволяет применить наиболее эффективные методы из группы DLM.

Ретроспективный анализ состояния запаса. В период статистического учета смариды у берегов Крыма и Краснодарского края ее максимальный вылов отмечался в 2017 г. (табл. 12).

В 2016–2020 гг. запас смариды, оцененный в российских водах Черного моря методом LCA, изменялся в пределах 0,3–2,7 тыс. т (табл. 13).

Как видно из табл. 13, биомасса запаса смариды с середины 2010-х гг. по настоящее время имела тенденцию к возрастанию.

Промыслово-биологические показатели, используемые для оценки текущего состояния запаса. Смарίδα относится к среднецикловым рыбам, у российских берегов Черного моря ее максимальный возраст составляет 6–7 лет. В возрасте 1 года созревает около 80 % рыб. В 2018–2020 гг. в морских уловах преобладали двух–трехгодовалые рыбы. Промысловый размер смариды в Азово-Черноморском рыбо-

Таблица 13. Характеристики «крымско-кавказской» единицы запаса смариды в 2015–2020 гг.

Период	Характеристики запаса по LCA*						
	R_0	N_1	F_0	N_{1+}	B_{1-7}	F_{1+}	w_i
2015–2016	54,716	76,835	0,0047	57,386	346	0,075	14,8
2015–2017	54,716	16,167	0,0209	61,034	1305	0,107	19,7
2016–2018	59,083	59,083	0,0079	69,560	1743	0,083	21,7
2017–2019	58,823	58,823	0,0077	82,049	2712	0,053	33,5
2018–2020	55,723	15,879	0,0066	74,792	2419	0,057	29,1

Примечание: * R_0 и F_0 — численность (млн шт.) и промысловая смертность рыб длиной не более 8,0 см (соответствуют численности и промысловой смертности сеголетков); N_1 , N_{1+} , B_{1-7} , F_{1+} — соответственно численность, биомасса, промысловая смертность и средний вес (w_i , г) рыб длиной более 8,0 см (соответствуют показателям промыслового запаса рыбам в возрасте 1–7 лет)

хозяйственном бассейне не установлен Правилами рыболовства. В промысловую часть «крымско-кавказского» запаса смариды входят все возрастные группы, включая сеголетков.

В 2016 г. сотрудниками ФГБНУ «ЮгНИРО» для смариды впервые оценены параметры уравнения Берталанфи, которые, как и значения естественной смертности (по [15]), были уточнены по материалам 2017–2018 гг. Возрастная структура промысловых уловов представлена в табл. 14. Значения параметров и структурированных по длине и возрастным группам промыслово-биологических показателей смариды сведены в табл. 15, 16.

Таблица 14. Параметры «крымско-кавказской» единицы запаса смариды: параметры уравнения Берталанфи (L_{inf} , K , t_0), средневзвешенное значение естественной смертности взрослых рыб (M_{SSB}) и по возрастам (M_j), ориентир по промысловой смертности $F_{0.1}$

Параметры	Возраст, лет (j)								
	0,5	1	2	3	4	5	6	7	1–7
L_{inf}	21,8								
K	0,312								
t_0	-1,190								
M_{SSB}	–	–	–	–	–	–	–	–	0,600
M_j	1,189	0,896	0,623	0,501	0,434	0,395	0,369	0,352	–
$F_{0.1}$									0,357

Таблица 15. Средневзвешенный возрастной (C) и весовой ($w_{cp.}$) состав промысловой части запаса смариды в промысловых уловах в Черном море в 2018–2020 гг.

Возраст, лет	2020 (2018–2020)	
	C , %	$w_{cp.}$, г
0+ (0,5)	13,5	8,4
1	18,4	16,7
2	25,6	25,7
3	21,9	35,8
4	10,7	46,8
5	7,2	50,7
6	2,6	67,8
7	0,0	72,8

Оценка текущего состояния запаса смариды. Для «крымско-кавказской» единицы запаса смариды такая оценка проведена методом LCA — при усреднении структурированных по размерным группам уловов, аналогичном для кефали. Отличие состоит в различном возрасте наступления половой зрелости и вхождении рыб в состав нерестового и промыслового запаса.

Соотношение текущей величины промысловой смертности F_{curr} к биологическому ориентиру F_{MSY} и текущего значения SSB_{curr} к среднему запасу за два предшествующих года промысла (\overline{SSB}) составляет: $F_{curr}/F_{0.1}=0,16$ и $SSB_{curr}/\overline{SSB}=1,09$. Следовательно, запас смариды в российских водах Черного моря эксплуатируется крайне слабо и стабилен.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Промыслово-биологические показатели трех единиц запаса водных биоресурсов Азово-Черноморского рыбохозяйственного бассейна свидетельствуют о стабильном запасе кефали, растущем запасе смариды и о сокращающемся запасе атерины. Высказано предположение о сокращении запаса атерины в результате чрезмерного вылова тралами на местах зимовки в Черном море в 2013–2014 гг. Однако не исключено и влияние климатических изменений. Происходящее потепление морской воды является благоприятным фактором для теплолюбивых рыб и неблагоприятным для холодолюбивых. Как указа-

Таблица 16. Структурированный по длине (стандартная длина L_s) средневзвешенный вылов по классам длины (C_i), среднегодовой вылов (C), средняя масса особи по классам длины (w_i) и в целом для годового вылова ($W_{cp.}$) «крымско-кавказской» единицы запаса смариды в 2018–2020 гг.

Длина, см	2020 (2018–2020)		
	$C, \%$	$w_{cp.}$	C
6,1–6,5	0,5	3,6	0,0154
6,6–7,0	0,6	4,2	0,0214
7,1–7,5	2,2	5,2	0,0741
7,6–8,0	3,1	7,5	0,1051
8,1–8,5	2,4	8,8	0,0796
8,6–9,0	3,6	11,1	0,1193
9,1–9,5	4,2	11,7	0,1424
9,6–10,0	5,5	14,6	0,1837
10,1–10,5	5,4	16,2	0,1808
10,6–11,0	6,1	17,8	0,2066
11,1–11,5	5,9	22,2	0,1991
11,6–12,0	5,4	24,2	0,1801
12,1–12,5	9,3	26,8	0,3122
12,6–13,0	7,6	28,9	0,2550
13,1–13,5	4,9	33,8	0,1659
13,6–14,0	8,1	34,5	0,2728
14,1–14,5	5,9	41,1	0,1984
14,6–15,0	6,1	45,8	0,2041
15,1–15,5	3,8	51,4	0,1272
15,6–16,0	3,1	55,0	0,1036
16,1–16,5	2,6	57,0	0,0867
16,6–17,0	1,3	62,9	0,0450
17,1–17,5	2,4	79,3	0,0817
C, млн шт.	3,3601		
$w_{cp.}$, г	29,1		
C, т	97,8		

барабули в Азово-Черноморском рыбохозяйственном бассейне // Водные биоресурсы и среда обитания. 2021. Т. 4, № 1. С. 83–94.

3. Шляхов В.А., Шляхова О.В., Надолинский В.П., Перевалов О.А. Промыслово-биологические показатели российского рыболовства для важнейших распределенных запасов водных биоресурсов Черного моря в 2015–2016 годах и в ретроспективном периоде // Современные рыбохозяйственные и экологические проблемы Азово-Черноморского региона : Матер. IX Междунар. конф. (г. Керчь, 6 октября 2017 г.). Керчь: Изд-во ЮГНИРО, 2017. С. 24–38. <http://www.oceandocs.org/handle/1834/11037>.
4. Шляхов В.А., Шляхова О.В., Надолинский В.П., Перевалов О.А. Промыслово-биологические показатели рыболовства для важнейших распределенных запасов водных биоресурсов Черного моря как основа их регионального оценивания // Водные биоресурсы и среда обитания. 2018. Т. 1, № 1. С. 86–103.

но в известной публикации Световидова «Рыбы Черного моря», изданной по материалам первой половины XX века (1964), при более холодном климате в те времена атерина являлась второй по численности рыбой в Азовском море после хамсы. Снижение величины ее нерестового запаса в период 2015–2020 гг. с 2,1 до 0,3 тыс. т произошло при отсутствии чрезмерной эксплуатации: в этот период число ставных неводов при весеннем и осеннем промысле атерины не увеличивалось, а промысловая смертность не превышала своего биологического ориентира $F_{0.1}$. Если ранжировать всех рассмотренных в статье рыб по степени «теплолюбивости» и состоянию их запасов в последние 3 года, то: у самой теплолюбивой кефали запас был растущим ($SSB_{curr} / \overline{SSB} = 1,60$), у менее теплолюбивой смариды запас был практически стабильным ($SSB_{curr} / \overline{SSB} = 1,09$), а у наименее теплолюбивой атерины запас уменьшался ($SSB_{curr} / \overline{SSB} = 0,82$). Возможно это просто совпадение, а возможно и признаки закономерности, вывести которую можно попытаться при соответствующем анализе биологии и состояния запасов большего числа азово-черноморских видов рыб.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шляхов В.А. О подготовке материалов, обосновывающих возможный вылов водных биологических ресурсов в морских водах, прилегающих к Крыму // Труды ЮГНИРО : Основные результаты комплексных исследований в Азово-Черноморском рыбохозяйственном бассейне и Мировом океане. Керчь: Изд-во ЮГНИРО, 2015. Т. 53. С. 34–45.

2. Шляхов В.А. Возможные последствия увеличения до 10 см промыслового размера

5. Шляхов В.А., Шляхова О.В., Пятинский М.М., Надолинский В.П., Карнаухов Г.И., Каширин А.В. Методы оценки запасов водных биоресурсов, используемые в Азово-Черноморском рыбохозяйственном бассейне в 2019 г., и краткие результаты их применения // Вестник Керченского государственного морского технологического университета. 2019. Вып. 4. С. 43–76.
6. Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводных). М.: Пищевая промышленность, 1966. 366 с.
7. Методы рыбохозяйственных и природоохранных исследований в Азово-Черноморском бассейне : сб. науч.-метод. работ / Под ред. С.П. Воловика, И.Г. Корпаковой. Краснодар: Изд-во АзНИИРХ, Просвещение-Юг, 2005. 352 с.
8. Майорова А.А. К методике определения возрастного состава улова // Научные труды Азово-Черноморской научной рыбохозяйственной станции. 1930. Вып. 6. С. 45–63.
9. Friðriksson A. On the calculation of age distribution within a stock of cod by means of relatively few age determination as a key to measurement on a large scale // Rapports et procès-verbaux des réunions. 1934. Vol. 86. Pp. 1–14.
10. Jones R. The use of length composition data in fish stock assessments. FAO Fish Circ., 1981. No. 734. 55 p.
11. Шляхов В.А., Шляхова О.В., Пятинский М.М. Методы оценки запасов морских биоресурсов, используемые в Азово-Черноморском рыбохозяйственном бассейне в 2014–2017 гг. и особенности их применения для оценки рекомендованных объемов вылова // Вестник Керченского государственного морского технологического университета. 2018. Вып. 1. С. 12–27.
12. Froese R. et al. Estimating fisheries reference points from catch and resilience // Fish and Fisheries. 2017. Vol. 18, no. 3. С. 506–526.
13. Васильева Е.Д. Рыбы Черного моря. Определитель морских, солоноватоводных, эвригалинных и проходных видов с цветными иллюстрациями, собранными С.В. Богородским. М.: Изд-во ВНИРО, 2007. 238 с.
14. Бабаян В.К., Бобырев А.Е., Булгакова Т.И. и др. Методические рекомендации, по оценке запасов приоритетных видов водных биологических ресурсов. М.: Изд-во ВНИРО, 2018. 312 с.
15. Charnov E.L., Gislason H., Pope J.G. Evolutionary assembly rules for fish life histories Fish and Fisheries. 2013. Vol. 14. Pp. 213–158.
16. Шляхов В.А. Итоги многолетних рыбохозяйственных исследований ЮгНИРО по оценке запасов и параметров популяций рыб придонного комплекса в Черном и Азовском морях // Труды ЮгНИРО : Основные результаты комплексных исследований ЮгНИРО в Азово-Черноморском бассейне и Мировом океане (Юбилейный выпуск). Керчь: Изд-во ЮгНИРО, 1997. Т. 43. С. 48–59.

СОСТОЯНИЕ АЗОВСКИХ ПОПУЛЯЦИЙ ЛЕЩА И РЫБЦА В СОВРЕМЕННЫЙ ПЕРИОД

С. Ю. Чередников, Е. С. Власенко

*Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»),
Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»), Ростов-на-Дону
E-mail: cherednikov_s_y@azniirkh.ru*

Аннотация. После запрета промысла осетровых рыб и судака лещ и рыба стали самыми ценными объектами добычи рыбодобывающих организаций. Поэтому характеристика современного состояния популяций этих двух аборигенных видов становится актуальной. В статье анализируются данные научного лова донным тралом в Азовском море, регулярных рейсов по учету молоди мальковой волокушей в русле Нижнего Дона и мониторинга промысловых уловов за период 2018–2020 гг. За прошедшие 3 года (многоводный 2018 и маловодные 2019–2020 гг.) состояние азовских популяций двух важнейших промысловых видов претерпело существенные изменения. Средняя масса и средний возраст леща снизились, а аналогичные показатели рыба увеличились. Поколение леща многоводного 2018 г. заняло в промысловом стаде 2020 г. доминирующую позицию: численность 3-леток леща составила в популяции 40,8 %. У рыба к 2020 г. преобладающим было поколение 2016 г., численность которого составила 56,3 %. Заметные изменения произошли и в промысле этих видов: добыча и леща, и рыба выросла за это время 4 и 2 раза соответственно. Пополнение рекрутами у обоих видов зависело от гидрологических условий в весенний период. За исключением многоводного 2018 г., условия для естественного нереста полупроходных и проходных рыб в 2019–2020 гг. были неблагоприятными: у обоих видов было отмечено сокращение ареала нагула из-за повышения солености Азовского моря. Таким образом, численность рыба к 2020 г. оставалась на низком, но стабильном уровне, что свидетельствует о сохранении относительного равновесия между пополнением и убылью этого вида. Состояние популяции леща следует признать депрессивным.

Ключевые слова: донное траление, мальковая волокуша, Азовское море, биологическая характеристика, численность популяции, годовой улов, промысел, ареал

STATUS OF THE AZOV SEA POPULATIONS OF COMMON BREAM AND VIMBA BREAM AT THE PRESENT TIME

S. Yu. Cherednikov, E. S. Vlasenko

*Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (FSBSI “VNIRO”),
Azov-Black Sea Branch of the FSBSI “VNIRO” (“AzNIIRKH”), Rostov-on-Don
E-mail: cherednikov_s_y@azniirkh.ru*

Abstract. After introduction of the fishing ban on sturgeons and zander, common bream and vimba bream became the most valuable fishing target for the fisheries organizations. For this reason, characterization of the current status of the populations of these two native species becomes rather crucial. In this article, the data collected by research catches with a bottom trawl in the Azov Sea, recurrent trips for assessment of the juveniles with fry dragnet in the Lower Don mainstream, and the monitoring of fishing catches for years 2018–2020 are presented. In these 3 years (high-water 2018 and low-water 2019–2020), the status of the Azov Sea populations of these two valuable fish species changed considerably. The average weight and average age of common bream decreased; however, these values in vimba bream grew higher. The generation of common bream born in the high-water 2018 played a dominant role in its fishing stock in 2020: the share of common bream 3-yearling was 40.8 % out of entire population abundance. As for vimba

bream, in 2020, the generation born in 2016 prevailed; its share was 56.3 % in terms of abundance. Fishing exploitation of these species also underwent notable changes: in these years, the annual catch of common bream and vimba bream increased by 4 and 2 times, respectively. Recruitment with juveniles in the both species depended on hydrological conditions in the spring season. With the exception of high-water 2018, the conditions for natural spawning of anadromous and semi-anadromous fish species in 2019–2020 were unfavorable; the reduction of feeding area resulting from salinization of the Azov Sea was observed for both species. Thus, by 2020, vimba bream abundance stayed at a low but stable level, which indicates a certain degree of equilibrium between recruitment and mortality. The status of common bream population should be considered as depressed.

Keywords: bottom trawling, fry dragnet, Azov Sea, biological characterization, population abundance, annual catch, fishing, range

ВВЕДЕНИЕ

Лещ *Abramis brama* (Linnaeus, 1758) и рыбец *Vimba vimba* (Linnaeus, 1758) до зарегулирования р. Дон являлись одними из наиболее многочисленных и ценных промысловых рыб Азовского моря и составляли в 1935–1937 гг. свыше 20000 т годового улова рыб [1]. После зарегулирования стока рек Дон и Кубань во второй половине XX века началось существенное снижение их запасов и, как следствие, величины добычи [2, 3]. Изучению промысла и особенностей биологии азовских леща и рыбца посвящены многочисленные труды донских ученых [4–10]. Оба этих палеарктических вида относятся к семейству Cyprinidae, ведут придонный образ жизни, и в рационе у них примерно одни и те же объекты бентоса: хирономиды, олигохеты, моллюски; рыбец, кроме этого, не брезгает в питании молодью рыб [9]. Лещ — аборигенный и хорошо адаптированный к условиям пресноводных вод Юга России вид. В бассейне Азовского моря встречается как туводная, так и полупроходная формы, но промысловая ценность чисто жилых пресноводных форм, имеющих как в р. Дон, так и в азовских лиманах, настолько ничтожна, что их участием в ихтиоценозе можно пренебречь [5]. Лещ живет до 23 лет, достигает в длину 82 см и массы 6 кг [11]. Благодаря своему рту, вытягивающемуся в трубку, лещ процеживает ил на глубину до 5 см, выискивая в нем беспозвоночных [6, 12]. Рыбец живет меньше (до 15 лет), достигает массы 1,4 кг и длины 50 см [11]. Пищу рыбец собирает с поверхности дна, в его рационе больше мягкого бентоса и меньше моллюсков [12]. Лещ широко распространен, его места обитания охватывают Европу, Север Азии и Америки. Рыбец занимает меньший ареал, водится в водоемах центральной и восточной Европы, в бассейнах рек Азовского, Каспийского, Балтийского морей [13]. Рыбец — редкий вид, включен в Красные Книги Рязанской, Белгородской, Липецкой, Тамбовской областей и Ставропольского края. Азовский рыбец нагуливается в Таганрогском заливе, начиная от возраста 1+ и старше, предпочитает солоноватые лиманы и предустьевые участки рек [14]. Граница солености для нагульных особей рыбца — 7–8 ‰ [15], что и определяет современную площадь нагула. В 50–60 гг. прошлого века площадь нагула достигала 14,1 тыс. км² [16], в современный период она не превышает 3,0 тыс. км², ограничиваясь изогалиной в 9 ‰ в восточной части Таганрогского залива. Сеголетки первый год своей жизни проводят в нерестовых реках [17]. В последние годы в состоянии популяций этих видов наблюдаются заметные изменения в связи с потеплением климата, уменьшением стока р. Дон и осолонением Азовского моря до рекордно высоких средних значений в 14–15 ‰ [18].

Целью настоящей статьи является характеристика современного состояния азовских популяций леща и рыбца в период 2018–2020 гг.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Данные по состоянию популяций леща и рыбца были собраны в период весна–осень 2018–2020 гг. во время обловов на постах мониторинга Азово-Черноморского филиала ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»), ежегодных учетных траловых съемок в Азовском море, а также ежегодных мальковых рейсов по р. Дон. Летние рейсы осуществлялись в июле, осенние рейсы — в октябре. Для отлова водных биоресурсов применялся донный трал конструкции ГОСНИОРХ размером по верхней подборе 18 м, ячеей в кутке 6,0 мм. Продолжительность траления составляла 30 мин., скорость — 1,5 м/сек, площадь облова —

0,048 км². Коэффициент уловистости — 0,50. Оценка запаса молоди леща и рыба выполнялась на основе их численности в р. Дон по данным уловов мальковой волокуши с учетом длины по верхней подборе 15 м и коэффициента уловистости, принятом за 0,13 [19]. Был проведен полный биологический анализ 3522 экз. леща и рыба. Полученный материал обработан с применением стандартных методов [20–23]. Оценка запаса рыба основывалась на основе учета численности рыба в исследуемом участке определенной площади с экстраполяцией на весь район, занятый скоплением изучаемых видов (площадной метод) [23]. Для построения карт был использован модифицированный метод интерполяции/аппроксимации Шеппарда на неравномерной сетке, реализованный в широко известной библиотеке численного анализа и обработки данных ALGIB версии 3.14.0 [24].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Лещ. За последние 3 года уловы леща в Азовском море рыбодобывающими организациями Ростовской области и Краснодарского края непрерывно росли (табл. 1). Причем, несмотря на усиливающееся осолонение Таганрогского залива, препятствующее широкому нагулу леща по всей морской акватории, доля донской рыба в уловах сокращалась, а в Таганрогском заливе и собственно Азовском море увеличивалась. В 2018 г. закидными неводами в р. Дон было выловлено 12,57 т леща, или 47,3 % от общего улова в Азовском море. В 2019 г. объем вылова в морской части ареала оказался еще выше (32,75 т), что связано, на наш взгляд, со значительным речным стоком в предшествующем году и временным распреснением моря [18]. В 2020 г. доля донской рыба в уловах леща Азовского моря сократилась до 19,0 %.

Таблица 1. Вылов леща в Азовском море по районам промысла в период 2018–2020 гг.

Год	р. Дон		Азовское море, Таганрогский залив		Всего т
	т	%	т	%	
2018	12,57	47,3	14,00	52,6	26,57
2019	13,14	28,64	32,75	71,36	45,89
2020	19,29	19,0	82,35	81,0	101,64

Популяция леща в современный период состоит из особей не старше 9 лет: в результате чрезмерного промысла элиминируются особи старших возрастов (табл. 2). В 2019 г. из промыслового стада исчезли 9-летки, а к 2020 г. в популяции остались лишь 2–6-летки. Средний возраст леща сократился с 4,4+ до 2,3+. Лещ в промысловых уловах в среднем уменьшился с 31 до 26 см, масса с 673 до 542 г. В 2018 г. в популяции преобладали 5-летки (31,6 %), а в 2020 г. — 3-летки (40,8 %). Как видно из результатов анализа индивидуальных показателей леща, этот вид в современных условиях ни по возрасту, ни по линейным размерам, ни по массе не достигает и половины того, что отпущено ему природой. Этот факт косвенно свидетельствует о переэксплуатации промыслового стада.

В силу повышения солености в Азовском море, полупроходной лещ в современный период нагуливается в восточной части Таганрогского залива, где не всегда доступен средствам учетной траловой

Таблица 2. Размерно-массовые и возрастные показатели леща в осенний период 2018–2020 гг.

Год	Численность, %								Средний возраст, лет	Средняя длина, см	Средняя масса, г
	1+	2+	3+	4+	5+	6+	7+	8+			
2018	1,3	5,3	19,7	31,6	19,7	14,5	5,3	2,6	4,4+	31	673
2019	35,1	24,6	9,0	10,4	14,4	3,9	2,6	–	2,7+	26	432
2020	22,2	40,8	25,9	7,4	3,7	–	–	–	2,3+	26	542

съемки. В 2018 г. (наиболее благоприятном по водному стоку р. Дон условиям) в осенний период в Таганрогском заливе мерный лещ не встречался, было учтено 2,95 млн немерных особей общей биомассой 79,2 т, которые нагуливались на площади 3,6 тыс. км² с плотностью 0,08 тыс. экз./км² [8]. В 2019 г. в летний период лещ непромысловых размеров по-прежнему нагуливался в Таганрогском заливе восточнее 37°45′ в. д. в прибрежных и центральных районах, а также в авандельте Дона на площади 1,5 тыс. экз./км². Картина распределения леща плотностью до 2,0 тыс. экз./км² носила пятнистый характер. За последние десять лет — это рекордное продвижение леща на запад Азовского моря (рис. 1А). В осенний период лещ, в основном непромысловых размеров, учитывался на площади 0,8 тыс. км² в северо-восточной части Таганрогского залива плотностью до 0,02 тыс. экз./км² (рис. 1В). В 2020 г. лещ в учетной траловой съемке не регистрировался.

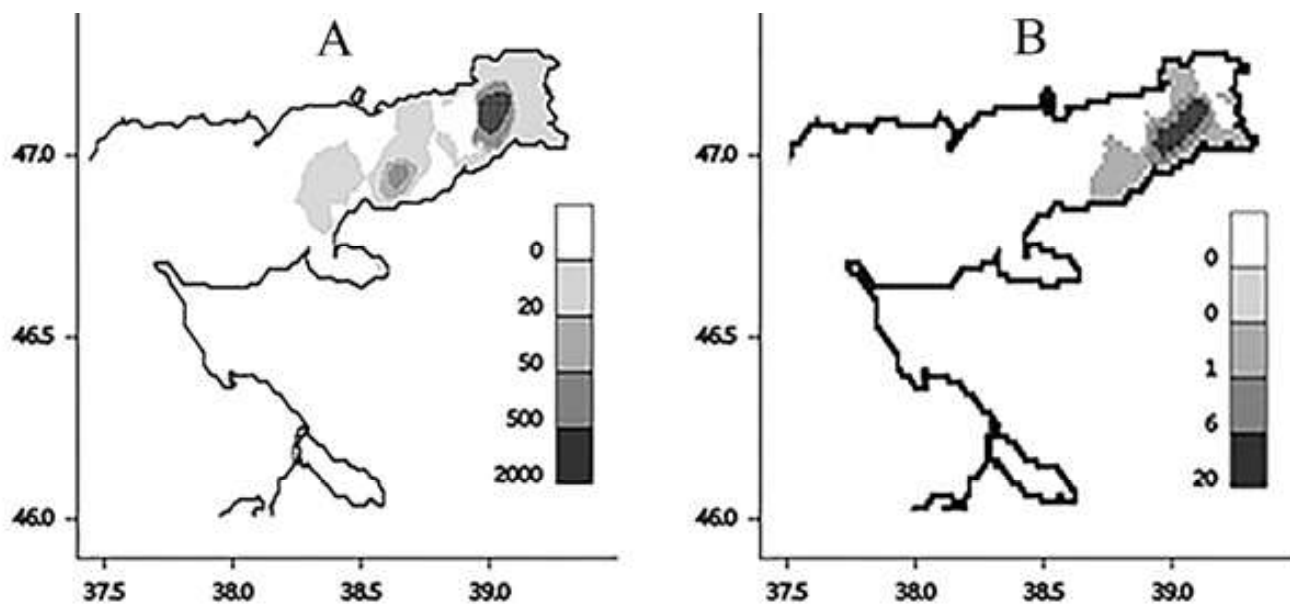


Рис. 1. Распределение леща непромысловых размеров в Азовском море в летний (А) и осенний (В) периоды 2019 г., экз./км²

Нерест полупроходного леща осуществляется, главным образом, в р. Дон и в значительно меньшей степени в р. Кубань. Воспроизводство леща в 2018 г. проходило в благоприятных гидрологических условиях [3, 18]. Высокий уровень воды держался до середины июля, позволив лещу беспрепятственно отнереститься на залитых полях. Сеголетки леща встречались в уловах мальковой волокуши в р. Дон плотностью в среднем 8 экз./усилие. Учетная численность сеголетков составила 4,0 млн экз. В 2019 г. годовой сток был сравнительно небольшим — 11,41 км³ [18]. Несмотря на указанное обстоятельство, осенний учет сеголетков показал сравнительно высокие результаты. Сеголетки длиной 5–15 см и средней массой 20,3 г отлавливались в количестве до 107 экз./усилие, что в пересчете на акваторию Дона соответствовало 20,8 млн экз. В конце нагульного периода 2020 г. сеголетки леща имели длину в среднем 9,2 см и массу 13,9 г. Величина пополнения популяции сеголеток оценивалась в 30,4 млн экз. [25]. Искусственное воспроизводство и объем выпуска молоди леща в Азовское море в 2018 г. были незначительными (0,3 млн экз.), в 2019–2020 гг. работы по искусственному воспроизводству молоди леща не проводились.

Рыбец, сырть. Численность рыбака находится в прямой зависимости от гидрологических условий в реках. Естественное размножение рыбака в Азово-Донском районе происходит в притоках р. Дон (Северский Донец, Кундрючья, Быстрая, Калитва, Большой Калитвенец и др.), где для этого вида имеются подходящие условия: высокие скорости течения воды и каменисто-галечный характер грунта. Основная причина снижения численности запаса рыбака — нарушение условий воспроизводства из-за гидростроительства

низконапорных плотин, снижение скорости течения и, как следствие, заиливание нерестилищ. Эффективный нерест рыбаца отмечается только в редкие годы высоких паводков, когда плотины гидроузлов устанавливаются в более поздние сроки. Так, в многоводном 2018 г. численность молоди естественного воспроизводства возросла и составила 7,1 млн экз. при среднемноголетнем значении 1,2–2,3 млн экз. В 2019 и 2020 гг. численность учтенной молоди рыбаца составила 2,3 и 0,8 млн экз., соответственно (табл. 3).

Объемы пополнения запаса рыбаца за счет искусственного воспроизводства остаются на низком уровне и существенно меньше, чем мог бы принять бассейн Азовского моря. Начиная с 2018 г., отмечается значительное сокращение уровня искусственного выпуска молоди рыбаца со среднемноголетнего уровня в 8–10 млн экз. до 0,1–4,8 млн экз. в исследуемый период (табл. 3).

В современный период основу промыслового запаса рыбаца в Азовском море составляют особи донской популяции. Численность промысловой части стада рыбаца в 2018–2020 гг. оценена на уровне 360–870 тыс. экз. (табл. 4).

Таблица 3. Объемы воспроизводства молоди рыбаца в период 2018–2020 гг.

Год	Искусственное воспроизводство, млн экз.	Естественное воспроизводство, млн экз.	Количество молоди в контрольных обловах в р. Дон, экз./усилие
2018	0,1	7,1	1,33
2019	3,8	2,3	0,43
2020	4,8	0,8	0,16

Таблица 4. Промысловый запас и годовые уловы рыбаца в период 2018–2020 гг.

Год	Промысловый запас		Промышленный вылов, т
	тыс. экз.	т	
2018	360	78,3	5,64
2019	400	66,2	5,07
2020	870	104,0	12,76

Промысел, в основном, базировался на вылове производителей рыбаца, впервые входящих в реку. Число вторично нерестящихся рыб крайне незначительно, поэтому величина ежегодных промысловых уловов рыбаца почти полностью зависит от урожая одного соответствующего года. Специализированный промысел рыбаца в Азово-Донском районе не ведется, рыбацек добывается в качестве прилова при промысле других видов рыб и для воспроизводственных целей. Промысловый лов рыбаца ведется в прибрежных опресненных частях моря и впадающих в него реках. В связи с тем, что запас находится на стабильно низком уровне, рекомендован режим щадящей эксплуатации стада — не более 10 % от запаса.

В современный период нагульный ареал рыбаца в Таганрогском заливе из-за возрастающей солености моря сократился: в летний период многоводного 2018 г. рыбацек численностью 750 тыс. экз. был распределен по площади 2094 км², в осенний период — 816 тыс. экз. на площади 900 км² [8]. В 2019–2020 гг. (период с низким стоком р. Дон) зона распространения рыбаца сократилась: в летний период 2019 г., занятая рыбацком численностью 250 тыс. экз. акватория залива составила 1400 км², осенью рыбацек численностью 9,3 тыс. экз. занимал акваторию залива площадью всего в 222 км². В 2020 г. рыбацек не был учтен совсем (рис. 2). Очевидно, что с уменьшением стока р. Дон и увеличением солености моря рыбацек стал реже попадаться в учетные орудия лова.

Размерно-возрастная характеристика рыбаца, учтенного в Таганрогском заливе, дана в табл. 5. В учете преобладали 2–4-летки длиной в среднем 11,0–14,4 см, массой — 21,0–54,2 г на ювенильной и

I–II стадиях зрелости. В летние периоды 2018–2019 гг. преобладали 2-летки (78,2 и 88,0 %, соответственно). В осенний период 2018 г. доминирующую роль в популяции играли 3-летки — 95,4 % (табл. 5).

Взрослая часть популяции донского рыбака оценивалась в осенних скоплениях в дельте и нижнем течении р. Дон. Основу стада составляли 5-летки, доля которых возросла за три года с 45,0 до 56,3 %. Причем в 2020 г. наблюдалась и значительная доля 6-леток — 22,9 %. В 2018 г. популяция состояла из особей поколений 2014–2015 гг. длиной 22–25 см и массой 170–300 г. В осенний период 2019 г. возрастной спектр популяции расширился и был представлен особями поколений 2014–2016 гг. длиной от 21–30 см и массой 100–500 г. В осенний период 2020 г. промысловое стадо рыбака составляли особи поколений 2015–2017 гг. длиной 21–31 см и массой 190–590 г. Как свидетельствуют данные, средний возраст промыслового рыбака за три года возрос с 3,5+ до 4,0+ (табл. 6).

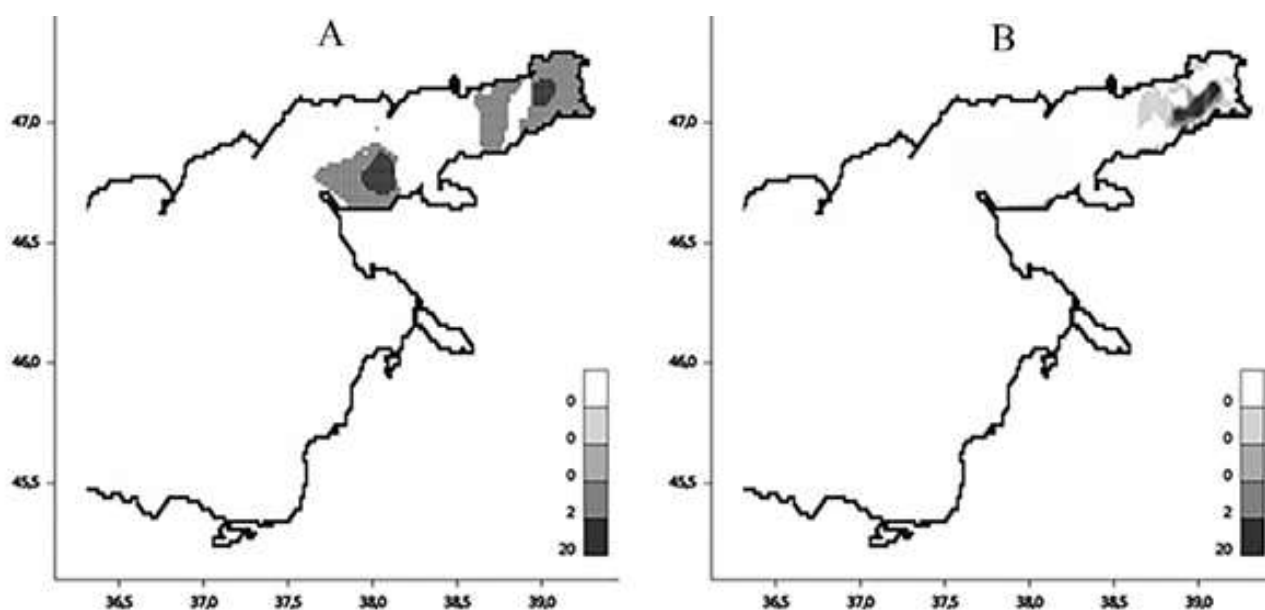


Рис. 2. Распределение рыбака в летний период в Азовском море: в 2018 г. (А) и в 2019 г. (В), экз./км²

Таблица 5. Размерно-массовые и возрастные показатели рыбака в Таганрогском заливе по данным УТС в 2018–2019 гг.

Сезон	Численность, %			Средняя длина, см	Средняя масса, г
	1+	2+	3+		
Лето 2018	78,2	19,0	2,8	11,0	21,4
Осень 2018	2,3	95,4	2,3	14,4	54,2
Лето 2019	88,0	8,0	4,0	11,0	21,0

Таблица 6. Размерно-массовые и возрастные показатели рыбака в р. Дон в осенний период 2018–2020 гг.

Год	Численность, %			Средний возраст, лет	Средняя длина, см	Средняя масса, г
	3+	4+	5+			
2018	55,0	45,0	–	3,5+	22,9	239
2019	24,6	68,4	7,0	3,8+	24,5	256
2020	20,8	56,3	22,9	4,0+	25,6	312,0

В современный период возросли размерно-массовые показатели рыба. С 2018 по 2020 г. средняя длина рыба выросла с 22,9 до 25,6 см, масса — с 239 до 312 г., что подтверждается статистически. За это время средняя длина выросла на 4,3 %, средняя масса — на 17,9 %, и эта разница достоверна при $p=0,95$ [26]. Несмотря на значительное изменение условий обитания, численность рыба находится на низком, но стабильном уровне, что может свидетельствовать о сохранении относительного равновесия между пополнением и убылью этого вида.

ВЫВОДЫ

1. Результаты исследования показали, что за период 2018–2020 гг. численность рыба находилась на низком, но стабильном уровне, что свидетельствует о сохранении относительного равновесия между пополнением и убылью этого вида. Состояние популяции леща следует признать депрессивным, так как в популяции наблюдалось ухудшение индивидуальных показателей.
2. В период 2018–2020 гг. нагульный ареал леща и рыба в Таганрогском заливе из-за возрастающей солености моря сократился: леща — с 3,6 до 0,8 тыс. км² в 2018–2019 гг. и до полного отсутствия в 2020 г., рыба — с 2094 км² в летний период 2018 г. до 775 км² в осенний период 2019 г. и до полного отсутствия в 2020 г.
3. Промысловая нагрузка в исследуемый период возросла: добыча леща выросла с 26,57 до 101,64 т, рыба — с 5,64 до 12,76 т, что обусловлено сокращением нагульного ареала и, как следствие, уплотнением промысловых скоплений, легко поддающихся облову.
4. В характеристике азовских популяций леща и рыба произошли заметные изменения: средняя масса леща снизилась с 673 до 542 г, длина — с 31 до 26 см, средний возраст — с 4,4+ до 2,3+, у рыба наоборот средняя масса увеличилась с 239 до 312 г, длина — с 23 до 26 см, средний возраст с 3,5+ до 4,0+.
5. Численность учтенной молодежи леща в период 2018–2020 гг. оценивалась в 4,0, 20,8 и 30,4 млн экз., рыба — в 7,1, 2,3 и 0,8 млн экз. при среднемноголетних значениях естественного воспроизводства 1,2–2,3 млн экз.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Майский В.Н. Распределение и численность рыб Азовского моря перед зарегулированием стока р. Дон // Труды ВНИРО. 1955. Т. 31, вып. 2. С. 138–163.
2. Бойко Е.Г. Воспроизводство запасов донских судака и леща после зарегулирования стока Дона // Труды АзНИИРХ. 1960. Т. 1. С. 287–340.
3. Карпевич А.Ф. Влияние изменяющегося стока рек и режима Азовского моря на его промысловую и кормовую фауну // Труды АзНИИРХ. 1960. Т. 1. Вып. 1. С. 3–113.
4. Дмитриев Н.А. Лещ Азовского моря // Труды Азово-Черноморской научно-промысловой экспедиции. 1931. Вып. 6. 104 с.
5. Троицкий С.К. Материалы к оценке состояния запаса азово-донского леща // Работы Доно-Кубанск. науч. рыбохоз. станции. 1935. Вып. 3. С. 3–38.
6. Иванченко И.Н. Лещ (условия обитания и промысловое значение полупроходной популяции р. Дон). Ростов-н/Д.: Изд-во АзНИИРХ, 2014. С. 180.
7. Карпенко Г.И., Переверзева Е.В., Корниенко Г.Г. Оптимизация промышленного разведения популяции рыба *Vimba vimba natio carinata* (Pall.) — ценного биологического ресурса Азовского бассейна. Ростов-н/Д.: Изд-во АзНИИРХ, 2010. С. 228.
8. Чередников С.Ю., Живоглядов А.А., Жердев Н.А., Лукьянов С.В., Кузнецова И.Д., Власенко Е.С. Состояние запасов в современный период и прогноз на два года вперед полупроходных и проходных видов рыб бассейна Азовского моря // Труды АзНИИРХ / Под ред. В.Н. Белоусова. Ростов-н/Д.: Изд-во АзНИИРХ, 2019. Т. 2. С. 53–74.
9. Чередников С.Ю., Власенко Е.С., Жердев Н.А., Кузнецова И.Д., Лукьянов С.В. Лимитирующие факторы абиотической среды и биологические особенности важнейших промысловых мигрантов Азовского моря // Водные биоресурсы и среда обитания. 2020. Т. 3, № 1. С. 27–41.

10. Чередников С.Ю., Пятинский М.М., Козоброд И.Д. Многолетняя динамика запаса леща по результатам моделирования CMSY с ограниченными данными (2002–2020 гг.) в Азовском море (воды России) // Водные биоресурсы и среда обитания. 2021. Т. 4, № 2. С. 66–79. doi: 10.47921/2619-1024_2021_4_2_66.
11. *Abramis brama* (Linnaeus 1758), *Vimba vimba* (Linnaeus 1758) // FishBase. A global information system on fishes / R. Froese, D. Pauly. (Eds.). 2021. URL: <https://www.fishbase.org/summary/Abramis-brama.html> (дата обращения 24.05.2021).
12. Никольский Г.В. Экология рыб. М.-Л.: Высшая школа. 1963. 366 с.
13. Берг Л.С. Рыбы пресных вод СССР и сопредельных стран. М.-Л.: Изд.-во АН СССР. В 3-х т. 1949. 1383 с.
14. Емтыль М.Х. Рыбы Краснодарского края и Республики Адыгея. Краснодар: Кубан. гос. ун-т., 1997. 157 с.
15. Белоусов В.Н. Состояние популяции азово-донского рыбца в современный период // Основные проблемы рыбного хозяйства и охраны рыбохозяйственных водоемов Азов-Черноморского бассейна // Сб. науч. трудов (1996–1997 гг.). Ростов-н/Д.: Изд-во АзНИИРХ, 1998. С. 213–221.
16. Бойко Е.Г. Избранные труды. Ростов-н/Д.: Эверест, 2005. 475 с.
17. Троицкий С.К. Основные задачи мелиорации и эксплуатации кубанских лиманов // Труды АзНИИРХ : Воспроизводство рыбных запасов в кубанских лиманах и на Дону. 1960. Вып. 4. С. 3–13.
18. Жукова С.В. Обеспеченность водными ресурсами рыбного хозяйства Нижнего Дона // Водные биоресурсы и среда обитания. 2020. Т. 3, № 1. С. 7–19. doi: 10.47921/2619-1024_2020_3_1_7.
19. Абаев Ю.И. Биологическое обоснование реконструкции ихтиофауны Шапсугского и Шенджийского водохранилищ Краснодарского края : автореф. дис. канд. биол. наук. М.: ВНИРО, 1971. 32 с.
20. Плохинский Н.А. Биометрия. Новосибирск: Новосибирское отделение АН СССР, 1961. 361 с.
21. Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводных). М.: Пищевая промышленность, 1966. 376 с.
22. Лакин Г.Ф. Биометрия. М.: Высшая школа, 1990. 351 с.
23. Методы рыбохозяйственных и природоохранных исследований в Азово-Черноморском бассейне : сб. науч.-методических работ / Под ред. С.П. Воловика, И.Г. Корпаковой. Краснодар: Изд-во АзНИИРХ, Просвещение-Юг, 2005. 351 с.
24. ALGLIB 3.14.0. URL: <http://www.alglib.net>.
25. Пятинский М.М., Козоброд И.Д., Жердев Н.А., Чередников С.Ю. Биологическая характеристика и пространственное распределение молоди тарани (*Rutilus rutilus heckelii*) и леща (*Abramis brama*) в р. Дон в 2020 г. // Водные биоресурсы и среда обитания. 2021. Т. 4, № 2. С. 18–30. doi: 10.47921/2619-1024_2021_4_2_18.
26. Козоброд И.Д., Пятинский М.М., Власенко Е.С. Индикаторная оценка состояния популяции рыбца в условиях дефицита биологической информации в Азовском море методом LBI // Рыбное хозяйство. 2021. № 3. С. 68–75. doi: 10.37663/0131-6184-2021-3-68-75.

СОСТОЯНИЕ АЗОВСКИХ ПОПУЛЯЦИЙ ТАРАНИ И СУДАКА В СОВРЕМЕННЫЙ ПЕРИОД

Н. А. Жердев, С. В. Лукьянов

*Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»),
Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»), Ростов-на-Дону
E-mail: zherdev_52@mail.ru*

Аннотация. Тарань и судак — ценные полупроходные виды рыб, промысел которых ведется в бассейне Азовского моря, и поэтому характеристика их современного состояния является актуальной. В статье анализируются материалы учетных траловых съемок в Азовском море, рейсов по учету молоди промысловых рыб в Нижнем Дону, по воспроизводству на водоемах азовских лиманов и нерестово-выростных хозяйств, мониторинга промысловых уловов за период 2018–2020 гг. За прошедшие три года существенно сократился нагульный ареал тарани и судака с 2618 до 1400 и с 1230 до 822 км², соответственно. Вылов тарани сократился с 730,243 до 282,110 т. Добыча судака в эти годы не проводилась из-за введенного в 2017 г. временного запрета на промысел. Возрастная структура промысловой части популяции тарани состояла из четырех возрастных групп, из которых доминировали трехлетки (30,5 % по численности, по массе 23,6 %) и четырехлетки (54,2 % по численности, по массе 51,4 %). Средний возраст снизился с 3,1 до 2,8 лет. Возрастная структура промысловой части донской популяции судака характеризовалась тремя возрастными группами. По численности доминировали трехлетки (69,5 %), численность четырехлеток составляла 25,7 %, пятилеток — 1,5 %. В кубанской популяции судака присутствовало семь возрастных групп. Наиболее многочисленными были годовики (54,4 %). Двухгодовики составляли 8,9 %, трехгодовики 25,0 %, а старшие возрастные группы 4–7 лет — 10,7 %. Объемы выпуска молоди в 2018–2020 гг. из водоемов естественного и искусственного воспроизводства оказались недостаточными для пополнения запасов популяций тарани и судака. Водоемы нерестово-выростных хозяйств являются основными источниками пополнения популяции тарани, азовские лиманы Краснодарского края — популяции судака.

Ключевые слова: тарань, судак, полупроходные рыбы, распределение, воспроизводство, возрастная структура, молодь, водоем

STATUS OF THE AZOV SEA POPULATIONS OF ROACH AND ZANDER AT THE PRESENT TIME

N. A. Zherdev, S. V. Lukyanov

*Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (FSBSI “VNIRO”),
Azov-Black Sea Branch of the FSBSI “VNIRO” (“AzNIIRKH”), Rostov-on-Don
E-mail: zherdev_52@mail.ru*

Abstract. Roach and zander are valuable semi-anadromous fish species, targeted by fishing operations in the Azov Sea, which necessitates evaluation of their current status. This article analyzes the data collected during the trawl surveys in the Azov Sea, the assessment of the juveniles of exploitable fish species in the Lower Don, the investigation of the reproduction in the water bodies of the Azov limans and spawning and rearing farms (hatcheries), and the monitoring of fishing catches in 2018–2020. In these three years, the feeding area of roach and zander decreased from 2,618 to 1,400 and from 1,230 to 822 km², respectively. Roach catch decreased from 730.243 to 282.110 t. For the time, the exploitation of zander was suspended after the temporary fishing ban introduced in 2017. Age composition of the roach fishing stock consisted of four age groups; among them, three-yearlings (30.5 % by abundance, 23.6 % by weight)

and four-yearlings (54.2 % by abundance, 51.4 % by weight) prevailed. Average age decreased from 3.1 to 2.8 years. Age composition of the zander fishing stock in the Don River was characterized by three age groups. In terms of abundance, three-yearlings prevailed (69.5 %), four-yearlings comprised 25.7 % of the total abundance, and five-yearlings comprised 1.5 % of it. In the Kuban River population of zander consisted of seven age groups. The most abundant were yearlings (54.4 %). Two-yearlings comprised 8.9 % of the total abundance, the share of three-yearlings was 25.0 %, and the eldest age groups of 4–7 years comprised 10.7 %. Quantities of the juveniles released in 2018–2020 from the water bodies used for natural and artificial reproduction came to be insufficient for proper recruitment to roach and zander stocks. Water bodies belonging with the hatcheries are the main sources for roach recruitment, and the Azov limans of the Krasnodar Territory serve the same purpose for zander.

Keywords: roach, zander, semi-anadromous fish species, distribution, reproduction, age composition, juveniles, water body

ВВЕДЕНИЕ

Тарань *Rutilus rutilus* (Linnaeus, 1758) (полупроходная форма плотвы) и судак *Sander lucioperca* (Linnaeus, 1758) — ценные промысловые виды рыб, составляющие значимый объем промысла в бассейне Азовского моря. Ареал тарани и судака во второй половине XX века совпадал и охватывал акваторию от Обиточного залива на севере до Темрюкского залива на юге, включая Таганрогский залив, а также северо-восточную и восточную части Азовского моря. В отличие от тарани, судак в небольшом количестве встречался по всей акватории моря, в Керченском проливе, заходил в Черное море вдоль Кавказского побережья [1, 2]. Нарушение естественного стока рек Дон и Кубань — результат строительства гидросооружений в прошлом веке, высокое промысловое и браконьерское изъятие, низкая эффективность естественного воспроизводства привели к депрессивному состоянию запаса судака и значительному снижению запаса тарани.

Состояние популяций тарани и судака в современный период зависит от интенсивности антропогенного воздействия и ряда океанографических факторов [3]. Первостепенными по значимости гидрологическими факторами для тарани и судака являются: величина стока (особенно весеннего) рек Дон и Кубань и соленость Азовского моря и Таганрогского залива [4, 5]. Данные показатели подвержены как антропогенному влиянию (вследствие зарегулирования основных рек региона), так и циклическим вариациям, связанным с глобальными климатическими процессами [3, 6].

Сток р. Дон оказывает существенное влияние на солевой режим Азовского моря и особенно Таганрогского залива. При любом стоке р. Дон в придельтовой части залива всегда сохраняется опресненная зона. При удалении от дельты соленость постепенно повышается. Изменение солевого режима залива и всего водоема ведет не только к сокращению или увеличению ареала нагула тарани и судака, ограниченного для взрослых особей изогалиной 11 ‰, а сеголетков — 7 ‰ [7], но и влияет на запас, который при росте солености падает, а при снижении возрастает [8].

Тарань и судак относятся к группе полупроходных рыб, размножающихся в пресных водоемах. После завершения нереста они возвращаются обратно в море, где нагуливаются до следующего цикла размножения.

Размножение тарани и судака происходит в реках и опресненных участках Азовского моря и Таганрогского залива, но основными естественными нерестилищами тарани и судака являются азовские лиманы Краснодарского края — Темрюкские лиманы и Ахтарско-Гривенская система лиманов.

На ранних этапах развития (икра, личинки, молодь) рыбы очень чувствительны к воздействию различных абиотических факторов среды. Как и многие виды ихтиофауны, молодь тарани и судака предъявляет высокие требования к условиям среды обитания. К факторам, определяющим успех размножения тарани, относятся присутствие субстрата для икры, оптимальная температура и отсутствие сильных сгонных ветров в период инкубации икры и на ранних этапах развития личинок. Для судака важными факторами являются: температурный режим нерестилищ, прозрачность воды, состояние грунта, гидрохимический режим. Для молоди обоих видов важна обеспеченность их кормом. В отличие от судака, тарань более приспособлена к неблагоприятным кормовым условиям [9].

По классификации Троицкого и Харина (1961) [10] из азовских лиманов выделены опресненно-судачьи и пресноводно-тараньи водоемы, гидролого-гидрохимические характеристики которых определяют приемлемые условия для нереста судака и тарани. К опресненно-судачьим были отнесены водоемы Куликово-Курчанской системы, тараньим — водоемы Ахтарско-Гривенской системы. В современный период Курчанский и Большой Ахтанизовский лиманы остаются судачьими водоемами, а остальные лиманы следует отнести к тараньим [11].

В связи с уменьшением стока р. Дон и продолжающимся осолонением Азовского моря наблюдается снижение объема промысла и другие изменения в популяциях этих видов рыб.

Цель работы — характеристика состояния азовских популяций тарани и судака в период 2018–2020 гг.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Оценка состояния популяций тарани и судака дана на основе материалов учетных траловых съемок в Азовском море, рейсов по изучению масштабов воспроизводства и распределения молоди промысловых рыб в р. Дон, ихтиологического материала, собранного на водоемах азовских лиманов и нерестово-выростных хозяйств, постов мониторинга Азово-Черноморского филиала ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»). Исследования проводились в весенний, летний и осенний периоды 2018–2020 гг.

Водные биологические ресурсы отлавливали донным тралом конструкции ГОСНИОРХ размером по верхней подборе 25 м и с ячеей в кутке 6 мм. Продолжительность траления составляла 30 мин., скорость — 1,5 м/сек. Коэффициент уловистости донного трала — 0,5.

В р. Дон молодь промысловых рыб облавливали в прибрежной части 32-метровым неводом высотой 3 м и ячеей 6 мм. Длина кутка — 3 м. Крылья — ячей 12 мм [12, 13]. Коэффициент уловистости орудия для всех видов рыб принимался равным 0,13 [14]. Площадь облова волокуши за один замет принималась равной 81,5 м².

В период исследования был проведен биологический анализ 2460 экз. тарани и 863 экз. судака.

Оценка запаса численности рыб проводилась площадным методом, который основывался на учете численности рыб на исследуемой определенной площади с экстраполяцией на весь район, занятый скоплением [13]. Для построения карт был использован модифицированный метод интерполяции/аппроксимации Шеппарда на неравномерной сетке, реализованный в широко известной библиотеке численного анализа и обработки данных ALGIB версии 3.14.0 [15].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Вследствие зарегулирования основных рек региона отмечено несколько периодов изменения солености Азовского моря, которые чередовались периодами распреснения и стабилизации солености на уровне, способствующему восстановлению численности тарани и судака. С 2006–2007 гг. начался новый (третий) период повышения солености Азовского моря, который продолжается и в настоящее время [16, 17]. В 2020 г. соленость собственно моря достигла 15 ‰, в Таганрогском заливе среднее значение было около 12 ‰, изогалина 8–7 ‰ проходила по авандельте р. Дон. Изменение условий в водоеме естественно отразилось на распределении тарани и судака.

Тарань. В начале очередного периода осолонения Азовского моря (2006–2007 гг.) ареал тарани охватывал восточную и северо-восточную части Азовского моря. В пределах этого ареала основная ее часть распределялась в Таганрогском заливе, Камышеватско-Должанском, Ахтарском морском районе с Бейсугским и Ахтарским лиманами, Ачужевском и Темрюкском морских районах. В летние и осенние периоды 2018–2020 гг. в учетных траловых съемках было выявлено отсутствие тарани в западной части Таганрогского залива, Камышеватско-Должанском, Ахтарском, Ачужевском, и Темрюкском морском районе Азовского моря. В летние и осенние периоды, исключая осень 2020 г., она нагуливалась в центральной и восточной частях Таганрогского залива (рис. 1). Тарань возраста 1+ и старше нагуливалась в мелководной прибрежной части Таганрогского залива. Уменьшение годового стока р. Дон до 9,74 км³ привело к повышению солености Азовского моря. Со снижением донского стока связано сокращение нагульного ареала тарани, поэтому тарань обычно не попадала в учетные орудия лова на акватории Таганрогского залива. Осенью 2020 г. в уловах траловой съемки тарань отсутствовала.

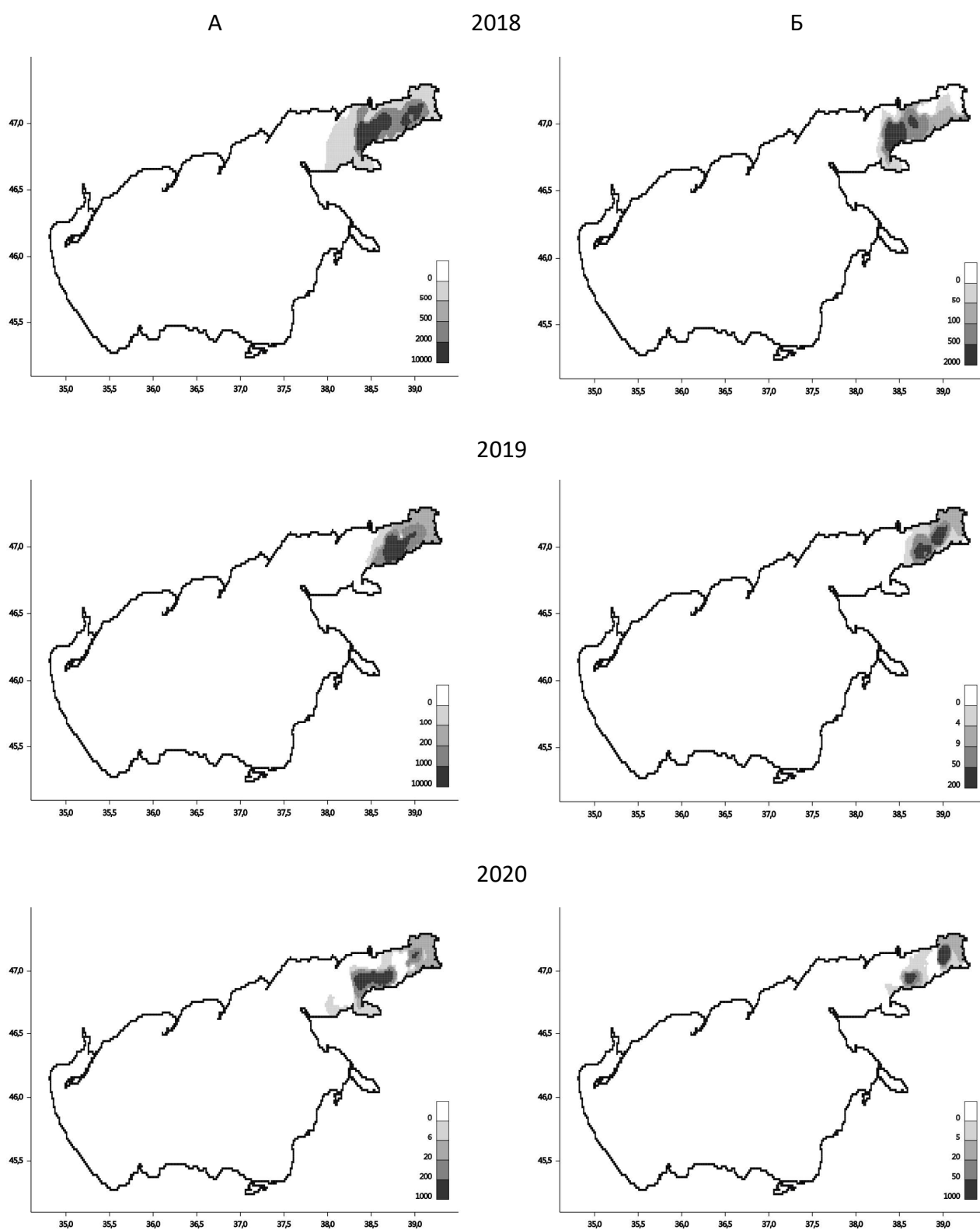


Рис. 1. Распределение тарани непромысловых (А) и промысловых (Б) размеров в Азовском море летом 2018–2020 гг.

Процесс естественного осолонения Азовского моря вызвал вынужденную миграцию значительной части популяции тарани из морской части в мелководное побережье и лиманы. Концентрация тарани на ограниченном пространстве под воздействием возрастающего роста солености привела к значительному сокращению ареала нагула (табл. 1). В отличие от 2006–2007 гг., когда ареал тарани составлял 12000 км², в летний период 2020 г. он сократился до 1400 км², т. е. оказался в 8,5 раза меньше, чем в начале периода осолонения моря.

Тарань в центральной и восточной части Таганрогского залива распределялась пятнами, которые были приурочены к участкам с большой концентрацией кормовых ресурсов. На этих относительно небольших площадях (от 1400 до 2690 км²) в 2018–2020 гг. нагуливалось от 6,201 млн экз. (193,8 т) до 17,050 млн экз. (233,6 т) тарани непромысловых размеров. Численность тарани промысловых размеров в эти годы была скромней: в 2018 г. — 6,332 млн экз. (550,3 т), в 2019–2020 гг. она сократилась до 0,215–0,214 млн экз. биомассой до 28,1–22,5 т, соответственно.

Популяцию тарани, нагуливающуюся в Таганрогском заливе, составляли особи не старше 4 лет (табл. 2). В 2018–2019 гг. двух- и трехлетки по численности были преобладающими возрастными группами в популяции. В 2020 г. популяция тарани, откармливающаяся на этой территории залива, фактически была образована двухлетками, численность остальных возрастных групп значительно снизилась. Сократился и средний возраст особей с 1,6 до 1,3 лет, и средняя масса на 43,2 %.

Пополнение популяции тарани осуществляется на водоемах за счет естественного и искусственного регулирования условий воспроизводства. К первой группе относятся водоемы восточного побережья Азовского моря — Темрюкские лиманы и Ахтарско-Гривенская система лиманов, а также Таганрогский залив и впадающие в него водоемы, в т. ч. Ейский лиман и р. Дон. Ко второй группе принадлежат водоемы лиманного типа нерестово-выростных хозяйств Краснодарского края.

В 2018–2020 гг. количество молоди тарани, скатывавшейся с Темрюкских лиманов и Ахтарско-Гривенской системы лиманов, варьировало от 874,1 до 914,7 млн экз. Наиболее продуктивными из этих водоемов являются Темрюкские лиманы, расположенные южнее. Их продуктивность в 1,5 раза выше, чем лиманов Ахтарско-Гривенской системы, находящихся севернее по побережью Азовского моря.

Вторым источником пополнения популяции молодь тарани в Азовском море является искусственное воспроизводство молоди на водоемах нерестово-выростных хозяйств. Общий объем выпуска молоди за последние три года из водоемов нерестово-выростных хозяйств варьировал от 5978,457 до 7075,082 млн экз. (табл. 3), что в 7,3 раза выше, чем из лиманов. Таким образом, пополнение запаса тарани Азовского моря в основном осуществляется за счет молоди из водоемов нерестово-выростных

Таблица 1. Сток, соленость и ареал тарани и судака в Азовском море в 2018–2020 гг.

Год	Годовой сток, км ³	Соленость, ‰			Ареал, км ²	
		Таганрогский залив	собственно море	все море	тарань	судак
2018	23,78	8,37	14,25	13,80	2618	1230
2019	15,18	10,08	14,27	13,94	2690	1012
2020	9,74	11,78	15,10	14,83	1400	822

Таблица 2. Возрастная структура и морфометрические показатели тарани летом 2018–2020 гг.

Год	Возрастной состав, %				Средний возраст, лет	Средняя длина, см	Средняя масса, г
	0+	1+	2+	3+			
2018	1,5	26,9	50,3	21,3	1,6	12,9	59,1
2019	12,9	27,3	55,3	4,5	1,5	9,8	15,2
2020	–	91,0	7,3	1,7	1,3	12,4	33,6

хозяйств. Тем не менее, количество молоди, воспроизведенной на водоемах, недостаточно для полноценного пополнения запаса азовской тарани.

На выживание молоди тарани значительное влияние оказывает уровень солености вод Азовского моря. Личинки тарани благоприятно развиваются при солености 2–6 ‰, мальки — при 3,0–7,5 ‰. Более высокие значения солености замедляют темп роста личинок и мальков или вызывают их гибель [1, 18]. Оптимальные условия для развития и нагула молоди и взрослой тарани сохраняются при солености до 9 ‰. Предельная соленость, при которой они могут выживать, ограничивается 11 ‰.

В 2020 г. вдоль кубанского побережья в результате продолжающегося осолонения моря опресненные зоны с соленостью до 7 ‰ составляли не более 0,035 тыс. км². Ареалы с соленостью, равной или меньше 10 ‰, составляли всего 0,099 тыс. км², а с соленостью до 4 ‰ формировались на площади около 0,0007 тыс. км². В такой ситуации условия для нагула молоди скатывающейся из азовских лиманов Краснодарского края значительно ухудшились.

В Таганрогском заливе в условиях крайне низкой водности р. Дон весной 2020 г. ареал солености до 4 ‰ отсутствовал. Зона с соленостью ниже 7 ‰ размерами менее 1 тыс. км² сформировалась только в восточной части залива и оказалась в 2–3 раза меньше по площади, чем в два предшествующие года. Существенно сократились (в 1,5–2,0 раза) и ареалы с соленостью ниже 9 и 10 ‰.

Согласно динамике солености, изменился и приоритет в районах промысла тарани. Так, в 2015 г. в Азово-Кубанском районе и Азово-Донском районах вылов тарани фактически был равным. В этих промысловых районах было добыто 235,424 и 203,101 т тарани, соответственно.

В рассматриваемый период наиболее высокий объем добычи 701,198 т наблюдался в 2018 г. в Азово-Донском районе, а в Азово-Кубанском объем добычи составил всего 29,045 т (табл. 4).

В 2018–2020 гг. вылов тарани в Азово-Кубанском районе варьировал от 40,379 до 17,127 т. В среднем за год добывалось 28,8 т тарани. В объем вылова находился в диапазоне значений 701,198–264,983 т, составляя в среднем — 430,36 т. Таким образом, объем добычи тарани в Азово-Донском районе в 14,9 раза больше, чем на восточном побережье Краснодарского края.

Промысловая часть популяции тарани, как показали уловы ставников, состояла из особей не старше шести лет. В основном уловы состояли из трех- и четырехлеток. Доля особей старших возрастов была незначительной. В 2020 г. из общего улова ставного невода на трехлеток приходилось 30,5 % по численности и 23,6 % по биомассе, на четырехлеток — 54,2 и 51,4 %, соответственно. Снижился средний возраст промысловой тарани с 3,1 года в 2018 г. до 2,8 лет — в 2020 г.

Таблица 3. Объем естественного и искусственного воспроизводства молоди тарани в бассейне Азовского моря в период 2018–2020 гг., млн экз.

Год	Естественное воспроизводство	Искусственное воспроизводство	Всего
2018	889,8	6185,282	7075,082
2019	874,1	5593,779	6467,879
2020	914,7	5063,767	5978,467

Таблица 4. Вылов тарани в Азовском море по районам промысла в период 2018–2020 гг., т

Год промысла	Азово-Кубанский район	Азово-Донской район			Итого
		р. Дон	Таганрогский залив	Всего	
2018	29,045	5,370	695,828	701,198	730,243
2019	40,379	3,656	321,243	324,899	365,278
2020	17,127	3,867	261,116	264,983	282,110

Освоение выделенного объема добычи тарани в 2018–2020 гг. в среднем составляло 79,7 %. Уловы более чем на 50 % состояли из рыб одного поколения 3+. Промышленным промыслом и браконьерским ловом изымалось почти все поколение рыбы, достигшее промысловых размеров.

Судак. В связи со сложившимися экологическими условиями в Азовском море в последние годы судак, как и тарань, мигрировал из восточной части Азовского моря в лиманы восточного побережья Краснодарского края и Таганрогский залив. В 2018–2019 гг. он нагуливался в восточной части залива (рис. 2).

Осенью 2018 г. ареал нагула судака промысловых размеров в восточной части залива составил 850 км², непромысловых — 1230 км². На акватории залива в соответствии с площадями нагуливалось 0,005 млн экз. (5,3 т) судака промысловых размеров, судака непромысловых размеров намного больше — 0,532 млн экз. биомассой 95 т. Сеголетки в осенний период, в отличие от летнего, в уловах учетного трала не отмечались.

Ареал промыслового судака осенью в 2019 г. несколько возрос в сравнении с 2018 г. и составил 1012 км², а ареал судака непромысловых размеров сократился на 358 км² и охватывал территорию площадью 872 км². Общая площадь распространения сеголетков судака составляла 2220 км². Как в летней, так и в осенней учетной съемке в 2019 г. в уловах трала преобладали сеголетки. Незначительная часть сеголетков обитала в Темрюкском заливе, а основная масса в восточной части Таганрогского залива.

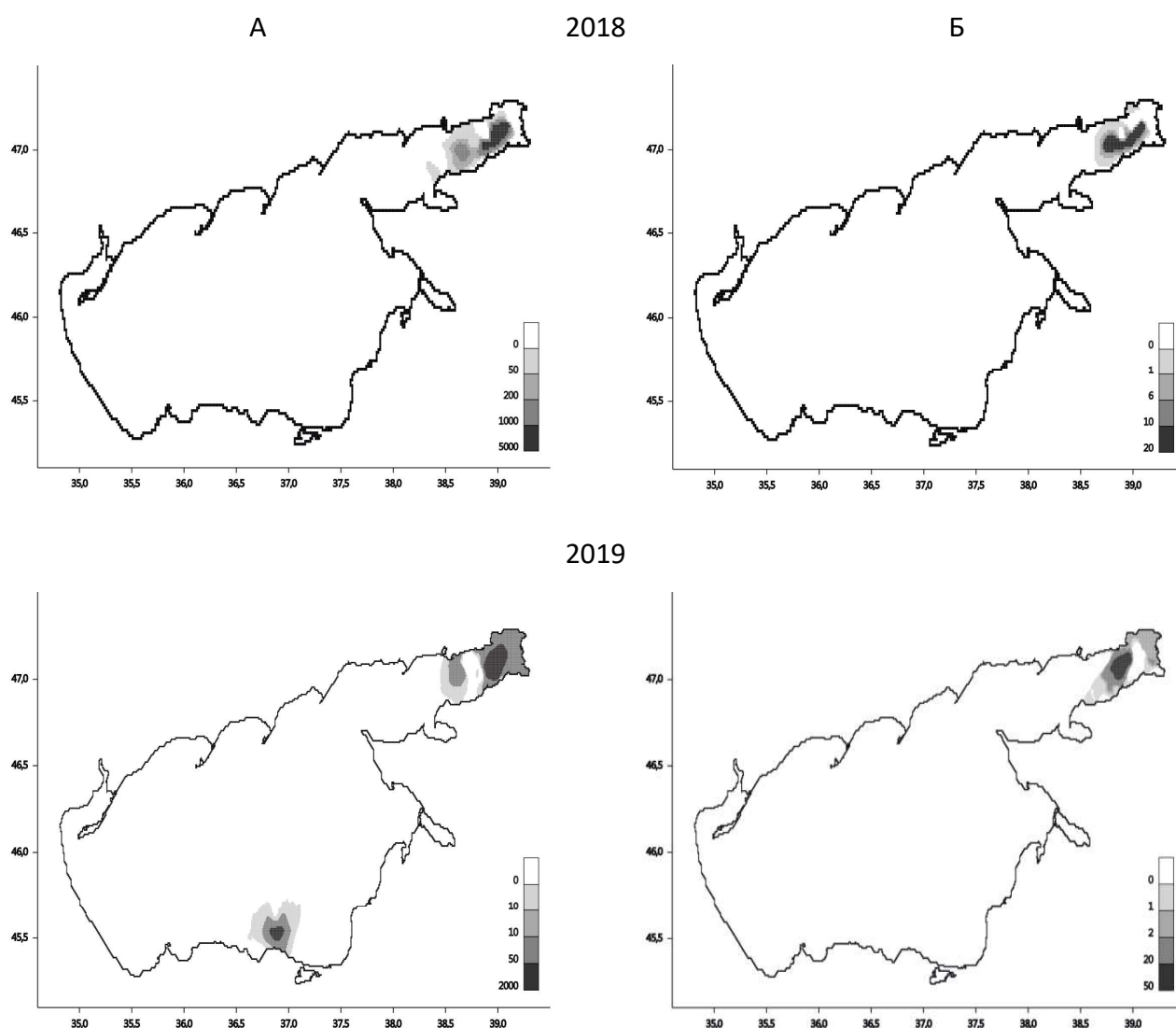


Рис. 2. Распределение судака непромысловых (А) и промысловых (Б) размеров в Азовском море осенью 2018–2019 гг.

Сеголетки из Темрюкского залива Азовского моря отличались от сеголетков из Таганрогского залива меньшей длиной и массой. Численность судака промысловых размеров составляла 0,047 млн экз., биомасса — 44,6 т, непромысловых размеров сократилась до 0,154 млн экз. и 29,2 т, соответственно.

В 2020 г. в учетных съемках в Азовском море судак промысловых и непромысловых размеров не обнаружен. Как и в предыдущие годы, в восточной части Таганрогского залива были отмечены сеголетки, которые нагуливались на площади 822 км².

Следует отметить, что только за период 2018–2020 гг. ареал полупроходного судака сократился в 1,5 раза. Сокращение ареала приводит к уменьшению площади кормовой базы, скученности рыб, а следовательно, с одной стороны к замедлению темпа роста рыб, а с другой к облегчению облова судака промышленными и браконьерскими орудиями лова.

В 2018–2019 гг. в возрастной структуре популяции полупроходного судака по материалам траловых съемок свыше 98 % приходилось на сеголеток, двухлеток и трехлеток. Особи в возрасте четырехлеток и старше практически не встречались (табл. 5).

В 2018 г. в р. Дон, как и в Таганрогском заливе, возрастная структура популяции основывалась на двух- и трехлетках, которые составляли 74,3 % численности. Численность четырех- и пятилеток (25,7 %) в р. Дон была выше, чем в Таганрогском заливе.

В кубанской части популяции судака возрастная структура весной 2018 г. состояла из 7 возрастных групп. Большую часть популяции составляли особи в возрасте одного года (55,4 %). На долю двух- и трехгодовиков приходилось 8,9 и 25,0 %, соответственно, а на старшие возрастные группы 4–7 лет — 10,7 % численности. Средняя длина особей судака составляла 33,5 см, масса — 639,9 г.

По материалам постов мониторинга и собранным в командировках, в 2020 г. судак присутствовал в уловах в количестве до 50 экз. и больше на замет закидного невода. В популяции донского судака доминировали трехлетки, которые составляли 69,5 % численности популяции, четырехлетки — 29,0 и 1,5 % приходилось на пятилеток.

Размножение полупроходного судака происходит в реках, лиманах и опресненных участках Азовского моря. По районам естественного воспроизводства популяция азовского полупроходного судака делится на две локальные популяции: азово-донскую и азово-кубанскую [19].

Азово-донская популяция судака размножается на естественных нерестилищах опресненных прибрежных районов Таганрогского залива, в Ейском и Миусском лиманах, дельте р. Дон и нерестилищах нижнего течения р. Дон. Азово-кубанская популяция нерестится в лиманах восточного побережья Азовского моря.

Помимо естественного нереста, воспроизводство молоди судака осуществляется на водоемах лиманного типа нерестово-выростных хозяйствах Краснодарского края, на которых осуществляется искусственное регулирование условий размножения [20].

Нерестовая миграция судака в Азово-Донском и Азово-Кубанском районах отличается по срокам и интенсивности. Донская часть популяции судака концентрируется осенью в Таганрогском заливе, в значительных количествах заходит в низовья Дона. Основной ход производителей судака начинается после вскрытия реки ото льда, максимум хода приходится на апрель. При естественном водном режиме реки основным местом размножения донского полупроходного судака являлась пойма р. Дон. Массовое икрометание обычно отмечается во второй половине апреля – начале мая: донского — при температуре воды 12–15 °С, кубанского — при 12–19 °С.

Таблица 5. Возрастная структура и морфометрические показатели судака в Таганрогском заливе летом 2018–2019 гг.

Год	Возрастной состав, %					Средняя длина, см	Средняя масса, г
	0+	1+	2+	3+	4+		
2018	81,9	6,1	10,5	1,5	–	15,3	104,5
2019	80,5	4,5	14,0	–	1,0	16,0	154,1

В 2018–2020 гг. количество молоди судака, скатывающейся с Темрюкских и Ахтарско-Гривенской системы лиманов, увеличилось с 716,8 до 838,4 млн экз. Темрюкские лиманы играют более существенную роль в естественном воспроизводстве молоди судака. Их продуктивность в 1,6 раза выше, чем Ахтарско-Гривенской системы лиманов.

Объем выпуска молоди судака в исследуемые годы нерестово-выростными хозяйствами находился в пределах 128,6–203,0 млн экз. (табл. 6). Количество молоди, выпускаемой нерестово-выростными хозяйствами, остается на невысоком уровне и по эффективности воспроизводства уступает азовским лиманам в 4 раза. Из этого следует, что кубанские лиманы и их экологическое состояние продолжают иметь большую значимость в естественном воспроизводстве азовского полупроходного судака.

Таблица 6. Объем естественного и искусственного воспроизводства молоди судака в бассейне Азовского моря в период 2018–2020 гг., млн экз.

Год	Естественное воспроизводство	Искусственное воспроизводство	Всего
2018	716,8	128,6	845,4
2019	768,4	212,4	980,8
2020	838,4	203,0	1041,4

Выживание скатывающейся молоди судака во многом зависит от наличия благоприятных зон для ее нагула. Такими зонами для молоди судака являются опресненные участки с соленостью 6–7 ‰, которые составляют небольшую площадь в восточной части Таганрогского залива. Соленость выдавила судака в р. Дон и впадающие в залив малые реки, что наблюдается и у восточного побережья Кубани.

Эффективность естественного воспроизводства молоди тарани и судака зависит от абиотических факторов (погодные условия, гидрологический режим) и биотических факторов (количество производителей, участвующих в нересте, количество малоценных видов рыб, зарастаемость лиманов, кормовая база).

Основными факторами, влияющими на воспроизводство и распределение рыб по акватории Азовского моря и Таганрогского залива, являются сток р. Дон, температурный режим на нерестилищах, соленость. Эффективность размножения тарани и судака во многом зависит, прежде всего, от весеннего стока рек Дон и Кубань. В 2018–2020 гг. весенний сток р. Дон уменьшился с 9,29 до 2,23 км³, р. Кубань — с 5,37 до 2,23 км³. При столь низком стоке не произошло залития поймы. Исключением является 2018 г., когда при относительно многоводном стоке произошло незначительное затопление поймы р. Дон. Результатом воспроизводства в период 2018–2020 гг. стали малоурожайные поколения тарани и судака, которые оказались недостаточными для пополнения их запасов в Азовском море.

В современный период наблюдается сокращение количества рыбодобывающих организаций, занимающихся промышленным рыболовством в азовских лиманах. В связи с этим, водоемы очень быстро зарастают погруженными макрофитами, которые в свою очередь приводят к ежегодному сокращению нерестовых площадей, характерных для благоприятного нереста тарани и судака. Поэтому результатом воспроизводства 2018–2020 гг. стали малоурожайные поколения тарани и судака, которые оказались недостаточными для пополнения их популяций, запасы которых сокращаются. Промысловый запас тарани сократился с 2900 т (2018 г.) до 2013 т (2020 г.) и наблюдается тенденция дальнейшего сокращения запаса. Учитывая, что на современном этапе необходимый запас судака для восстановления воспроизводства в несколько раз меньше минимального граничного ориентира в 2 тыс. т, в 2017 г. был введен временный запрет на промышленный вылов судака.

ВЫВОДЫ

1. Численность популяции тарани в современный период (2018–2020 гг.) находится на низком, но стабильном уровне, о чем свидетельствует сохранение относительного равновесия между

пополнением и убылью. Популяция судака находится в депрессивном состоянии, поскольку запас численности судака, необходимого для воспроизводства, ниже минимального граничного ориентира, и с 2017 г. введен временный запрет на промысел этого вида.

2. Нагульные ареалы тарани и судака в Таганрогском заливе из-за возрастающей солености Азовского моря сократились: тарани — с 2618 до 1400 км², судака — с 1230 до 822 км².
3. Азово-Кубанский промысловый район из-за высокой солености моря и сокращения нагульного ареала в настоящее время утратил свое первенство по добыче тарани. Промысел тарани переместился в Азово-Донской промысловый район — Таганрогский залив. Вылов тарани сократился с 730,243 до 282,110 т, что обусловлено возросшей промысловой нагрузкой и вынужденной миграцией тарани из зон с повышенной соленостью в более опресненные районы залива и р. Дон. Освоение выделенного объема добычи тарани в 2018–2020 гг. в среднем составило 79,7 %. Уловы более чем на 50 % состояли из рыб одного поколения 3+. Промышленным промыслом и браконьерским ловом изымалось почти все поколение рыбы, достигшее промысловых размеров. Добыча судака, из-за введенного в 2017 г. временного запрета на промысел, в исследуемый период не проводилась.
4. Количество молоди тарани и судака, получаемой на водоемах естественного и искусственного воспроизводства, недостаточно для полноценного пополнения запаса азовских популяций этих видов рыб. Основными источниками пополнения популяции тарани являются водоемы нерестово-выростных хозяйств, популяции судака — азовские лиманы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аведикова Т.М. Основные закономерности формирования биомассы и продукции азовской тарани // Труды ВНИРО. 1975. Т. 109. С. 9–34.
2. Баландина Л.Г. Миграции и промысел азовского судака // Труды ВНИРО. 1975. Т. 109. С. 73–91.
3. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Т. 5. Азовское море. СПб: Гидрометеоиздат, 1991. 235 с.
4. Демченко В.А. Особенности влияния изменяющегося климата на сообщества рыб Азовского бассейна // Вісник Запорізького національного університету. 2010. № 1. С. 22–32.
5. Иванченко И.Н. Лещ (условия обитания и промысловое значение полупроходной популяции р. Дон). Ростов н/Д.: Изд-во АзНИИРХ, 2014. 180 с.
6. Гаргопа Ю.М. Климатообусловленные изменения гидрометеорологических условий формирования биоресурсов Азовского моря // Основные проблемы рыбного хозяйства и охраны рыбохозяйственных водоемов азово-черноморского бассейна : сб. науч. трудов (1998–1999 гг.). Ростов-н/Д.: Изд-во АзНИИРХ, 2000. С. 20–27.
7. Карпевич А.Ф. Экологическое обоснование прогноза изменений ареалов рыб и состава ихтиофауны при осолонении Азовского моря // Труды ВНИРО. 1955. Т. 31, вып. 2. С. 3–84.
8. Бойко Е.Г., Козлитина С.В. Основные закономерности колебаний запаса, продукции и улова Азовского судака // Труды ВНИРО. 1975. Т. 109. С. 52–71.
9. Троицкий С.К. Состояние воспроизводства полупроходных рыб в Азово-Кубанском районе и мероприятия по повышению его эффективности // Труды АзНИИРХ. 1972. Вып. 10. С. 87–101.
10. Троицкий С.К., Харин Н.Н. Биологическая и рыбохозяйственная классификация кубанских лиманов // Труды АзНИИРХ. 1961. Т. 1. Вып. 1. С. 413–440.
11. Порошина Е.А. Характеристика естественного воспроизводства судака и тарани в кубанских лиманах в современный период // Вопросы рыболовства. 2011. Т. 12, № 1 (45). С. 127–137.
12. Методика по бонитировочному учету молоди рыб на нерестово-выростных хозяйствах. М.: Изд-во ВНИРО, 1969. 61 с.
13. Методы рыбохозяйственных и природоохранных исследований в Азово-Черноморском бассейне : сб. науч.-метод. работ / Под ред. С.П. Воловика, И.Г. Корпаковой. Краснодар: Изд-во АзНИИРХ, 2005. С. 130–140.
14. Воловик С.П. Условия и эффективность размножения судака в водоемах Черноерковского нерестово-выростного хозяйства : отчет о НИР / Азовский науч.-исслед. ин-т рыб. хоз-ва. Ростов-н/Д., 1966. 27 с.
15. ALGLIB 3.14.0 / URL: <http://www.alglib.net>.

16. Куропаткин А.П., Жукова С.В., Шишкин В.М., Бурлачко Д.С. и др. Изменение солёности Азовского моря // Вопросы рыболовства. 2013. Т. 14. № 4. С. 666–673.
17. Куропаткин А.П., Шишкин В.М., Бурлачко Д.С., Карманов В.Г. и др. Современные и перспективные изменения солёности Азовского моря // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2015. № 11. С. 7–16.
18. Лещинская А.С. Выживание икры, личинок и мальков кубанской тарани в азовской воде различной солёности // Реконструкция рыбного хозяйства Азовского моря : Труды ВНИРО. 1955. Т. 31. Вып. 2. С. 97–107.
19. Бойко Е.Г. Эффективность естественного размножения и основные пути воспроизводства судака Азовского моря // Труды ВНИРО. 1955. Т. 31, вып. 2. С. 108–137.
20. Цуникова Е.П. Водоемы Восточного Приазовья — рыбохозяйственное значение и оптимизация их использования. Ростов-н/Д.: Медиа-полис, 2006. 225 с.

СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА СОДЕРЖАНИЯ ОБЩИХ ЛИПИДОВ В ТЕЛЕ ХАМСЫ *ENGRAULIS ENCRASICOLUS* (LINNAEUS, 1758) В ПЕРИОД 2017–2020 ГГ.

А. В. Войкина, Л. А. Бугаев, О. В. Кириченко, М. А. Цыбульская, Л. П. Ружинская,
В. Н. Белоусов, С. Г. Сергеева, В. В. Лисовская, Г. В. Мосесян

Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»),
Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»), Ростов-на-Дону
E-mail: bugaev_l_a@azniirkh.ru

Аннотация. Проведен анализ содержания липидов в теле хамсы (*Engraulis encrasicolus*) на всех этапах ее жизненного цикла в период 2017–2020 гг. В статье дается сравнение полученных данных с референсным диапазоном содержания липидов, который был рассчитан по результатам многолетних исследований. Выявлено, что различия в содержании энергопластических веществ в теле хамсы обусловлены возрастными особенностями рыб: у сеголеток количество липидов ниже, чем у старшевозрастных особей. На основе изучения межсезонной динамики содержания липидов в теле хамсы установлено, что минимум содержания липидов характерен для рыб в апреле–мае, а максимум наблюдается в октябре. Анализ межгодовой динамики содержания липидов в теле хамсы в конце нагульного периода показал, что в последние годы наблюдается тренд на постепенное снижение их количества по причине возрастания прессинга экологических факторов на популяцию рыб.

Ключевые слова: *Engraulis encrasicolus*, липиды, размерные группы, сезонная динамика, Азовское море, хамса, мнемниопсис

SEASONAL DYNAMICS OF THE TOTAL LIPID CONTENT IN THE BODY OF THE EUROPEAN ANCHOVY *ENGRAULIS ENCRASICOLUS* (LINNAEUS, 1758) IN 2017–2020

A. V. Voykina, L. A. Bugaev, O. V. Kirichenko, M. A. Tsibulskaya, L. P. Ruzhinskaya,
V. N. Belousov, S. G. Sergeeva, V. V. Lisovskaya, G. V. Mosesyan

Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (FSBSI “VNIRO”),
Azov-Black Sea Branch of the FSBSI “VNIRO” (“AzNIIRKH”), Rostov-on-Don
E-mail: bugaev_l_a@azniirkh.ru

Abstract. Analysis of the lipid content in the body of the European anchovy (*Engraulis encrasicolus*) at all stages of its life cycle for the years 2017–2020 has been conducted. This article presents a comparison of the obtained data with the reference range of lipid content that had been calculated based on the results of long-term studies. It has been found that the differences in the content of constructive and energy-bearing substances in the body of an anchovy individual is age-specific: the lipid content in fingerlings is lower than in the individuals at the later stages of the life-cycle. Following the investigation of inter-seasonal dynamics of the lipid content in the body, it has been identified that the lowest lipid content was characteristic for the anchovy in April–May, and the highest lipid content was observed in October. Analysis of the inter-annual dynamics of the lipid content in the body at the end of the feeding period has shown that, in recent years, there is a trend for the gradual decline of their amount due to increasing load of environmental factors on fish population.

Keywords: *Engraulis encrasicolus*, lipids, length groups, seasonal dynamics, Azov Sea, mnemiopsis

ВВЕДЕНИЕ

Хамса (*Engraulis encrasicolus* Linnaeus, 1758) (рис. 1) является одним из самых многочисленных видов рыб в Азово-Черноморском бассейне с высокими темпами воспроизводства [1], чем обусловлена ее промысловая значимость и ориентированность рыбодобывающих предприятий. Благодаря своей многочисленности, хамса играет исключительно важную роль в экосистеме моря, являясь промежуточным звеном между зоопланктоном и представителями высшего трофического уровня — крупными хищными рыбами, дельфинами и птицами [2]. Хамса — теплолюбивая пелагическая стайная рыба. Жизненный цикл длится порядка 3–4 лет, половозрелости достигает на 2 году жизни [3, 4].

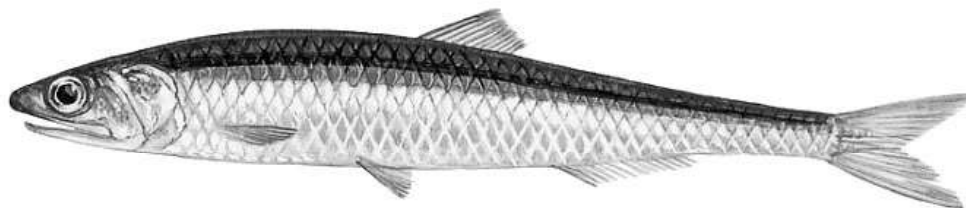


Рис. 1. Внешний вид хамсы (*Engraulis encrasicolus* Linnaeus, 1758)

В онтогенезе этого вида четко выделяется три фазы: зимовка, размножение и нагул. В первую фазу хамса ведет достаточно малоподвижный образ жизни в Черном море. Она практически не питается, к поверхности поднимается лишь в редкие теплые и тихие дни. А.Н. Гришин [5] считает необходимым на этом этапе разделять сеголеток и взрослых особей, аргументируя низкой продуктивностью (до 30 мг/м³) кормового зоопланктона в северной части моря, которая не подходит сеголеткам азовской хамсы. Он предполагает, что у хамсы данного возраста отличная от взрослых особей стратегия освоения кормовых ресурсов бассейна.

Миграция в Керченский пролив начинается в феврале–марте в зависимости от температурных условий воды. На этом этапе рыбам необходим повышенный уровень энергии для процессов пластического обмена. Источником являются запасы липидов, которые были накоплены в нагульный период предыдущего года.

Вторая фаза (размножение) происходит с мая по август в Азовском море. Выбор хамсы мест нереста обусловлен в основном климатическими характеристиками—это хорошо прогреваемые и богатые кормовым планктоном участки, где можно питаться любой доступной животной пищей [6, 7]. Нерест в основном приходится на вечернее и ночное время [6]. Для успешного синтеза половых продуктов (а в дальнейшем благоприятного протекания всего периода размножения) в достаточно короткий период нереста требуется огромное количество энергии.

Третья фаза (нагул) в среднем приходится на промежуток с августа по октябрь. Во время нагула хамса накапливает в своем организме и тканях липиды, необходимые для пластического обмена и, как следствие, для успешной миграции. Помимо этого, от достаточности накопления липидов в теле зависит дальнейшая плотность миграционных и зимовальных скоплений, выживание в период зимовки [8]. Вышеперечисленное можно считать первым фактором, который определяет начало зимовального периода у хамсы. Вторым фактором является охлаждение вод Азовского моря до критических величин.

По некоторым сведениям [5], сеголетки хамсы покидают Азовское море раньше взрослых рыб — в конце июля–августа, когда достигают длины 5,5–6,5 см. Нагуливаются они в южных районах Черного моря, где наблюдается более активная вегетация кормового зоопланктона (60–80 мг/м³).

Таким образом, хамса значительный период своего жизненного цикла проводит в Азовском море. Принимая во внимание то, что если до 2005 г. поступление пресной и черноморской воды в Азовское море было примерно одинаковым (27 и 25 км³), то в 2015 г. черноморской воды стало поступать в три–четыре раза больше, что обусловило повышение солености воды [9]. Осолонение моря, безусловно,

сопровождалось изменениями всех компонентов экосистемы: сократилось биоразнообразие, изменился видовой состав и сезонная динамика циклов развития массовых форм, уменьшилась концентрация кислорода в воде, участились заморы [10–12]. Изменения абиотических параметров и трансформация трофических цепей не могли не отразиться на состоянии азовской хамсы, которая в весенне-летние месяцы нерестится, растет и нагуливается в Азовском море. Действительно, по мере увеличения солености Азовского моря сначала наблюдался беспрецедентный рост, а затем резкое сокращение запасов азовской хамсы [13].

Целью работы являлась оценка физиологического состояния азовской хамсы по накоплению энергопластических веществ (липиды) в различные периоды ее жизненного цикла в 2017–2020 гг.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом исследования являлась хамса. Рыб для исследований отбирали круглогодично с 2017 по 2020 г. во время учетно-траловых съемок в Азовском море и в местах зимовки хамсы в ходе мониторинга промысла из траловых уловов промысловых судов в территориальных водах Российской Федерации.

После отлова рыб проводился их внешний осмотр на наличие различных наружных повреждений, признаков заболеваний и паразитарных инвазий. Из каждого улова отбирали 100–200 экз., измеряли длину тела с точностью до 0,1 см, после этого выборку разделяли на размерные группы: <75 мм, 76–85 мм, 86–100 мм, 101–115 мм, >115 мм. В каждой размерной группе определяли количество и среднюю массу рыб. Рыб в каждой размерной группе измельчали целиком без удаления внутренних органов с использованием специального устройства. Полученные пробы фарша использовали для количественного определения воды и суммарных липидов согласно утвержденным методикам [14].

Определение массовой доли воды проводили высушиванием биоматериала при 100–105 °С. Метод основан на выделении (испарении) воды из продукта при тепловой обработке и определении изменения массы взвешиванием.

Определение липидов проводили путем непрерывной экстракции по методу Сокслета с использованием полуавтоматического анализатора содержания жира FA-46 (ООО «Вилитэк», г. Москва). Данный метод основан на экстракции липидов органическим растворителем (эфир диэтиловый) из сухой навески и определении его массы взвешиванием.

Математическую обработку данных осуществляли с использованием специализированного программного обеспечения MS Excel V. 13 и Statsoft Statistica V. 12. Значения полученных результатов в работе представлены в виде средней величины и стандартной ошибки ($M \pm m$).

Анализ различий в анализируемых выборках рыб проводился с использованием непараметрического U критерия Манна-Уитни для независимых выборок. Результаты считали достоверными в случае, если $p \leq 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Согласно литературным данным, рыбы относятся к той группе животных, у которых основным источником энергии для различных метаболических процессов, происходящих в организме, являются липиды, а дополнительными являются белок и гликоген.

Аккумулированные в теле липиды расходуются рыбами в первую очередь на мышечную работу, связанную с перемещением в пространстве и совершением миграций к местам нереста, нагула и зимовки. Несомненно, липиды имеют важное значение в обеспечении процессов синтеза генеративной ткани. Процесс созревания половых продуктов у рыб происходит в сжатые сроки и, соответственно, требует больших энергетических затрат.

Принимая во внимания особенности жизненного цикла азовской хамсы (миграции, порционный нерест), исследования направлены в первую очередь на мониторинг ежегодной динамики накопления липидов в теле хамсы.

Зависимость жиронакопления от возраста хамсы, которое характерно практически для всех позвоночных, ставит задачу разработки нормативных диапазонов (референсных диапазонов), которые будут

описывать некую норму, учитывающую возраст рыб и период биологического цикла. Результаты исследований представлены в таблице. Использование рассчитанных референсных диапазонов позволяет не только оперировать термином «среднемноголетнее значение» в сравнительном аспекте, но давать качественную характеристику наблюдаемым состояниям в категориях «норма», «выше нормы», «ниже нормы» применительно к размерным группам в конкретные периоды наблюдений.

Содержание общих липидов в теле азовской хамсы в период 2017–2020 гг. по размерным группам, %*

Размерная группа, мм	2017	2018	2019	2020	Среднемноголетнее значение (2009–2016 гг.)	Референсный интервал
<i>весенняя миграция</i>						
<75	–	10,2±2,75	8,10±1,54	–	7,72±3,80	3,92–11,52
76–85	–	12,2±1,12	11,1±1,08	13,1±1,24	8,26±3,35	4,91–11,61
86–100	10,59±2,28	6,00±1,23	7,50±1,78	5,20±1,18	9,02±3,95	5,07–12,97
101–115	8,62±1,45	12,4±1,04	8,80±1,22	4,40±1,87	8,66±2,61	6,05–11,28
>115	6,76±1,02	10,5±1,21	–	–	9,66±1,00	8,66–10,66
<i>преднерестовый период</i>						
<75	–	1,00±0,11	0,70±0,01	–	4,60±2,36	2,24–6,96
76–85	–	4,70±0,15	–	7,50±1,28	5,87±2,45	3,41–8,32
86–100	–	1,70±0,09	–	5,40±1,15	6,33±1,55	4,78–7,88
101–115	–	2,00±0,08	–	5,20±1,24	7,72±1,06	6,66–8,78
>115	–	1,30±0,10	–	5,20±1,23	–	–
<i>нерестовый период</i>						
<75	6,66±1,84	5,98±1,44	3,23±1,46	3,20±0,23	6,71±4,89	1,82–11,60
76–85	5,31±1,91	8,95±4,20	7,26±2,46	6,02±2,30	8,95±4,50	4,45–13,45
86–100	4,29±0,40	8,98±3,78	10,0±2,62	6,96±2,38	9,14±4,13	5,01–13,26
101–115	5,29±1,22	8,24±2,62	7,44±5,21	6,19±1,94	8,85±4,08	4,77–12,93
>115	6,10±1,25	9,78±4,44	10,6±6,18	8,51±3,44	10,73±4,53	6,20–15,26
<i>конец нагульного периода</i>						
<75	6,88±0,88	7,90±4,89	8,35±4,02	11,20±2,98	11,43±2,28	9,16–13,71
76–85	11,0±2,59	15,5±2,90	13,8±2,33	14,9±3,03	16,25±5,17	11,08–21,42
86–100	11,6±2,05	14,0±4,30	14,9±3,69	15,7±2,68	15,57±3,76	11,81–19,34
101–115	10,6±3,44	12,4±2,82	16,1±3,88	11,5±2,80	15,05±3,69	11,36–18,75
>115	11,0±3,19	12,1±1,89	13,2±2,60	12,6±1,95	12,90±3,80	9,10–16,70
<i>осенняя миграция</i>						
<75	12,8±2,72	12,2±0,35	9,90±0,82	16,3±0,06	12,02±3,45	8,58–15,47
76–85	19,0±2,61	14,2±2,35	14,4±3,68	19,1±2,44	16,94±3,71	13,24–20,65
86–100	22,6±2,95	14,8±3,54	16,0±4,26	19,6±3,49	17,23±3,60	13,63–20,83
101–115	19,6±3,89	14,8±8,70	11,2±2,54	11,9±3,64	14,30±2,19	12,11–16,49
>115	20,8±3,09	10,3±2,90	10,1±1,15	11,7±2,24	15,19±2,10	13,09–17,29

Примечание: * На сырое вещество

Для анализа возрастной динамики накопления липидов в теле азовской хамсы были проанализированы особи, которые выловлены в октябре в каждом исследуемом году во время осенней миграции через Керченский пролив в Черное море. В это время у рыб отмечается максимальный уровень накопления энергопластических веществ в организме после завершения нагульного периода в Азовском море.

Исследования показали, что наиболее низкое содержание липидов в теле рыб ($12,87 \pm 2,79$ %) было характерно для младшевозрастных особей (рис. 2). Наибольшее количество липидов в теле было отмечено у рыб размером от 76 до 100 мм, значения варьировали от $14,20 \pm 2,35$ до $22,64 \pm 2,95$ %. Количество липидов в теле у старшевозрастных рыб уменьшается на 7–40 %. Среднее содержание липидов в теле хамсы размерной группы 101–115 мм составляло $15,78 \pm 5,47$ %, у особи размерной группы >115 мм — $14,13 \pm 5,46$ %.

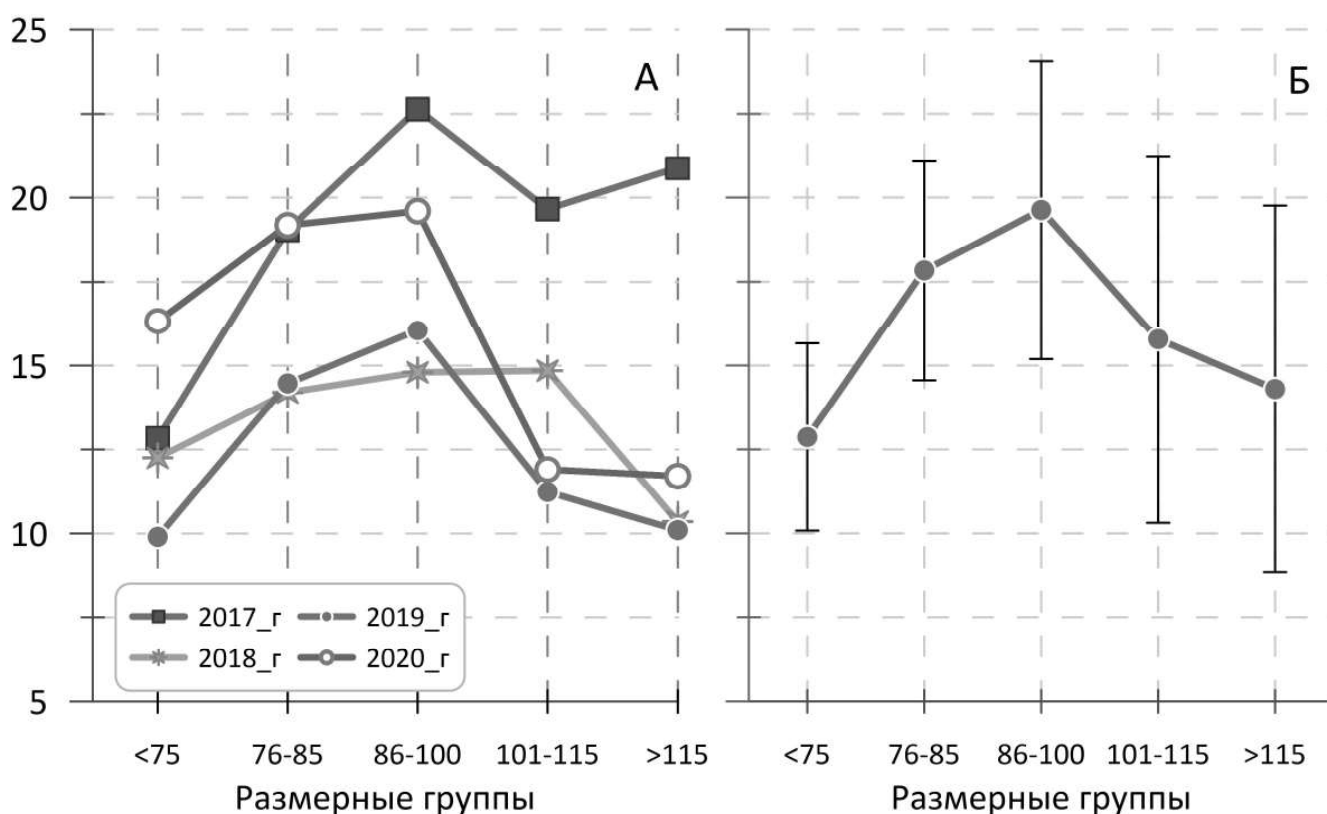


Рис. 2. Содержание общих липидов в теле хамсы по размерным группам, %. А — значения показателя по годам наблюдений, Б — среднемноголетние значения со стандартной ошибкой

В дальнейшем для анализа сезонной и межгодовой динамики общих липидов в теле азовской хамсы были использованы данные, полученные для рыб репродуктивного возраста размером от 76 до 100 мм. Таким образом, было устранено влияние возрастных особенностей рыб на жирность.

Известно, что время весенней миграции очень сложное для особей хамсы из-за необходимости в долгом передвижении, требующее больших энергетических запасов. От того, сколько липидов в своих тканях успела запасти в нагульный летне-осенний период хамса, зависит ее способность пережить зимовальный период и успешно мигрировать весной на нерест в Азовское море.

В период весеннего захода (март) азовской хамсы в Азовское море через Керченский пролив самое высокое количество липидов в теле рыб было отмечено в 2018 г., значения которых варьировали от $6,00 \pm 1,23$ до $12,4 \pm 1,04$ %, среднее значение $10,2 \pm 3,64$ % (рис. 3). В остальные годы наблюдений содержание липидов было ниже 10 %, самое низкое количество липидов было обнаружено у рыб в 2020 г. (среднее значение составляло $7,57 \pm 4,81$ %).

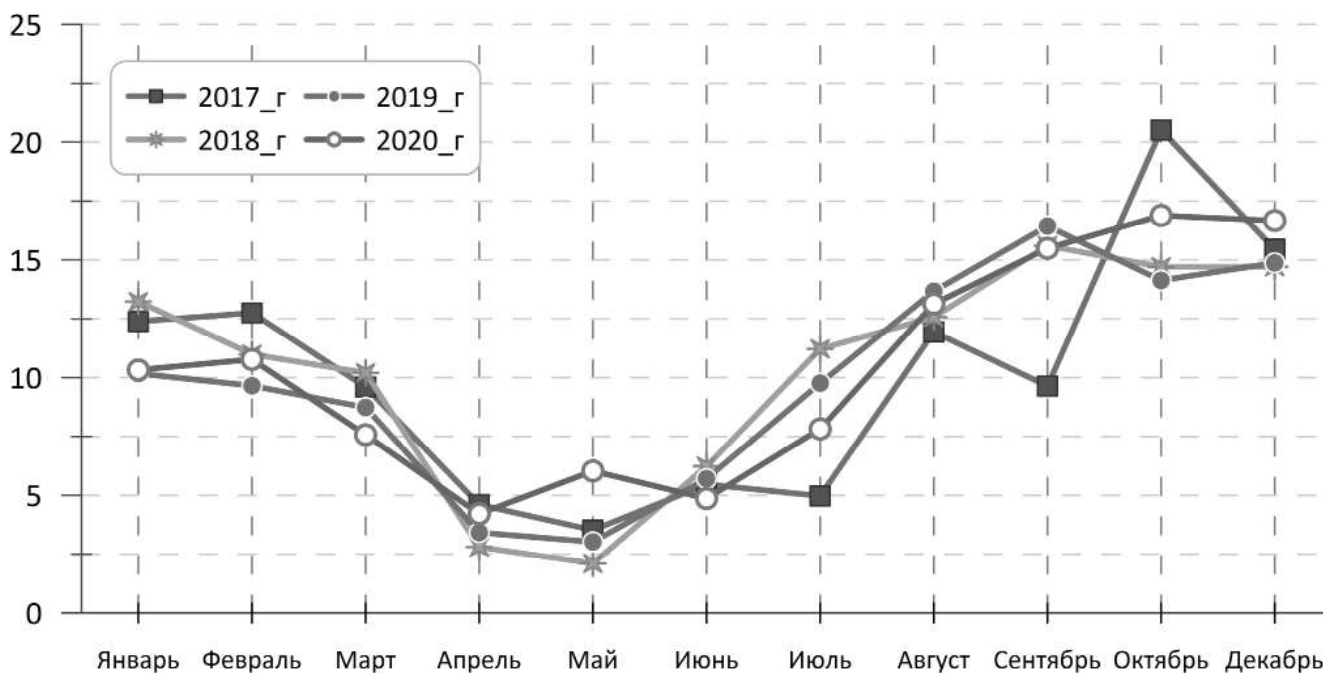


Рис. 3. Динамика сезонных изменений накопления общих липидов в теле хамсы размером от 76 до 100 мм в период 2017–2020 гг., % (на сырое вещество)

В период преднерестового нагула (со второй половины марта до конца июня) наблюдается уменьшение жировых запасов в теле хамсы, как следствие их мобилизация, направленная на линейный рост рыб и созревание половых продуктов у производителей, несмотря на то, что в данный период хамса начинает интенсивно питаться и, соответственно, осуществляется пополнение запасных жировых «депо» энергопластическими веществами, поступающими с пищей. Количество липидов у основной массы рыб репродуктивного возраста в данный период может опускаться до уровня 2–5 % (так называемый «преднерестовый минимум» жирности). Во второй половине июня, когда линейный рост у рыб начинает замедляться и завершаются процессы формирования гонад, жирность рыб постепенно начинает повышаться.

Анализ данных показал, что содержание липидов в теле производителей хамсы в преднерестовый период 2017–2020 гг. составляло 3–5 %. В 2018 г. количество липидов в теле рыб были ниже уровня среднемноголетних величин, но находилось в пределах референсного диапазона содержания липидов в исследуемый период, который был рассчитан по результатам многолетних исследований.

В нерестовый период (июнь–август), учитывая особенности размножения хамсы (порционно нерестящиеся рыбы), происходит постоянный дисбаланс между мобилизацией и накоплением липидов разнонаправленного характера. Однако, к концу нерестового периода наблюдается положительная динамика в накоплении жировых резервов, необходимых для дальнейших периодов жизненного цикла. В нерестовый период 2017 г. количество липидов в теле хамсы было ниже среднемноголетних показателей, в 2018–2020 гг. на уровне среднемноголетних. Несмотря на разнородность значений, они находились в пределах референсного диапазона содержания липидов для рыб в исследуемый период. Для младшевозрастных особей количество липидов в теле рыб варьировало от $3,20 \pm 0,23$ до $6,66 \pm 1,84$ %, у особей репродуктивного возраста — от $4,29 \pm 0,40$ до $10,01 \pm 2,62$ %, у старшевозрастных рыб — от $5,29 \pm 1,22$ до $10,66 \pm 6,18$ %.

После окончания нереста у хамсы начинается так называемый предмиграционный нагул, который длится в зависимости от гидрологических условий в Азово-Черноморском бассейне до октября, а иногда при благоприятных температурных показателях водной среды и до ноября. В данный период происходит интенсивное накопление энергопластических веществ, которые необходимы для последующих этапов жизненного цикла: совершение миграций к местам зимовки в Черное море, зимовка и подготовка к нересту следующего года. Согласно данным Н.Ф. Тараненко [15] и Г.Е. Шульмана [8], полученным в

1950–1960 гг., для азовской хамсы установлена положительная связь между содержанием жира у рыб родительского стада осенью и урожаем молоди на следующий год.

С августа по октябрь, в зависимости от наличия кормовой базы в местах нагула рыб, наблюдается резкий подъем уровня липидов до 14–20 %. В период осенней миграции и зимовальный период происходит постепенное снижение уровня липидов до 10–12 %. Результаты исследований показали, что наиболее благоприятные условия нагула для азовской хамсы сложились в 2017 г., когда количество липидов у основной части популяции достигало 20 %, а для размерных групп 86–100 мм и >115 мм содержание липидов было выше 20 % и в среднем составляло $22,64 \pm 2,95$ и $20,88 \pm 3,09$ %, соответственно. В 2018–2019 гг. уровень содержания липидов находился на отметке 14–15 %. В 2020 г. содержание липидов в теле хамсы к концу нагульного периода было на 13–16 % выше, чем в предыдущие 2 года, но на 20 % ниже значений 2017 г.

Рассматривая ежегодные данные по уровню содержания липидов в теле хамсы в конце нагульного периода в Азовском море, можно отметить, что четких различий в жирности хамсы из различных мест обитания не прослеживается. Можно предположить, что гидролого-гидрохимические условия нагула и кормность водоема в различные годы наблюдений были неодинаковые.

Следует отметить, что резких различий в содержании липидов у младшевозрастной группы рыб из различных районов Азовского моря во все исследуемые годы не выявлено. У младшевозрастных особей в 2018 и 2020 гг. уровень накопления липидов в теле рыб из всех районов исследования был выше, чем у особей в 2017 и 2019 гг. (рис. 4).

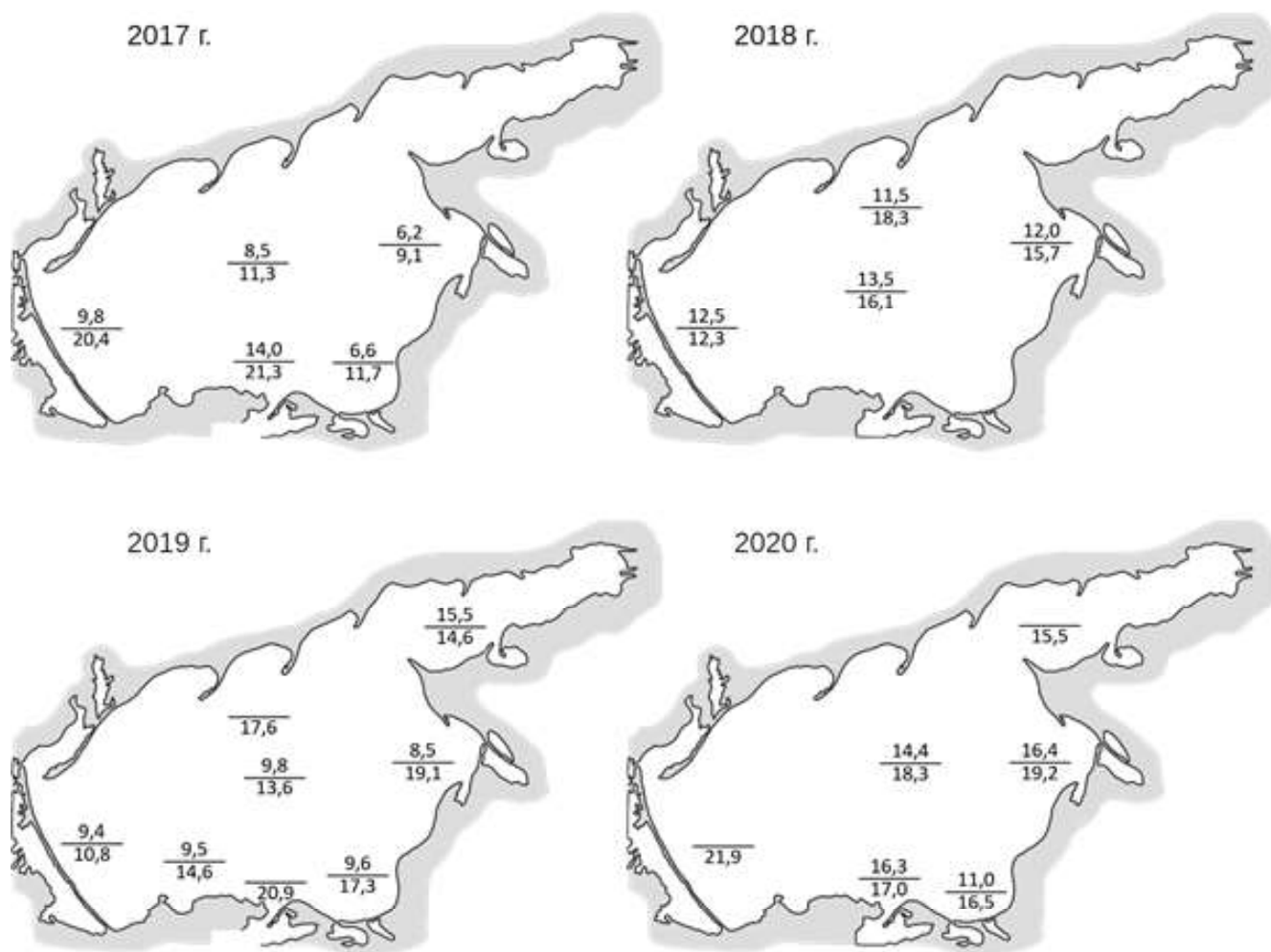


Рис. 4. Содержание общих липидов в теле хамсы из различных районов Азовского моря в конце предмиграционного нагула (сентябрь–октябрь), %. В числителе — значения для рыб <75 мм, в знаменателе — значения для рыб 76–100 мм

В 2017 г. для старшевозрастных особей хамсы наиболее благоприятными для нагула оказались западный и южный районы Азовского моря, количество липидов в теле у рыб из данных районов превышало 20 %. В 2018 г. высокий уровень содержания липидов (от 16 до 18 %) был отмечен для рыб размером 76–100 мм, обитающих на момент вылова в северном, центральном и восточном районах Азовского моря. В 2019 г. наибольшее содержание липидов в теле хамсы было отмечено у рыб из восточного и южного районов Азовского моря. Жирность хамсы из восточного района моря составляла $19,30 \pm 2,55$ %, в южном районе жирность рыб варьировала от $17,37 \pm 0,93$ до $20,90 \pm 1,23$ %.

В 2020 г. количество липидов в теле находилось на высоком уровне у рыб из всех районов обитания в Азовском море, варьируя от $16,55 \pm 0,87$ до $21,90 \pm 2,55$ %. Среднее содержание липидов в теле хамсы из Таганрогского залива составляло $15,50 \pm 3,68$ %.

Анализируя данные по содержанию липидов в теле хамсы в конце нагульного периода за последние 40 лет, можно сказать, что количество липидов в теле хамсы до 1988 г. находилось на уровне 20–28 %. В период с 1988 до 2007 г. содержание липидов в теле рыб постоянно колебалось, варьируя от максимальных до минимальных величин жирности (рис. 5). Начиная с 2007 г., количество липидов в теле хамсы в конце нагульного периода из года в год снижалось: с $19,01 \pm 2,35$ % в 2007 г. до $14,6 \pm 1,48$ % в 2016 г. В 2017 г. вновь наблюдался подъем уровня накопления липидов в теле хамсы в конце предмиграционного нагула до $19,12 \pm 1,37$ %. В последующие три года наблюдений содержание липидов в теле хамсы вновь снизилось до отметки 14–16 %.

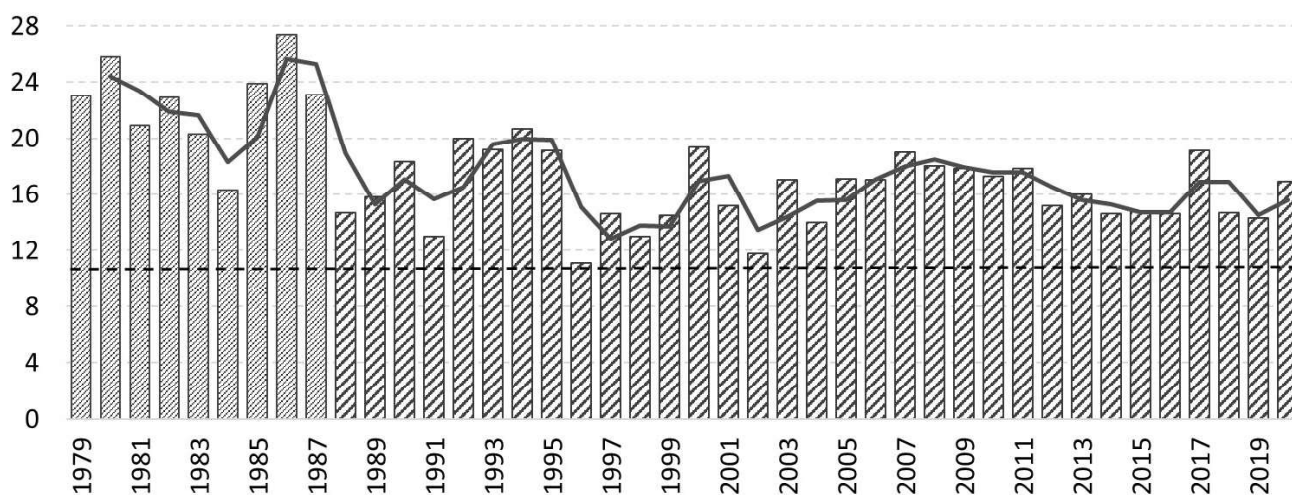


Рис. 5. Многолетняя динамика жирности хамсы в конце нагульного периода, %. Критический уровень накопления липидов в тканях хамсы, характеризующий удовлетворительные условия нагула, — линия тренда

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изучение многолетней динамики накопления общих липидов (жирности) хамсы в различные периоды годового цикла показывает сложную зависимость процесса от возраста, текущих гидрологических, климатических и трофических условий. Максимальные темпы жиронакопления характерны для наиболее продуктивных в воспроизводственном аспекте размерных (возрастных) групп хамсы. Напротив, у молодых и старых рыб жиронакопление происходит существенно медленнее. Эта зависимость прослеживалась на всем периоде наблюдений с 2017 по 2020 г.

В целом, логика количества накопленного в теле жира у хамсы подчиняется целям репродукции, когда максимум содержания общих липидов наблюдается в середине осени — перед началом миграции в Черное море. Затем липиды тратятся на осуществление зимней миграции, созревание половых продуктов. Как результат — минимальное количество жира отмечается перед нерестом. Полученные данные согласуются и с результатами других исследователей [8, 15]. Межгодовые колебания при этом присутствуют, но общий характер динамики жиронакопления в течение года сохраняется.

Изучение влияния географии нагула хамсы в Азовском море не позволило выделить четкие особенности жиронакопления в зависимости от места ее вылова, что может быть следствием активной миграции рыб по всему водоему в поисках корма. Различия больше касаются возраста изученных рыб.

Анализ многолетних данных, описывающих качество нагула хамсы с 1979 г. по настоящее время, показывает, что в исторический период до вселения в 1987 г. в Азово-Черноморский бассейн мнемнопсиса *Mnemiopsis leidyi* содержание общих липидов в теле рыб было на 30–40 % больше, чем в более поздние годы. Таким образом, мнемнопсис оказался определяющим фактором, повлиявшим на качество нагула хамсы в Азовском море. Анализ общего тренда жиронакопления у хамсы в период с 1988 по 2020 г. показывает постепенное снижение данного показателя и указывает на постепенное возрастание прессинга экологических факторов на популяцию рыб.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зуев Г.В., Гуцал К.Д., Мельникова Е.Б., Бондарев В.А. К вопросу о внутривидовой неоднородности зимующей у побережья Крыма хамсы // Современные проблемы экологии Азово-Черноморского региона : матер. III Междунар. конф. (Керчь, 10–11 октября 2007 г.). Керчь: Изд-во ЮгНИРО, 2008. С. 140.
2. Дбар Р.С., Гамахария П.Д. Многолетняя динамика промысла и размерно-возрастной структуры уловов хамсы (*Engraulis encrasicolus*) зимующей у берегов Абхазии // Биологическое разнообразие: изучение, сохранение, восстановление, рациональное использование : матер. II Междунар. науч.-практич. конф. (Керчь, 27–30 мая 2020 г.). Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2020. С. 298–303.
3. Световидов А.Н. Рыбы Черного моря. М.: Наука, 1964. С. 550.
4. Васильева Е.Д., Лужняк В.А. Рыбы бассейна Азовского моря и нижнего течения рек Азовского бассейна. Ростов-н/Д.: Изд-во ЮНЦ РАН, 2013. С. 272.
5. Гришин А.Н. Особенности формирования зимовальных скоплений хамсы (*Engraulis encrasicolus*) у восточного побережья Крыма // Морський екологічний журнал. 2014. № 1. Т. XIII. С. 9–16.
6. Motos L. Reproductive biology and fecundity of the Bay of Biscay anchovy population (*Engraulis encrasicolus* L.) // The European anchovy and its environment. 2. 1996. P. 195–207.
7. Будниченко Э.В., Фирулина А.В. Условия нагула хамсы и тюльки в Азовском море в 1992–1997 гг. // Труды ЮгНИРО. 1998. Т. 44. С. 30–62.
8. Шульман Г.Е. Физиолого-биохимические особенности годовых циклов рыб. М.: Пищевая промышленность, 1972. С. 368.
9. Матишов Г.Г., Григоренко К.С., Московец А.Ю. Механизмы осолонения Таганрогского залива в условиях экстремально низкого стока Дона // Наука юга России. 2017. Т. 13. № 1. С. 35–43.
10. Александрова З.В., Баскакова Т.Е. Гипоксия и ее некоторые экологические последствия в Азовском море // Вопросы рыболовства. 2013. Т. 14. № 4. С. 599–616.
11. Мирзоян З.А., Сафронова Л.М., Афанасьев Д.Ф. и др. Особенности развития биологических сообществ и кормовой базы планктоноядных и бентосоядных рыб в условиях осолонения Азовского моря (2007–2014) // Матер. Междунар. науч. конф. : Вопросы сохранения биоразнообразия водных объектов. Ростов н/Д.: Изд-во АзНИИРХ, 2015. С. 237–243.
12. Надолинский В.П., Надолинский Р.В. Изменения в видовом составе и численности ихтиопланктона Азовского и северо-восточной части Черного моря за период 2006–2017 гг. под воздействием природных и антропогенных факторов // Водные биоресурсы и среда обитания. 2018. Т. 1. № 1. С. 51–66.
13. Юнева Т.В., Никольский В.Н., Булли Л.И. Азовская хамса *Engraulis encrasicolus maeoticus* (Engraulidae) в период осолонения Азовского моря в 2014–2018 гг. // Вопросы ихтиологии. 2020. Т. 60. № 6. С. 729–735.
14. ГОСТ 7636-85. Рыба, морские млекопитающие, морские беспозвоночные и продукты их переработки. Методы анализа // Рыба и рыбные продукты. Методы анализа, маркировка, упаковка : сб. ГОСТов. М.: Стандартинформ, 2010. С. 36–121.
15. Тараненко Н.Ф. Уровень жировых запасов в теле азовской хамсы как показатель воспроизводительных свойств стада и сроков миграции // Труды АзЧерНИРО. 1964. Вып. 22. С. 137–147.

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПОПУЛЯЦИИ ЛЕЩА ВЕСЕЛОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА В СОВРЕМЕННЫЙ ПЕРИОД

Е. Е. Чубова, Е. М. Саенко, Г. В. Головко

*Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»),
Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»), Ростов-на-Дону
E-mail: chubova_e_e@azniirkh.ru*

Аннотация. В статье дается анализ экспедиционных данных за 2012–2020 гг. и литературных материалов о состоянии популяции леща (*Abramis brama*) Веселовского водохранилища Ростовской области в современных абиотических и биотических условиях. В современный период (2012–2020 гг.) в возрастной структуре популяции леща преобладают 6-летки, старшие возрастные группы отмечаются в незначительном количестве. Возрастной состав варьирует в зависимости от урожайности поколений. Абсолютная плодовитость самок в среднем составляет 96,8 тыс. шт. Промысловые запасы вида находятся в относительно стабильном состоянии на фоне межгодовых флуктуаций численности и биомассы, что свидетельствует об удовлетворительном состоянии популяции леща Веселовского водохранилища в современный период, а промысловый запас в ближайшие годы прогнозируется на уровне 162–165 т.

Ключевые слова: Веселовское водохранилище, лещ, популяция, возрастные группы, промысел, промысловый запас, вылов

ASSESSMENT OF THE BREAM POPULATION IN THE VESELOVSKY RESERVOIR AT THE PRESENT TIME

E. E. Chubova, E. M. Saenko, G. V. Golovko

*Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography FSBSI “VNIRO”,
Azov-Black Sea Branch of the FSBSI “VNIRO” (“AzNIIRKH”), Rostov-on-Don
E-mail: chubova_e_e@azniirkh.ru*

Abstract. This paper presents the analysis of the field data collected in 2012–2020 and the academic sources concerning the population status of common bream (*Abramis brama*) in the Veselovsky Reservoir (Rostov Region) under current biotic and abiotic conditions. In the recent period (2012–2020), 6-yearlings prevail in the age composition of the bream population; older age groups are recorded in small number. The age composition varies depending on the productivity of a generation. Absolute fecundity of the females, on average, is 96.8 thousand eggs. Fishing stocks of this species are relatively stable despite inter-annual fluctuations of its abundance and biomass, which indicates that, at present, the bream population in the Veselovsky Reservoir is in a satisfactory condition; its fishing stocks in the coming years are predicted to be at the level of 162–165 t.

Keywords: Veselovsky Reservoir, bream, population, age groups, fishing, fishing stock, catch

ВВЕДЕНИЕ

Зарегулирование рек, загрязнение воды и донных отложений, маловодность водоемов, сокращение нерестовых площадей оказывают негативное воздействие на водные биоресурсы. На состояние промысловых гидробионтов также большое влияние оказывает нерациональный промысел. В условиях роста

антропогенной нагрузки на пресноводные водоемы популяции многих видов рыб имеют тенденцию к сокращению численности и биомассы и, в первую очередь, промысловых популяций.

Веселовское водохранилище создано в 1935 г. на р. Западный Маныч. Расположено в достаточно благоприятных почвенно-климатических условиях. Географические и гидролого-гидрохимические условия водохранилища определяют видовой состав ихтиофауны. Преобладающее большинство обитающих видов рыб являются представителями лимнологического комплекса с преобладанием бентосоядных видов. Из порядка 30 видов рыб, обитающих в Веселовском водохранилище, основными промысловыми видами являются густера, карась, лещ, судак, тарань, белый и пестрый толстолобики. Одним из наиболее массовых видов является лещ (*Abramis brama*) [1, 2].

Лещ — пресноводная озерно-речная рыба. Различают две биологические группы леща: полупроходная и пресноводная, образующие жилую форму в разных водоемах. Обе группы встречаются почти во всех реках за исключением небольших быстрых каменистых малых рек и во многих больших заливных озерах, водохранилищах, особенно многочисленен на взморье, в устьях больших рек [3]. По характеру питания взрослый лещ является бентофагом. Лещ — осторожная, пугливая рыба, не очень подвижная, в водоеме преимущественно находится в тихих и относительно глубоких местах, периодически выходит на мелководные участки.

В современный период (2012–2020 гг.) лещ является одним из самых массовых видов естественного нереста, встречающихся во всех водохранилищах Манычского каскада. В связи с этим, оценка состояния промыслового стада, численности, биомассы и распределения по водоему является актуальным и требует регулярных исследований.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом для работы послужили результаты учетных съемок по оценке состояния популяции леща Веселовского водохранилища, выполненные в период с апреля по конец августа 2012–2020 гг., использовались фондовые материалы полевых исследований Азово-Черноморского филиала «ВНИРО» («АзНИИРХ») и официальные статистические данные о вылове леща, представленные Азово-Черноморским территориальным управлением Росрыболовства за период 2012–2020 гг.

В качестве орудий лова использовались закидные невода, ставные одностенные сети длиной 75 м, ячеей от 20 до 100 мм и мальковая волокуша с минимальной ячеей 6,5 мм. Коэффициент уловистости закидными неводами был принят 0,5, одностенной жаберной сети — 0,2 [4], мальковой волокуши — 0,13 [5]. При изменении натяжения нитей полотна и оснастки абсолютная уловистость одностенных жаберных сетей — величина постоянная.

В каждом улове определялись: видовой состав, общая масса, размерно-массовая характеристика и процентное соотношение рыб различных видов.

Состав ихтиофауны определялся в соответствии с «Атласом пресноводных рыб России» [6]. У рыб определяли длину, массу, возраст по общепринятым методикам [7]. Исследованных рыб распределяли по размерным, весовым, возрастным группам в соответствии с данными ихтиологического анализа, что позволило определить возрастную и размерно-массовую структуру популяций рыб в водоеме.

Плодовитость леща определяли традиционным способом — путем подсчета количества икринок в навеске с последующим пересчетом на массу гонад каждой самки.

Трофологический материал из уловов собирали, исследовали и осуществляли цифровую обработку полученных данных согласно существующей методике [8]. Пищевой комок каждой особи просушивали на фильтровальной бумаге, взвешивали, просматривали под бинокулярным микроскопом целиком (определяли, измеряли и подсчитывали все организмы).

Общий объем собранного и проанализированного материала за период исследований составил 5055 экз. леща.

Статистическую обработку данных осуществляли биометрическими методами с использованием программного пакета Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Лещ ведет стайный образ жизни, который более характерен для молодежи, чем для взрослых особей. Половозрелые особи обычно держатся небольшими стаями либо же встречаются одиночно. Молодь чаще держится в прибрежной полосе с негустой растительностью, рыбы больших размеров предпочитают более глубокие участки. Количество особей в стае и их плотность зависят от возраста леща и времени года.

Продолжительность жизни леща в водоемах юга России составляет 12–14 лет, максимальная — 20 лет. Длина тела — 25–45 см, масса — 0,5–1,5 кг, но длина рыб может достигать 75–80 см и масса 6–9 кг.

В Веселовском водохранилище формирование популяции леща началось с момента опреснения водоема за счет пересадки 3,5 тыс. шт. производителей и 60,7 тыс. шт. молоди из р. Дон [9]. В 80-х гг. прошлого века стадо леща состояло из 17 возрастных групп. В уловах преобладали особи в 4–6-годовалом возрасте. В связи с постоянным пополнением стада новыми поколениями и большой численностью молоди средний возраст леща в уловах был небольшим, изменяясь от 4 до 5 лет [1].

В современный период (2019–2020 гг.) лещ в уловах представлен рыбами длиной 13,0–40,0 см, массой 0,07–1,25 кг. Популяция леща Веселовского водохранилища представлена 6 возрастными группами. Основу промысловых уловов составляли 3–5-годовики. Старшие возрастные группы составляли 1–3 %. Облавливаемая часть популяции леща сформирована 2–7-летками с преобладанием 6-леток (45,5 %). При сравнении с аналогичными показателями конца 1990-х гг., в 2019–2020 гг. наблюдается тенденция к омоложению популяции. Значительное преобладание в уловах младших возрастных групп объясняется весьма эффективным нерестом, за счет чего молодь и резерв составляют основу стада. Структура облавливаемой части популяции леща представлена на рис. 1.

Лещ начинает созревать в 3-годовалом возрасте при длине 17 см. Нерест длится с середины апреля до начала июля. Обычно наиболее интенсивный нерест отмечается с конца мая по первую половину июня. Нерестится лещ при температуре воды 16 °С в балках Житкова, Капустина, Грекова на глубине до 1,5 м на прошлогоднюю и вегетирующую водную растительность. Икру откладывает на залитую водой растительность на глубине 20–100 см, чаще 40–60 см.

Плодовитость леща имеет прямую связь с количеством порций икры. Самки выметывают от 68 до 390 тыс. икринок. Количество икринок первой порции в среднем в 2 раза больше, чем второй, и в 3 раза



Рис. 1. Возрастной состав облавливаемой части популяции леща Веселовского водохранилища в современный период, %

больше, чем третьей. Плодовитость самок леща определяется возрастом самок, длиной и массой тела. Абсолютная плодовитость самок варьирует от 13,6 до 380,3 тыс. шт., в среднем составляя 136,2 тыс. шт.

После выклева молодь по август держится в прибрежной мелководной зоне в зарослях растительности, на участках с обилием кормовых организмов. Со снижением температуры воды до 19–21 °С молодь перемещается в центральную более глубокую часть водоема. В прибрежной зоне численность молоди не превышает 20 % общей численности ихтиофауны. Длина сеголетков варьирует в пределах 4,8–11,2 см (в среднем 10,0 см), масса — от 1,44 до 5,25 г (в среднем 3,40 г).

По литературным данным предпочтительными объектами питания леща в водохранилищах являются высшие ракообразные, заменяющей пищей — личинки хирономид, моллюски, растительность, детрит и зоопланктон. Наиболее интенсивно лещ питается в летние месяцы. В это время у него стремительно повышается упитанность. Осенью лещ прекращает питаться и залегает на зиму в ямы [3].

Исследования спектра питания леща Веселовского водохранилища показали соответствие с литературными данными. По нашим наблюдениям в Веселовском водохранилище лещ в качестве пищевых объектов использует заменяющую пищу, предпочитая хирономид, дрейссену и детрит. Средние значения коэффициента упитанности и степень ожирения внутренностей леща составляют 2,1 единицы и 1,8 балла при варьировании в пределах 1,6–2,8 единиц и 0–4 балла. Степень наполнения желудочно-кишечных трактов — 0–5 баллов при среднем значении 1,7 балла.

Таким образом, по размерно-массовым и другим биологическим характеристикам состояние популяции леща Веселовского водохранилища в современный период оценивается как удовлетворительное.

Начиная с 2012 г., отмечался рост численности и биомассы популяции леща в водоеме (рис. 2). Промысловый запас леща возрос с 83,8 в 2013 г. до 237,1 т в 2016 г., что было обусловлено вступлением в промысел высокоурожайных поколений 2010–2012 гг. В период 2017–2018 гг. промысловый запас сократился на 17 % до 197,1–197,2 т, а в 2019 г. снизился до 108,7 т, что было связано со вступлением в промысел среднеурожайного поколения 2013 и низкоурожайного 2014 гг. В 2020 г. отмечено увеличение величины запаса до 162,1 т за счет вступления в промысел части урожайного поколения 2016 г., которое в 2021 г. полностью участвовало в промысле.

Лещ в уловах в Веселовском водохранилище встречается с 1935 г. (рис. 3). Вылов велся нерегулярно. Наиболее высокие показатели по добыче леща были отмечены в период 1959–1968 гг. С 1969 г. наблюдалось снижение вылова леща.

По данным промысловой статистики годовой вылов леща в период 2013–2020 гг. имел тенденцию роста и варьировал от 17,3 до 99,5 т (рис. 4).

В 2013–2014 гг. был вылов леща Веселовского водохранилища был на сравнительно низком уровне и составлял 17,3–24,9 т. В 2015 г. разрешение на промысел леща не получила ни одна рыбодобывающая

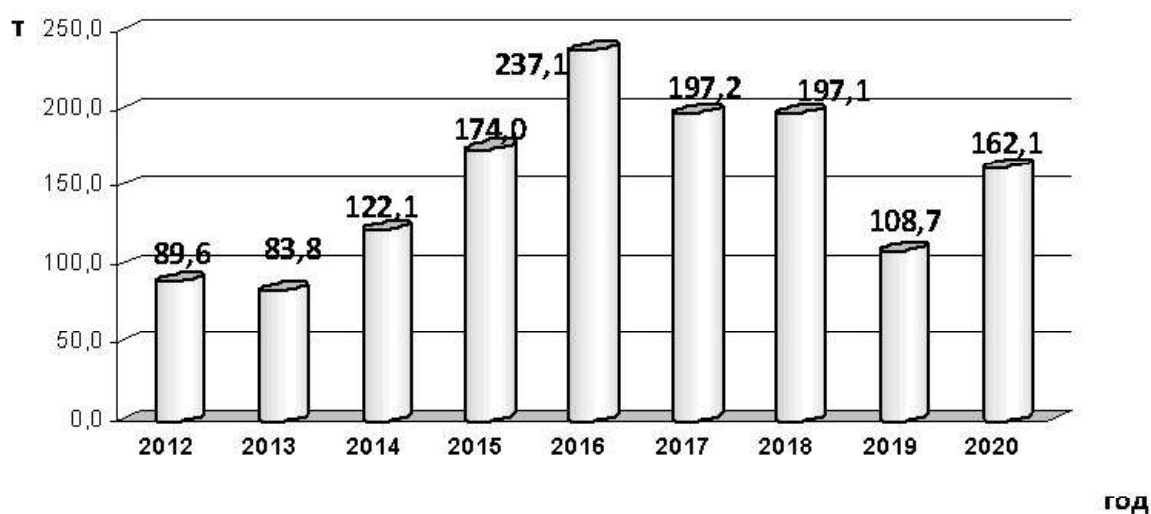


Рис. 2. Динамика промыслового запаса леща в Веселовском водохранилище в 2012–2020 гг., т

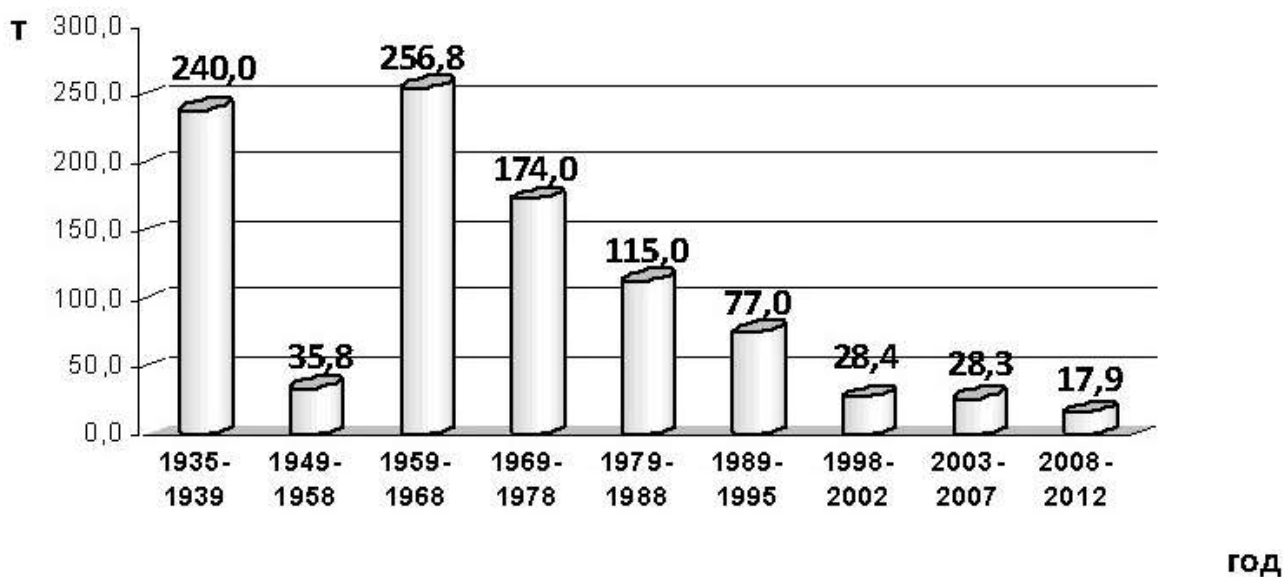


Рис. 3. Динамика вылова леща Веселовского водохранилища в 1935–2012 гг., т

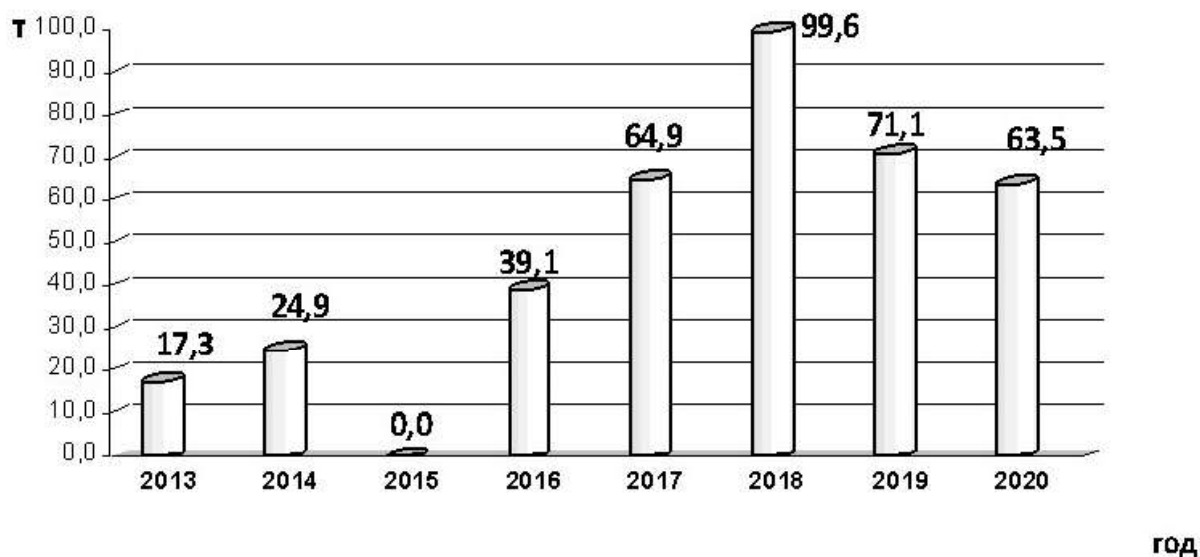


Рис. 4. Динамика вылова леща в Веселовском водохранилище в 2012–2020 гг., т

организация, проводился только научный лов. В 2016 г. было добыто 39,1 т (68,9 % рекомендованного вылова). В 2013–2020 гг. вылов отмечался на уровне 64,9–99,6 т.

По результатам исследований 2019–2020 гг. состояние популяции леща оценивается как благополучное. Расчетные данные численности промысловой части леща в период 2019–2020 гг. составили 4,43 и 5,58 млн экз., что на 18–48 % выше показателей 2018 г.

В последние годы (2019–2020 гг.) отмечается рост численности и биомассы промысловой части популяции леща Веселовского водохранилища. В 2021 г. промысловый запас составил 137,1 т. Промысловая часть популяции леща Веселовского водохранилища была представлена поколениями 2013–2018 гг. численностью 248,9 тыс. экз. Группа пополнения промыслового запаса оценивается в 620,7 тыс. экз., из которой к началу 2022 г. промыслового размера достигнет 61,9 % общей численности промыслового стада. Согласно расчетным данным, в последующие годы ожидается увеличение промыслового запаса леща Веселовского водохранилища до 162–165 т.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты исследований 2012–2020 гг. показали, что в современных экологических условиях популяция леща Веселовского водохранилища по размерно-массовым и другим биологическим характеристикам находится в стабильном состоянии. Возрастной состав варьирует в зависимости от урожайности поколений. Промысловые запасы вида по сравнению с 2012 г. в последние годы возросли, и в настоящее время находятся в относительно стабильном состоянии на фоне межгодовых флуктуаций численности и биомассы. Все это свидетельствует об удовлетворительном состоянии популяции леща Веселовского водохранилища в современный период. Промысловый запас леща имеет тенденцию к росту и в ближайшие годы прогнозируется на уровне 162–165 т.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дахно В.Д. Биологические основы интенсивного рыбного хозяйства на водохранилищах с повышенной минерализацией : на примере Веселовского и Пролетарского водохранилищ : автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. биол. наук (03.00.10). Л., 1987. 22 с.
2. Витковский А.З. Современное состояние ихтиофауны водохранилищ Манычского каскада : автореф. дисс. на соиск. уч. степ. канд. биол. наук. Ставрополь, 2000. 24 с.
3. Троицкий С.К., Цуникова Е.П. Рыбы бассейнов Нижнего Дона и Кубани // Руководство по определению видов. Ростов н/Д.: Кн. изд-во, 1988. 112 с.
4. Методические указания по оценке численности рыб в пресноводных водоемах. М.: Изд-во ВНИИПРХ, 1986. 50 с.
5. Тюрин П.В. Биологические обоснования регулирования рыболовства на внутренних водоемах / Учебник. М.: Институт рыбного хозяйства, 1963. 122 с.
6. Атлас пресноводных рыб России: в 2 т. / Под ред. Ю.С. Решетникова. М.: Наука, 2003. Т. 1. 379 с.
7. Никольский Г.В. Частная ихтиология / Г. В. Никольский. М.: Высш. школа, 1971. 471 с.
8. Методическое пособие по изучению питания и пищевых отношений рыб в естественных условиях. М.: Наука, 1974. 254 с.
9. Круглова В.М. Веселовское водохранилище. Формирование флоры и фауны и пути развития рыбопродуктивности. Ростов-н/Д.: Изд-во Ростовского университета, 1962. 116 с.

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ПОПУЛЯЦИИ СУДАКА *SANDER LUCIOPERCA* (LINNAEUS, 1758) ЧОГРАЙСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА (2015–2020 ГГ.)

Г. И. Карнаухов

*Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»),
Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»), Ростов-на-Дону
E-mail: karnaukhov_g_i@azniirkh.ru*

Аннотация. Проанализирована динамика скорости линейного роста судака в Чограйском водохранилище. Фактические оценки средней длины по возрастам аппроксимированы уравнением линейного роста Берталанфи. Рассчитаны объединенные размерно-возрастные ключи за период 2015–2020 гг. и показаны особенности и различия в изменении средней длины особей по возрастам. Значение асимптотической длины судака L_{∞} по годам меняется от $73,5,0 \pm 6,12$ (2017 г.) до $78,5 \pm 6,0$ (2019 г.). Коэффициенты корреляции между величинами L_{∞} и L_t во всех случаях изменялись от 0,385 до 0,823 и были достоверны на высоком уровне значимости ($p > 0,01$). Сделан вывод о необходимости учитывать особенности линейного роста судака при определении промысловой численности и рациональном ведении промысла.

Ключевые слова: Чограйское водохранилище, судак, длина, скорость роста, линейный рост, регрессионный анализ, численность популяции

ANALYSIS OF THE STATUS OF ZANDER *SANDER LUCIOPERCA* (LINNAEUS, 1758) POPULATION IN THE CHOGRAY RESERVOIR (2015–2020)

G. I. Karnaukhov

*Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (FSBSI “VNIRO”),
Azov-Black Sea Branch of the FSBSI “VNIRO” (“AzNIIRKH”), Rostov-on-Don
E-mail: karnaukhov_g_i@azniirkh.ru*

Abstract. Dynamics of the zander linear growth rate in the Chogray Reservoir has been analyzed. Actual estimates for the average length by age have been approximated by the von Bertalanffy growth equation. Joint size and age-length keys have been calculated for the years 2015–2020, and the distinctions and differences in the changes in the average body length of the individuals in relation to their age are presented. From year to year, zander asymptotic length L_{∞} changes from $73.5.0 \pm 6.12$ (2017) to 78.5 ± 6.0 (2019). Correlation coefficients between L_{∞} and L_t values changed from 0.385 до 0.823 in all cases and were significant at the high level of significance ($p > 0.01$). It was concluded that the particularities of zander linear growth should be taken into account during assessment of fishing stocks and in rational fishery management.

Keywords: Chogray Reservoir, zander, length, growth rate, linear growth, regression analysis, population abundance

ВВЕДЕНИЕ

Экосистема Чограйского водохранилища функционирует в условиях замедленного водообмена и интенсивного его регулирования. В связи с этим, особую роль приобретают работы, направленные на мониторинг состояния водных биологических ресурсов.

Несмотря на относительно длительный период исследований ихтиофауны Чограйского водохранилища [1–5], работы, посвященные одному из ценных объектов промысла — судаку и особенностям его роста, отсутствуют.

Изучение особенностей роста судака имеет определенное научное и практическое значение. Оценка ростовых показателей промысловых рыб в водоеме позволяет моделировать динамику численности с последующим прогнозированием промысловых запасов.

Хищные виды рыб, находясь на верхнем трофическом уровне, наиболее объективно показывают изменения в экосистеме. Данные изменения происходят как на организменном, так и на популяционном уровнях. Судак *Sander lucioperca* (Linnaeus, 1758) как амфибореальный вид, широко распространен в водоемах Юга России. В самом крупном водохранилище Ставропольского края и Республики Калмыкия — Чограйском, этот вид относится к аборигенным, обитающим в р. Восточный Маныч. Судак по классификации МСОП относится к группе LC, т. е. не вызывающий опасения. В Чограйском водохранилище популяция судака никогда не отличалась высокой численностью, однако, благодаря его высокой экологической пластичности, после создания водохранилища в 1969 г. численность судака значительно увеличилась, и он стал привлекательным объектом промысла.

На формирование запасов и колебание численности судака оказывают влияние различные факторы внешней среды, связанные с особенностями гидрологического режима Чограйского водохранилища. Формирование численности судака происходит в условиях значительных колебаний уровня воды в водохранилище.

Целью работы является оценка запасов и линейного роста судака в Чограйском водохранилище.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования популяции судака в Чограйском водохранилище проводились в период 2015–2020 гг.

Ихтиологический материал отбирали и обрабатывали по общепринятым методикам [6, 7]. Лов рыбы проводили закидным неводом и ставными сетями. В общей сложности проанализировано 306 экз. разновозрастных особей судака.

Для количественной оценки параметров роста судака использовалось уравнение линейного роста Берталанфи [8]:

$$L_t = L_{\infty} (1 - e^{-K(t-t_0)}),$$

где:

L_t — длина рыбы во время t ;

L_{∞} — средняя предельная длина рыбы;

K — константа, характеризующая скорость роста;

t — возраст рыбы;

t_0 — константа, указывающая на время, когда длины рыбы была равна 0.

В рекуррентной форме данное уравнение имеет линейный вид:

$$L_{t+1} = a + b \cdot L_t.$$

Коэффициенты линейного уравнения находили с использованием пакета программ EXEL 10. Параметры уравнения Берталанфи определяли как $b = e^{-K}$, $L_{\infty} = a / (1 - e^{-K})$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Судак в Чограйском водохранилище является одним из основных представителей хищных рыб. Поскольку ареал судака совпадает с распределением других промысловых видов, то промысел в Чограйском водохранилище является многовидовым. Уловы судака подвержены значительным межгодовым колебаниям. За последние десятилетия, когда экосистема водохранилища испытывала дестабилизирующее влияние, его численность существенно снизилась (табл. 1).

С 2015 г. объем воды в Чограйском водохранилище постоянно снижался с 420 до 127 млн м³. Особенно неблагоприятные условия по обеспечению водой Чограйского водохранилища сложились в 2019–2020 гг.

Маловодье Чограйского водохранилища связано с тем, что весной 2019 г. сложилась аварийная ситуация на гидротехнических сооружениях водоподающего канала, которая привела практически к полному прекращению подачи воды, и, как следствие, к значительному снижению уровня и объема воды в водоеме. Несмотря на то, что уровень естественного воспроизводства и смертности находятся в относительном равновесии, в 2019 г. была отмечена тенденция на снижение промысловой численности. Анализ состояния популяции судака показал, что между объемом воды в водохранилище и численностью промысловой части имеется прямая зависимость (рис. 1).

Таблица 1. Промысловый запас и фактический вылов судака в Чограйском водохранилище, т

Показатели	Год								
	2003	2005	2010	2012	2015	2017	2018	2019	2020
Промысловый запас	150,0	105,4	54,5	50,0	46,2	40,8	52,3	57,5	46,2
Фактический вылов	10,2	7,6	9,7	8,2	8,8	3,7	6,8	5,9	3,9

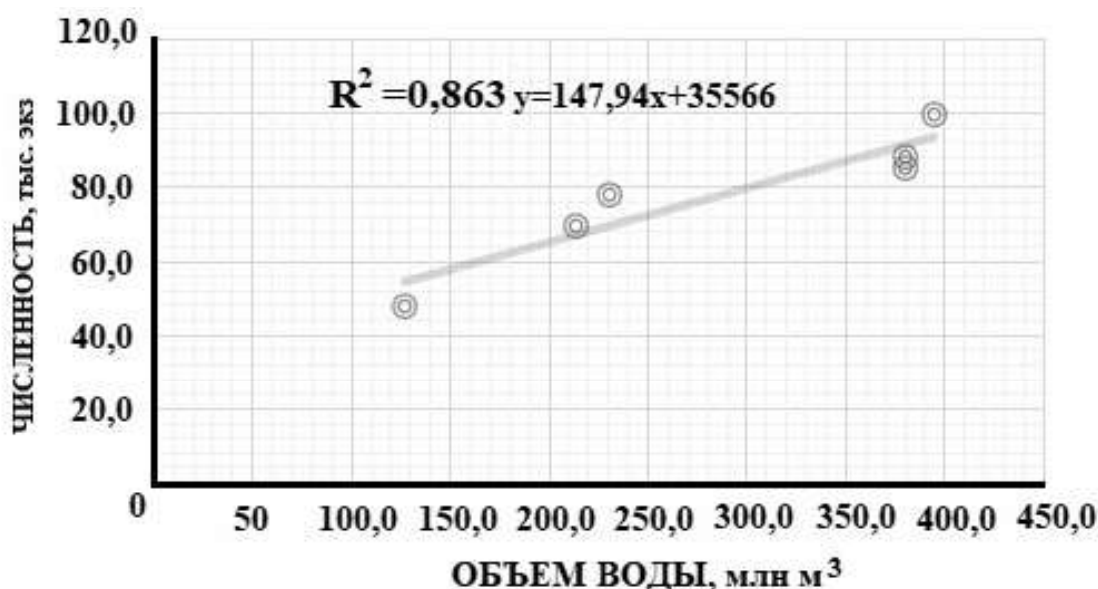


Рис. 1. Изменение численности судака в зависимости от объема воды в Чограйском водохранилище

R^2 — коэффициент детерминации — 0,863, или 86,3 %. Это означает, что расчетные параметры модели на 75,5 % объясняют зависимость между численностью судака и объемом воды в водоеме.

Коэффициент 35566 показывает, какой будет численность судака, если все переменные в рассматриваемой модели будут равны 0, т. е. на значение анализируемого параметра влияют и другие факторы, не описанные в модели. Коэффициент 147,94 показывает весомость переменной X (объем воды) на Y (численность судака). Таким образом, объем воды в Чограйском водохранилище в пределах данной модели влияет на численность судака с весом 147,94 (большая степень влияния).

В контрольных уловах длина судака колебалась от 18,0 до 54,2 см. Средние размеры промысловой длины судака были от $36,3 \pm 5,75$ до $38,6 \pm 6,03$ см, т. е. в контрольных уловах рыба была представлена особями мелких размеров (табл. 2).

Возраст судака в контрольных уловах в 2015–2020 гг. колебался от 1 до 10 лет, однако рыбы старше 7 лет встречались единично. Основу уловов составляли молодые рыбы в возрасте 3–5 лет средней

длиной $30,5 \pm 1,13$ см и массой $355,6 \pm 29,71$ г. По сравнению с 2015 в 2020 г. сократилось количество рыб старших возрастных групп (6–9 лет) с 36,7 до 28,3 %.

Судак в Чограйском водохранилище достигает половой зрелости в возрасте от 3 до 4 лет. Массовое созревание самцов наступает в 3-летнем возрасте. Самки обычно созревают на год позже, чем самцы.

Коэффициенты вариации длины тела судака для различных возрастных групп относительно стабильные и находятся в пределах 1,9–2,9 %. Наибольший разброс по длине имеют рыбы в возрасте 3–5 лет. Максимальные годовые приросты отмечаются у рыб младших возрастных групп. Длина тела судака различного возраста представлена в табл. 3.

В целом, рост судака не подвержен значительной изменчивости, однако, на протяжении жизни наблюдаются периоды относительно быстрого и медленного роста. Линейный рост судака в различные годы выглядит сходно и разброс в длине тела для возрастных групп невелик. Прежде всего, это связано с тем, что данный вид относится к длинноцикловым рыбам, которым присуще достаточно инерционная система, поэтому изменения в росте будут происходить замедленно и займут продолжительное время.

Для сравнения линейного роста судака в 2015–2020 гг. в качестве реперного значения были использованы данные, полученные в 2003 г. В этот год отмечены максимальные численность и уловы судака в водохранилище. Линейный рост судака за исследованный период в сравнении с реперным приведен на рис. 2.

Линейный рост является одним из количественных показателей развития рыб, и оценка этого параметра в естественных условиях имеет особое значение при изучении динамики численности и разработке мероприятий по их рациональному использованию.

Основой для оценки параметров уравнений роста Берталанфи служили данные, представленные в табл. 3. Параметры линейных уравнений $L_{t+1} = a + b \cdot L_t$ позволили определить L_{∞} и K и описать рост судака уравнением Берталанфи (табл. 4).

Таблица 2. Размерный состав контрольных уловов судака в Чограйском водохранилище в период 2015–2020 гг.

Год	$M \pm m$	Колебания длины, см	C_v , %	Всего рыб, экз.	Количество самок, экз.	Количество самцов, экз.
2015	$38,6 \pm 6,03$	$19,2 \div 54,2$	2,8	62	30	32
2016	$37,2 \pm 5,63$	$22,4 \div 51,8$	2,6	55	25	30
2017	$36,3 \pm 5,75$	$21,0 \div 52,0$	2,0	50	21	29
2018	$36,7 \pm 5,53$	$18,0 \div 53,1$	2,3	41	19	22
2019	$36,9 \pm 5,23$	$22,4 \div 53,6$	2,4	54	25	29
2020	$36,8 \pm 5,48$	$21,3 \div 53,0$	1,9	44	21	23

Таблица 3. Средняя длина судака различного возраста в Чограйском водохранилище в период 2015–2020 гг., см

Год	Кол-во рыб, экз.	Возраст, годы							
		2	3	4	5	6	7	8	9
2015	62	$21,4 \pm 0,49$	$27,3 \pm 0,41$	$30,8 \pm 0,21$	$34,0 \pm 0,28$	$38,4 \pm 0,57$	$43,3 \pm 0,25$	$47,7 \pm 0,28$	$51,1 \pm 0,49$
2016	55	$23,6 \pm 0,52$	$27,7 \pm 0,33$	$30,5 \pm 0,2$	$33,4 \pm 0,36$	$38,9 \pm 0,36$	$43,3 \pm 0,4$	$48,2 \pm 0,68$	$50,7 \pm 1,1$
2017	50	$21,6 \pm 0,34$	$25,9 \pm 0,21$	$30,8 \pm 0,18$	$33,8 \pm 0,45$	$36,8 \pm 0,19$	$42,2 \pm 0,27$	$47,8 \pm 0,3$	$51,4 \pm 0,43$
2018	41	$22,4 \pm 0,74$	$26,5 \pm 0,14$	$30,9 \pm 0,23$	$34,2 \pm 0,21$	$37,3 \pm 0,27$	$41,5 \pm 0,31$	$48,1 \pm 0,31$	$52,6 \pm 0,29$
2019	54	$22,8 \pm 0,36$	$27,6 \pm 0,39$	$31,1 \pm 0,17$	$34,6 \pm 0,13$	$37,7 \pm 0,2$	$40,8 \pm 0,35$	$48,0 \pm 0,26$	$52,9 \pm 0,7$
2020	44	$22,4 \pm 0,33$	$27,1 \pm 0,21$	$31,2 \pm 0,22$	$34,4 \pm 0,37$	$38,1 \pm 0,15$	$41,1 \pm 0,54$	$47,5 \pm 0,29$	$52,4 \pm 0,28$

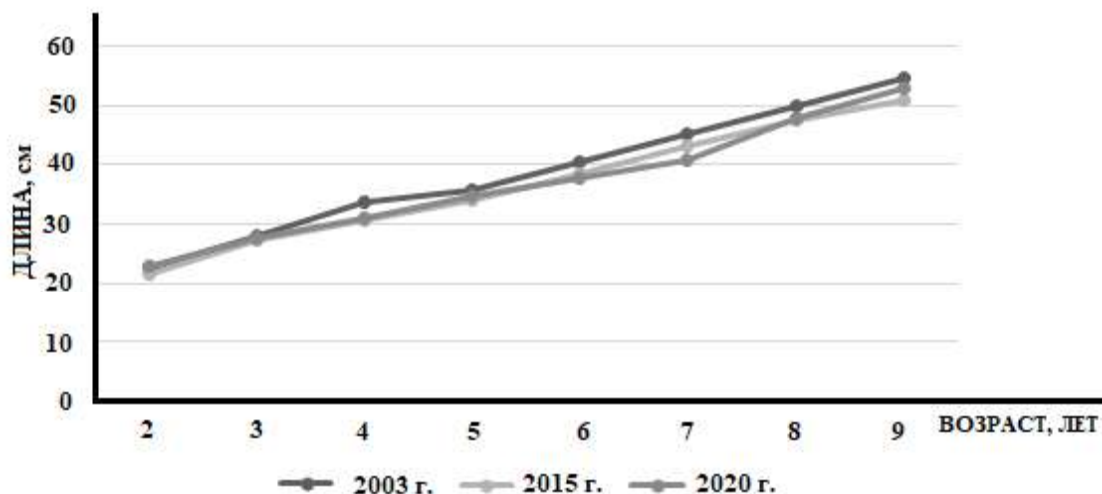


Рис. 2. Линейный рост судака в Чограйском водохранилище в разные годы

Таблица 4. Коэффициенты уравнения Берталани для судака Чограйского водохранилища в период 2015–2020 гг.

Год	Асимптотическая длина (L_{∞}), см	Коэффициент скорости роста (K)	Константа t_0	Квадрат коэффициента множественной корреляции (R^2)
2015	78,0±5,56	0,12	2,55	0,525
2016	73,8±6,7	0,11	2,58	0,53
2017	73,5±6,12	0,12	2,55	0,823
2018	73,7±5,92	0,12	2,53	0,588
2019	78,5±6,0	0,14	2,55	0,531
2020	77,9±5,89	0,12	2,53	0,385

Коэффициенты корреляции между величинами L_{∞} и L_t во всех случаях изменялись от 0,385 до 0,823 и были достоверны на высоком уровне значимости ($p > 0,01$). Значение асимптотической длины судака L_{∞} по годам изменялось от 73,5,0±6,12 (2017 г.) до 78,5±6,0 (2019 г.). Результаты показали, что какие-либо значимые закономерности в изменениях предельной длины судака по годам отсутствуют. Константа роста K практически не варьирует.

Линейный рост тела судака в период 2015–2020 гг. был сходен с таковым в 2003 г. и, судя по динамике данного показателя, популяция судака в водоеме в настоящее время не претерпела существенных изменений и находится в благоприятном состоянии.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты исследования показали, что на численность судака в Чограйском водохранилище основное влияние оказывает уровень режим водоема. Коэффициенты уравнения линейного роста имеют достаточно определенный биологический смысл и могут объективно использоваться не только для расчета длины рыб разного возраста, но и для изучения изменчивости роста в границах своего ареала.

Судак в водохранилище характеризуется небольшими промысловыми размерами, продолжительность жизненного цикла не превышает 10 лет. Популяция судака обладает сложной возрастной структурой, представлена особями в возрасте 0+–10+ и на протяжении последнего десятилетия не меняется. Соотношение возрастных групп не претерпевает существенных изменений.

В целом, рост судака в водохранилище достаточно стабилен и подчинен общебиологическим принципам: с увеличением возраста (после наступления половой зрелости) линейный рост снижается.

Результаты исследований могут быть положены в основу оценки состояния популяций рыб, разработки мероприятий, направленных на рациональное использование запасов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Круглова В.М., Рейх Е.М., Кузьмичева И.Я., Чердынцева Л.М., Юдина С.В., Болоховец Л.В. Формирование гидрохимического и биологического режима Чограйского водохранилища // Труды ВНИРО. 1974. Т. 103. С. 51–58.
2. Никитина Н.К. Биологические основы направленного формирования промысловой ихтиофауны водоемов Калмыкии (на примере Чограйского водохранилища) : автореф. дис. канд. биол. наук. Л.: Изд-во Государственного научно-исследовательского института озерного и речного рыбного хозяйства, 1982. 24 с.
3. Москул Г.А. Биологические основы рыбохозяйственного освоения внутренних водоемов Северного Кавказа : автореф. дис. докт. биол. наук. М.: Изд-во Всероссийского научно-исследовательского института прудового рыбного хозяйства, 1995. 51 с.
4. Петрушкиева Д.С. Рыбные ресурсы Калмыкии и биологические основы и рационального использования : автореф. дис. канд. биол. наук. Астрахань, 2002. 25 с.
5. Никитенко Е.В., Щербина Г.Х. Ихтиофауна Чограйского водохранилища // Вестник Института комплексных исследований аридных территорий. 2015. № 1 (30). С. 33–37.
6. Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводных). М.: Пищевая промышленность, 1966. 323 с.
7. Чугунова Н.И. Руководство по изучению возраста и роста рыб. М.: Изд-во Академии наук СССР, 1959. 124 с.
8. Bertalanffy L. Basic concepts in quantitative biology of metabolism // Helgoländer Wissenschaftliche Meeresuntersuchungen, 1964. Vol. 9, no. 1–4. Pp. 5–37.

АНАЛИЗ ПОДХОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВОЗРАСТНОЙ СТРУКТУРЫ ПОПУЛЯЦИИ РАКОВ

А. О. Марченко

*Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»),
Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»), Ростов-на-Дону
E-mail: marchenko_a_o@azniirkh.ru*

Аннотация. В статье представлен обзор литературных источников по проблеме определения возраста раков. В статье дается описание популярных методов определения возрастной структуры популяции ракообразных: размерно-возрастная структура популяций, связь возраста с концентрацией липофусцина в неврологических тканях, подсчет «полос роста». Выявлено, что перспективным методом определения возраста ракообразных является способ, основанный на обнаружении полос роста. Анализ других методов показал, что они также имеют значительный потенциал, но нуждаются в дальнейшей проработке проверки возраста ракообразных.

Ключевые слова: ракообразные, длиннопалый рак, размерно-возрастная структура, популяция, липофусцин, полосы роста

ANALYSIS OF THE APPROACHES TO ESTIMATION OF THE AGE COMPOSITION OF A CRAYFISH POPULATION

A. O. Marchenko

*Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography FSBSI "VNIRO",
Azov-Black Sea Branch of the FSBSI "VNIRO" ("AzNIIRKH"), Rostov-on-Don
E-mail: marchenko_a_o@azniirkh.ru*

Abstract. This paper presents a review of academic sources concerning the issue of age estimation in crayfish. It describes several popular methods for estimation of the age composition of a crayfish population: age and length composition of a population, the relationship between age and lipofuscin content in nervous tissues, and counting of "growth bands". It has been established that the most promising method for crayfish age estimation is the one based on the identification of "growth bands". Analysis of the other methods has also shown their viability; however, for consistent age determination in crayfish, they need further elaboration.

Keywords: crayfish, Danube crayfish, age-length composition, population, lipofuscin, growth bands

ВВЕДЕНИЕ

Длиннопалый рак *Astacus leptodactylus* — аборигенный вид Понто-Каспийского бассейна [1], который широко распространился почти по всех странах Европы.

Раки рода *Pontastacus* имеют большое распространение, каждый из видов занимает ряд постоянных, порой удаленных друг от друга водоемов с характерными условиями. Представители этого рода широко распространены в Азово-Черноморском рыбохозяйственном бассейне, включающем Азовское и Черное моря с бассейнами впадающих в них рек. Им свойственна значительная изменчивость, что подтверж-

дается образованием многих видов и рас [2, 3]. Среди видов рода *Pontastacus* особое место занимает кубанский длиннопалый рак (*Pontastacus cubanicus* Birstet Win, 1934 syn. *Astacus leptodactylus cubanicus*).

Как и для любого другого промыслового вида, рациональный промысел кубанского длиннопалого рака базируется на оценке годового прироста промысловой части популяции, что, в свою очередь, требует оценки возраста и скорости роста особей [4].

Использование традиционных биостатистических методов оценки запасов и ОДУ в случае промысловых беспозвоночных затруднено. Возраст большинства промысловых беспозвоночных не может быть установлен, поскольку у этих животных отсутствуют ткани, регистрирующие темп роста. Без данных о динамике возрастной структуры популяции нельзя использовать когортные модели и оценить по ним пополнение и параметры убыли поколений [5]. В последнее время интерес к этой проблеме привел к некоторому прогрессу в области методов определения возраста ракообразных.

В данной работе представлен обзор зарубежной литературы по популярным методам определения возрастной структуры популяции ракообразных: размерно-возрастная структура популяций, связь возраста с концентрацией липофусцина в неврологических тканях, подсчет «полос роста».

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В исследовании А.В. Алехновича [4] для определения возраста было сделано предположение, что общая размерная структура популяции представляет собой совокупность размерных, а, следовательно, и возрастных классов, каждый из которых характеризуется нормальным распределением, а соответствующая математическая обработка данных позволяет установить границы размерного класса и места перехода от одного размерного класса к другому. По оценке количества отрезков кривой, в пределах которых распределение переменной следовало за нормальным распределением (рассматривалось распределение размеров особей), судилось о возможном количестве относительно обособленных групп внутри всей переменной. Поскольку при полимодальном нормальном распределении каждый размерный класс характеризуется своим модальным значением длины особей, то кумулятивная кривая на рисунках частотного распределения размеров особей принимает вид ломанной линии, каждый прямой отрезок которой соответствует определенному возрасту [4].

Австралийские ученые отметили хорошую корреляцию между концентрацией липофусцина в головном мозге и возрастом красноклешневого рака *Cherax quadricarinatus*. Липофусцин сконцентрирован в головном мозге и имеет вид нечастых округлых гранул с ярким желто-золотым проявлением автофлуоресценции. Количественная оценка этого пигмента может быть достигнута либо с помощью гистологических срезов, либо с помощью спектрофлуориметрического или хроматографического анализа. Определение концентрации пигмента с помощью гистологического анализа предполагает изоляцию мозга или всей области головы. После того как этот образец получен, выполняется сечение и затем происходит подготовка к флуоресцентной микроскопии. При осмотре серийного среза с использованием флуоресцентной микроскопии количественное значение липофусцина определяется как доля площади или процентная доля объема. Исследователями было обнаружено, что прогнозы возраста на основе липофусцина были более точными, чем прогноз, основанный на размерно-возрастной структуре популяций, и частотный анализ липофусцина также позволил выявить более заметные возрастные классы [6].

Исследователи из Канады и Исландии сообщали об обнаружении полос роста в кальцинированных областях глазного яблока или желудочной мельницы у креветок *Pandalus borealis* и *Sclerocrangon boreas*, крабов *Chionoecetes opilio* и лобстеров *Homarus americanus*. Сравнение количества полос роста с независимыми оценками возраста в лабораторных условиях свидетельствовало о том, что полосы образуются ежегодно. По их мнению, это обеспечивает прямой и точный способ определения возраста для всех исследованных видов. Этот метод определения возраста ракообразных был подтвержден у четырех видов ракообразных независимыми оценками возраста, основанными на размерах с использованием хорошо известных методов для рыб. Кроме того, было указано, что полосы роста не связаны напрямую с линькой, и минерализованные признаки определенных частей кутикулы могут быть сохранены посредством линьки [7].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, анализ методов определения возрастной структуры популяции ракообразных показал, что самым перспективным методом определения возраста является способ, основанный на обнаружении полос роста. Результаты исследований показывают, что благодаря использованию абсолютных определений возраста, полученных при их подсчете на эндокутикуле, вскоре станет возможным анализ возрастных оценок запаса. Это станет большим успехом в управлении экономически важным промыслом ракообразных во всем мире. Тем не менее, необходимы дальнейшие проверки исследования с другими видами ракообразных, в том числе многолетние эксперименты по химическому мечению, демонстрирующие долговременное ежегодное осаждение полос роста, которые не будут связаны с линькой. Два других метода определения возраста приводят к существенным погрешностям в оценках возраста у ракообразных. Корреляция между концентрацией липофусцина в головном мозге и возрастом промысловых беспозвоночных может быть ошибочной, поскольку накопление флуоресцентного пигмента мозга напрямую зависит от факторов, влияющих на скорость метаболизма (температура, кормовая база и т. д.), от индивидуальных особенностей каждого вида и от окружающей среды в целом. Способ, основанный на размерно-возрастной структуре популяции, также имеет определенные ограничения. Они связаны с соотношением размерных данных и фиксируемого возраста, которые могут быть применимы только к исследуемому поколению, что обусловлено экологическим контролем темпов роста. Также эти соотношения дают не сколько индивидуальный возраст, а сколько вероятностную и агрегированную оценку возраста ракообразных того же размера.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бирштейн Я.А., Виноградов Л.Г. Пресноводные Decapoda СССР и их географическое распространение. Зоологический журнал. 1934. Т. XIII. Вып. 1. С. 39–70.
2. Бродский С.Я. Речные раки и использование их запасов // Рыбное хозяйство. 1967. С. 26–27.
3. Старобогатов Я.И. Высшие раки. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. СПб, 1995. Т. 2. С. 177–183.
4. Алехнович А.В. Особенности группового роста особей в популяциях длиннопалого рака *Astacus leptodactylus* // Гидробиологический журнал. 2015. Т. 51, № 5. С. 3–16.
5. Михеев А.А. Расчет оптимального изъятия донных беспозвоночных. Рыбное хозяйство. 1999а. № 5. С. 41–43.
6. Sheehy M.R.J. Potential of morphological lipofuscin age-pigment as an index of crustacean age. Marine Biology. 1990. 107. С. 439–442.
7. Kilada R., Driscoll J.G. Age determination in crustaceans: a review. Hydrobiologia. 2017. 799. Pp. 21–36. DOI: 10.1007/s10750-017-3233-0.

ПРИРОДООХРАННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ. ЭКОЛОГИЯ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ВОДОЕМОВ

УДК 556.16:556.18(282.247.36)

ВОЗМОЖНЫЙ ЭФФЕКТ ОТ ПЕРЕБРОСКИ ЧАСТИ ВОЛЖСКОГО СТОКА В БАСЕЙН Р. ДОН

С. В. Жукова, В. М. Шишкин, В. Г. Карманов, Т. И. Подмарева,
Д. С. Бурлачко, Л. А. Лутынская, Е. А. Тарадина

*Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»),
Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»), Ростов-на-Дону
E-mail: gidroazniirh@yandex.ru*

Аннотация. В работе рассмотрены последствия маловодного цикла в изменении водности р. Дон, приведшие к дисбалансу в экосистемах Нижнего Дона и Азовского моря и к ухудшению условий среды обитания водных биологических ресурсов. Проведена оценка возможного эффекта от переброски части стока р. Волга в бассейн р. Дон в объемах 1,8 или 5,0 км³ и влияния дотаций на формирование солёности Азовского моря, площадей опресненных зон в Таганрогском заливе.

Ключевые слова: сток, маловодный цикл, солёность, Азовское море, Таганрогский залив, опресненные зоны, внутригодовое распределение стока

POSSIBLE EFFECT OF THE PARTIAL TRANSFER OF THE VOLGA RIVER RUNOFF TO THE DON RIVER BASIN

S. V. Zhukova, V. M. Shishkin, V. G. Karmanov, T. I. Podmareva,
D. S. Burlachko, L. A. Lutinskaya, E. A. Taradina

*Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (FSBSI "VNIRO"),
Azov-Black Sea Branch of the FSBSI "VNIRO" ("AzNIIRKH"), Rostov-on-Don
E-mail: gidroazniirh@yandex.ru*

Abstract This paper considers the consequences of the low-water cycle for the water content of the Don River, leading to an imbalance in the ecosystems of the Lower Don River and the Azov Sea and to the deterioration of the environmental conditions for aquatic biological resources. An assessment of the possible effect of the partial transfer of the Volga River runoff to the basin of the Don River amounting to 1.8 or 5.0 km³ and the impact of such transfer on the formation of the Azov Sea salinity and the desalinated areas in the Taganrog Bay has been conducted.

Keywords: runoff, low-water cycle, salinity, Azov Sea, Taganrog Bay, desalinated areas, intra-annual distribution of runoff

ВВЕДЕНИЕ

В результате интенсивного использования водных ресурсов р. Дон уже в течение нескольких десятилетий в бассейне отмечается их дефицит, особенно обостряющийся в маловодные годы. При современном режиме управления водными ресурсами Цимлянского водохранилища в условиях маловодья попуски в нижний бьеф не обеспечивают требований рыбного хозяйства по обводнению пойменных нерестилищ в весенний период, не выполняются навигационные требования водного транспорта и заявки орошаемого земледелия. Остро стоит проблема не только количества, но и качества воды на Нижнем Дону (участок от Цимлянского водохранилища до устья). В периоды интенсификации сгонных явлений из Таганрогского залива минерализация воды, превышая 2–3 мг/дм³ в районе городов Азов и Ростов-на-Дону, не соответствует критериям воды для питьевого водоснабжения. В то же время резко ухудшились условия среды обитания водных биологических ресурсов, проявившиеся снижением уровней, расходов и скоростей течения воды р. Дон, катастрофическим падением рыбопродуктивности, уменьшением самоочищающейся способности реки и моря, усилением процессов цветения воды и созданием предпосылок для возникновения заморных явлений в море, дальнейшим ростом солености Азовского моря, показателями которой, начиная с 2017 г., ежегодно обновляется рекорд предыдущего периода осолонения, пик которого (13,76 ‰) приходился на 1976 г.

При создавшемся дефиците водных ресурсов все чаще упоминаются неосуществленные в 70–80-х гг. прошлого столетия Проекты переброски стока северных рек в бассейны Волги и Дона, строительства ирригационного канала «Волго-Дон-2» и другие мероприятия.

В качестве одной из мер стабилизации усугубляющегося дисбаланса в экосистемах Нижнего Дона и Азовского моря в настоящее время в рамках возобновления проекта строительства канала «Волго-Дон-2» актуализируется возможность переброски в бассейн р. Дон волжского стока в объемах 1,8 или 5,0 км³.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В работе использованы данные по среднемесячным расходам воды р. Дон в створе станицы Раздорской, полученные в рамках двухсторонних договоров с ФГБУ «Северо-Кавказское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды», данные по солености Азовского моря, полученные в экспедиционных исследованиях.

При обработке данных применены методы математической статистики.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Объем стока р. Дон является мерилем благополучия экосистем Нижнего Дона и Азовского моря, имеет решающее значение в формировании режима солености Азовского моря и Таганрогского залива, где масштабами формирования опресненных до 4–7 ‰ зон определяется возможность и эффективность нагула, адаптации молоди и обитания взрослой популяции промысловых рыб.

Средний годовой сток р. Дон в створе станицы Раздорской за период эксплуатации Цимлянского водохранилища (1952–2020 гг.) оценивается величиной 20,49 км³. По итогам 2020 г. донская составляющая годового материкового стока в Азовское море, составив всего около 10 км³, относится к разряду наименьших за указанный период.

По ходу разностной интегральной кривой, отражающей периоды многоводья и маловодья в циклических колебаниях годовых величин стока р. Дон (рис. 1), за период 1952–2020 гг. отмечалось два маловодных цикла (определяемых по ветвям спада в ходе кривой): 1971–1976 гг. (продолжительностью 6 лет) и 2006–2020 гг. (продолжительностью 15 лет). В первом случае Азовское море недополучило около 40 км³, а во втором — более 70 км³ донского стока (табл. 1).

В результате снижения объемов поступления речных вод в море отмечается беспрецедентный прогрессирующий рост солености моря (рис. 2А). Среднегодовые (средневзвешенные) значения солености Азовского моря в 2020 г. составили по районам: Таганрогский залив — 11,78 ‰; собственно море — 15,10 ‰; все море — 14,83 ‰, что более чем на 1 ‰ выше среднегодового значения 1976 г. (13,76 ‰).



Рис. 1. Разностная интегральная кривая модульных коэффициентов годового стока р. Дон – станция Раздорская, 1952–2020 гг.

Таблица 1. Значения стока р. Дон – станция Раздорская за маловодные циклы водности периода 1952–2020 гг.

Период	Длительность, лет	Среднегодовой объем стока за маловодный период, км ³	Отклонение от среднемноголетнего среднегодового притока	Недополученный сток за маловодный период, км ³
1971–1976	6	13,85	6,64	39,85
2006–2020	15	15,81	4,68	70,22

В пространственном распределении солености в 2020 г. наибольшую часть собственно моря представляли водные массы с соленостью, равной или выше 15 ‰. Ареал солености до 7 ‰ и ниже, благоприятной для молодежи и взрослых проходных и полупроходных рыб, располагался лишь на небольшой площади (около 1,2 тыс. км²) в восточной части Таганрогского залива, а зона с соленостью до 4 ‰ отмечалась только в пределах устьевоего взморья р. Дон (рис. 2Б). Повышение солености моря расширяет возможности проникновения черноморских вселенцев, имеет негативные последствия в части формирования ареалов обитания водных биоресурсов и изменения видового разнообразия всего флоро-фаунистического комплекса моря, а снижением материкового стока в Азовское море, особенно в весенний период, полностью лимитированы процессы естественного воспроизводства проходных и полупроходных рыб. Стихийным бедствием в последние годы стало расширение ареалов обитания в Азовском море медузы — корнерота, а 19 октября 2021 г. в устье р. Кагальник зашли 2 экз. дельфина-азовки, что в обоих случаях является следствием повышения солености Азовского моря и Таганрогского залива.

Для оценки влияния дотаций волжского стока выполнен расчет возможной солености Азовского моря.

В основу расчета положено уравнение зависимости солености воды от материкового стока [1], полученное по данным мониторинга этих параметров в период 1960–2014 гг.:

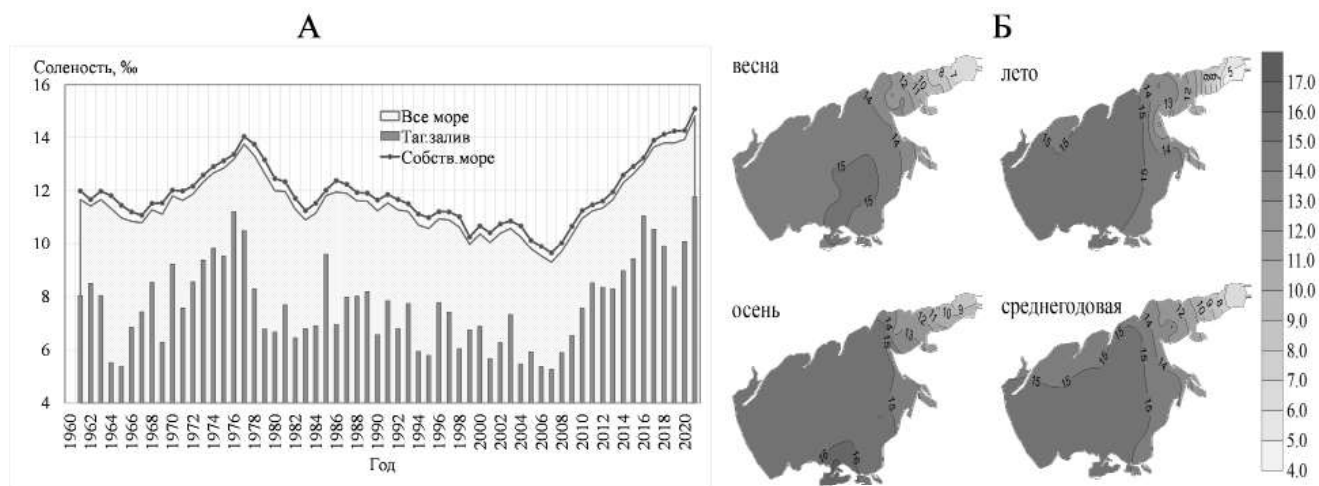


Рис. 2. А — Изменение среднегодовой солёности за период 1960–2020 гг. Б — Пространственное распределение солёности Азовского моря по сезонам в 2020 г.

$$S = 0,88 S_{-1} - 0,04 W + 2,84,$$

где S — среднегодовая солёность текущего года, ‰;

S_{-1} — среднегодовая солёность Азовского моря в предшествующем году (по данным экспедиционных наблюдений за апрель-октябрь), ‰;

W — суммарный сток рек Дон и Кубань за текущий гидрологический год (с ноября предшествующего по октябрь текущего года), км³.

В качестве исходных данных для оценки среднегодовой (средневзвешенной) солёности Азовского моря (формирующейся при условии дотаций стока) приняты следующие значения: материковый сток в Азовское море за гидрологический год на уровне 2020 г. составлял 25,19 км³, средневзвешенное значение годовой солёности Азовского моря в 2020 г. составило 14,83 ‰. Данные расчета представлены в табл. 2.

Очевидно, что в условиях переброски волжского стока гипотетически солёность воды Азовского моря могла быть несущественно ниже (на 0,2 ‰) уже за первый год дотаций. Влияние дотаций стока имело бы накопительный эффект, т. е. вполне вероятны более быстрые темпы стабилизации солевого режима или даже распреснения моря год от года.

Аналогичным образом с использованием уравнений зависимости солёности отдельных районов Таганрогского залива от годового стока р. Дон [1] проведена оценка солёности Таганрогского залива с учетом дотаций стока (табл. 3). За исходное для расчета принято среднее значение годового стока р. Дон — станция Раздорская за маловодный период 2007–2020 гг., равное 15,21 км³.

Как следует из табл. 3, при условии указанных дотаций стока среднегодовая солёность воды районов Таганрогского залива, по сравнению с 2020 г., могла бы быть на 3–4 ‰ ниже, что существенно улучшило бы условия среды обитания водных биоресурсов за счет расширения площадей опресненных зон. Так, в восточном районе Таганрогского залива при дотации стока в объеме 5 км³ зона, оконтуренная изогоалиной 4 ‰, располагалась бы примерно в центральной части залива, составляя по площади около

Таблица 2. Расчет возможной солёности Азовского моря при условии дотаций волжского стока в объемах 1,8 и 5,0 км³

Объем дотации стока, км ³	Объем материкового стока, км ³	Солёность, ‰
	25,19 (2007–2020 гг.)	14,83
5,0	30,19 (перспектива)	14,62
1,8	26,99 (перспектива)	14,81

2,0 тыс. км², а изолиния 7 ‰ могла бы располагаться примерно в центре западного района Таганрогского залива, охватывая около 4,0 тыс. км² площади залива. При дотациях стока, равных 1,8 км³, благоприятное по солевому режиму пространство (до 7 ‰) охватывало бы центральный и восточный районы залива площадью около 2,7 тыс. км².

В соответствии с ранее выполненным нами прогнозом сокращения материкового стока на перспективу 2030 г. годовой сток р. Дон предположительно будет находиться на уровне 12–14 км³.

При таких объемах годового стока р. Дон внутригодовое распределение может быть представлено по аналогии с маловодным периодом 2014–2017 гг. (табл. 4).

Таблица 3. Прогнозные значения солености отдельных районов Таганрогского залива при условии дотаций волжского стока, ‰

Период	Район Таганрогского залива		
	западный	центральный	восточный
2020 г. (современный)	13,31	9,96	7,47
Дотация 1,8 км ³	9,60	6,20	3,41
Дотация 5,0 км ³	9,19	5,63	2,88

Таблица 4. Внутригодовое распределение стока р. Дон – станция Раздорская за период 2014–2017 гг., км³

Год	Среднемесячное значение												Сумма за год
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
2014	1,37	1,30	1,27	1,20	1,18	1,17	1,10	1,11	1,15	1,30	1,09	1,30	14,53
2015	1,15	1,12	0,94	1,08	1,08	0,89	0,88	0,70	0,68	0,74	0,82	1,00	11,07
2016	0,85	0,96	0,92	0,96	1,06	1,02	1,02	1,06	1,07	1,12	1,08	1,15	12,27
2017	1,12	0,94	1,33	1,12	1,20	1,15	1,11	1,02	1,16	1,23	1,25	1,28	13,91
Среднее, км ³	1,12	1,08	1,11	1,09	1,13	1,06	1,03	0,97	1,01	1,10	1,06	1,18	12,94

График среднего за период 2014–2017 гг. внутригодового распределения стока р. Дон в створе станции Раздорской представлен на рис. 3А. Очевидно, что при таком внутригодовом распределении стока со среднемесячными расходами воды от 362 до 441 м³/с (причем, наибольшие расходы воды приходились на период зимней межени) весеннее половодье отсутствовало, и фактический режим работы Цимлянско-го водохранилища сводился к обеспечению навигационных расходов воды.

Задача обеспечения транспортного попуска для судоходства останется первоочередной и в условиях дотации волжского стока, поэтому выполнение требований рыбного хозяйства в части осуществления рыбохозяйственных попусков и обводнения нерестилищ при таких расходах (объемах годового стока) не представляется возможным.

Тем не менее, при осуществлении дотаций волжского стока возможно улучшение водного режима на Нижнем Дону за счет изменения внутригодового распределения стока для обеспечения благоприятного скоростного режима течений в период март–апрель для захода на нерест производителей проходной сельди и других видов рыб.

Развитие скоростей течений в пределах 0,5–0,7 м/с отмечается, как правило, при расходах 300–650 м³/с. Расчетный режим внутригодового распределения стока р. Дон – станция Раздорская для обеспечения скоростей течения, равных 0,7 м/с в весенний период, представлен на рис. 3Б.

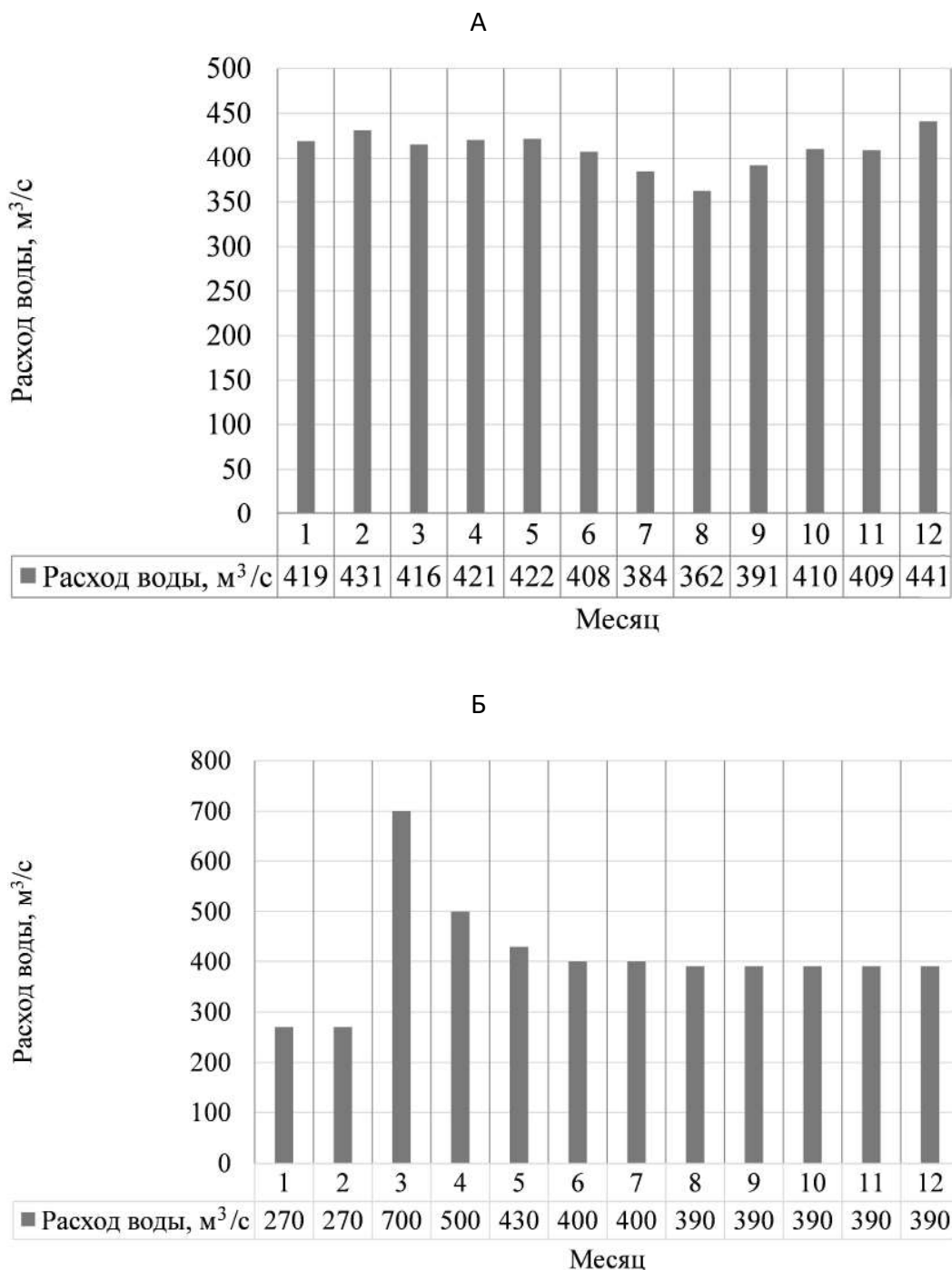


Рис. 3. А — Внутригодовое распределение стока р. Дон – станция Раздорская, среднее за период 2014–2017 гг. Б — Возможное внутригодовое распределение стока р. Дон в створе станции Раздорской для создания привлекающих на нерест скоростей течения в весенний период

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Переброска части волжского стока в бассейн р. Дон не решает проблемы повышения эффективности естественного воспроизводства проходных и полупроходных рыб, но все же будет иметь положительный эффект по ряду позиций: оптимизация водно-солевого режима Азовского моря в части снижения его солености, а также снижения солености Таганрогского залива с расширением ареалов наиболее благоприятной солености для нагула и сохранения промыслового запаса судака, тарани, леща, рыбака, чехони и шемаи, улучшения качества воды на Нижнем Дону.

Предложенный вариант изменения внутригодового распределения стока р. Дон у станицы Раздорской при наличии дотаций волжского стока будет способствовать улучшению скоростного режима реки в весенний период (созданию благоприятных скоростей течения для привлечения производителей на нерест).

В случае переброски волжского стока последствия для экосистем будут менее критичными.

При отсутствии дотации стока в ближайшей перспективе должны быть предприняты меры ужесточения режима экономии водных ресурсов, введения запретов и ограничений промышленного и любительского рыболовства частиковых видов рыб в Таганрогском заливе и на Нижнем Дону, что существенно снизит риск полной потери промыслового значения этих видов рыб.

В то же время следует подчеркнуть, что при осуществлении переброски волжского стока целесообразно рассмотреть возможность транспортировки воды по трубопроводу, что позволит сэкономить воду исключением потерь на фильтрацию и испарение с водной поверхности канала, строительство которого займет гораздо больше времени и средств, нежели строительство водовода.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Куропаткин А.П., Шишкин В.М. и др. Современные и перспективные изменения солёности Азовского моря // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. М.: ВНИИОЭНГ, 2015. № 11. С. 7–20.

ВЛИЯНИЕ НЕФТЯНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДЫ НА ПЕЛАГИЧЕСКИХ РЫБ АЗОВСКОГО МОРЯ

Л. Ф. Павленко, Т. Л. Клименко, Н. С. Анохина, И. В. Кораблина

*Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»),
Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»), Ростов-на-Дону
E-mail: pavlenko.lili@yandex.ru*

Аннотация. Представлены результаты мониторинга нефтяного загрязнения воды Азовского моря в летний и осенний периоды 2018–2020 гг. Обнаруженные концентрации нефтепродуктов приведены по суммарному содержанию основных нефтяных компонентов — углеводородов, смол и асфальтенов. Концентрации нефтепродуктов в воде варьировали в летний период от <0,02 до 0,85 мг/дм³, в осенний период — от <0,02 до 0,11 мг/дм³. В различные годы средневзвешенные концентрации нефтепродуктов в воде превышали предельно допустимую норму летом до 2,4 раза, осенью — в 1,2 раза. Согласно усредненным за рассматриваемый период данным, более значительное загрязнение воды отмечалось в центральных районах Таганрогского залива и собственно моря. Наибольшее поступление нефтепродуктов происходит в осенний период в восточные районы Таганрогского залива и собственно моря, в летний период — в южный район моря. На фоне обнаруженных концентраций нефтепродуктов в воде максимальное содержание нефтяных углеводородов в органах и тканях исследованных рыб отмечено у тарани, выловленной в Таганрогском заливе в летний и осенний период 2018 г. У других обследованных видов пелагических рыб Азовского моря (хамса, тюлька, судак) концентрации нефтяных углеводородов варьировали на уровне предела определения.

Ключевые слова: Азовское море, Таганрогский залив, тарань, судак, хамса, тюлька, загрязнение, нефтепродукты

EFFECT OF OIL POLLUTION ON THE PELAGIC FISH SPECIES IN THE AZOV SEA

L. F. Pavlenko, T. L. Klimenko, N. S. Anokhina, I. V. Korablina

*Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (FSBSI “VNIRO”),
Azov-Black Sea Branch of the FSBSI “VNIRO” (“AzNIIRKH”), Rostov-on-Don
E-mail: pavlenko.lili@yandex.ru*

Abstract. The monitoring results for the oil pollution of the Azov Sea water in the summer and autumn seasons of 2018–2020 are presented. The identified concentrations of petroleum products are given based on the total content of the main petroleum components: hydrocarbons, resins, and asphaltenes. The concentrations of petroleum products in the water ranged from <0.02 to 0.85 mg/dm³ in the summer season, and from <0.02 to 0.11 mg/dm³ in the autumn season. In some years, the weighted average values of the content of petroleum products in water exceeded the maximum allowable level: by 2.4 times in the summer season, and by 1.2 times in autumn. Based on the averaged data for the investigated period, the most severe water pollution was recorded in the central area of the Taganrog Bay and the sea itself. The highest influx of petroleum products occurs to the eastern parts of the Taganrog Bay and the sea in the autumn season, and to the southern part of the sea in summer. Along with the petroleum products identified in water, the highest content of petroleum hydrocarbons in the organs and tissues of the investigated fish was recorded in the roach, captured in the Taganrog Bay in the summer and autumn seasons of 2018. In other examined pelagic fish species of the Azov Sea (anchovy, Black Sea sprat, zander), content of petroleum products ranged at the level of determination limit.

Keywords: Azov Sea, Taganrog Bay, roach, zander, anchovy, Black Sea sprat, pollution, petroleum products

ВВЕДЕНИЕ

Нефть и нефтепродукты, в отличие от других токсичных веществ, представляют собой сложную многокомпонентную смесь, содержащую как токсичные, так и биологически активные вещества. По этой причине нефть проявляет помимо подавляющего, также и стимулирующее действие на биологические процессы, но при продолжительном нахождении в загрязненной нефтепродуктами водной среде стимуляция меняется на ингибирование [1]. Тем не менее, существует большое количество микроорганизмов, которые питаются нефтяными углеводородами, чрезвычайно токсичными для многих морских организмов.

Высокая степень загрязнения водоема нефтепродуктами сказывается на численности популяций практически всех видов рыб [2, 3]. Благодаря исследованиям в области ихтиотоксикологии, обнаружено множество сложных механизмов влияния нефтяных компонентов на функциональное состояние водных организмов, проявляющееся в нарушении репродуктивных, защитных и двигательных функций, разрушении центральной нервной и иммунной систем и т. д. [1, 4]. Накопленные сведения по отрицательному воздействию нефтепродуктов однозначно показывают, что увеличение нефтяного загрязнения негативно сказывается на рыбных запасах.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для оценки нефтяного загрязнения Азовского моря использованы пробы воды, отобранные на 28 стандартных станциях в летний и осенний периоды 2018–2020 гг. Станции равномерно расположены на акватории 3 районов Таганрогского залива и 5 районов собственно Азовского моря.

Постоянство долей площадей отдельных районов и объемов их водных масс позволяет получать среднеарифметические и средневзвешенные данные по пространственно-временному распределению компонентов нефтяного загрязнения по акватории Таганрогского залива, собственно моря и моря в целом.

Для оценки влияния нефтяного загрязнения воды на пелагических рыб в различных районах Азовского моря в летний и осенний периоды 2018–2020 гг. ежегодно были отобраны по 10 экз. следующих видов рыб: тюлька черноморско-азовская (*Clupeonella cultriventris* Nordmann, 1840), хамса или европейский анчоус (*Engraulis encrasicolus* Linnaeus, 1758), судак обыкновенный (*Sander lucioperca* Linnaeus, 1758), тарань азовская (*Rutilus rutilus* Nordmann, 1840).

При проведении мониторинга нефтяного загрязнения воды и гидробионтов Азовского моря использованы методики, учитывающие содержание основных групповых компонентов нефти и нефтепродуктов — углеводов, смол и асфальтенов. Методики метрологически аттестованы и зарегистрированы в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений под шифрами ФР.1.31.2005.01511 [5] и ФР.1.31.2013.15608 [6].

Методика определения массовой концентрации нефтепродуктов в морских водах основана на экстракции нефтепродуктов из воды четыреххлористым углеродом; концентрировании экстракта, хроматографическом разделении на отдельные нефтяные компоненты (углеводороды и смолистые вещества) в тонком слое оксида алюминия. Определение количества углеводов в воде проводилось комбинированным спектрофотометрическим методом, основанном на измерении поглощения элюатов углеводов одновременно в инфракрасной и ультрафиолетовой областях спектра, что позволяет учитывать как ароматическую, так и парафино-нафтеновую фракции, независимо от их соотношения в исследуемой пробе.

Методика измерений массовой доли нефтяных углеводов в гидробионтах основана на их выделении экстракцией ацетонитрилом, концентрировании экстракта, хроматографическом отделении углеводородной фракции в тонком слое оксида алюминия, элюировании нефтяных углеводов четыреххлористым углеродом и количественном определении методом люминесцентной спектроскопии.

Для определения содержания нефтяных компонентов в воде и гидробионтах использовались ИК-спектрофотометр IR-270-50 («NITACHI», Япония), УФ-спектрофотометр UV-2450 («SHIMADZU», Япония) и спектрофлуориметр RF-5301 PC («SHIMADZU», Япония).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Для характеристики нефтяного загрязнения водной толщи Азовского моря использована классификация «Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям» [7], согласно которой большая часть вод характеризуется как «загрязнение неустойчивое, низкого уровня» (табл. 1).

В летний период 2018 г. концентрации нефтепродуктов в воде моря находились в диапазоне 0,02–0,14 мг/л, составив средним в Таганрогском заливе 0,06 мг/л, в собственно море 0,05 мг/л. Превышение ПДК_{р/х} нефтепродуктов (0,05 мг/л) [8] обнаружено в 31 % от числа проанализированных проб, Максимальная концентрация, превысившая ПДК в 2,8 раза, обнаружена в воде западного района собственно моря. В пограничной области между собственно морем и Таганрогским заливом концентрации нефтепродуктов превышали ПДК_{р/х} до 2,2 раза, в восточной части залива — до 1,6 раза (рис. 1).

Таблица 1. Характеристика нефтяного загрязнения водной толщи Азовского моря в различные сезоны 2018–2020 гг.

Год	Сезон	Среднее значение и диапазон, мг/л	Стандартное отклонение, мг/л	Доверительный интервал, мг/л	Количество проб с превышением ПДК _{р/х} , %	Характеристика загрязнения
2018	лето	$\frac{0,06}{0,02-0,14}$	0,026	±0,009	31	Неустойчивое, низкого уровня
	осень	$\frac{0,06}{<0,02-0,07}$	0,051	±0,018	38	Неустойчивое, низкого уровня
2019	лето	$\frac{0,09}{<0,02-0,55}$	0,043	±0,015	47	Неустойчивое, среднего уровня
	осень	$\frac{0,04}{<0,02-0,05}$	0,011	±0,004	0	Неустойчивое, низкого уровня
2020	лето	$\frac{0,04}{<0,02-0,85}$	0,018	±0,006	14	Неустойчивое, низкого уровня
	осень	$\frac{0,04}{<0,02-0,11}$	0,027	±0,020	21	Неустойчивое, низкого уровня

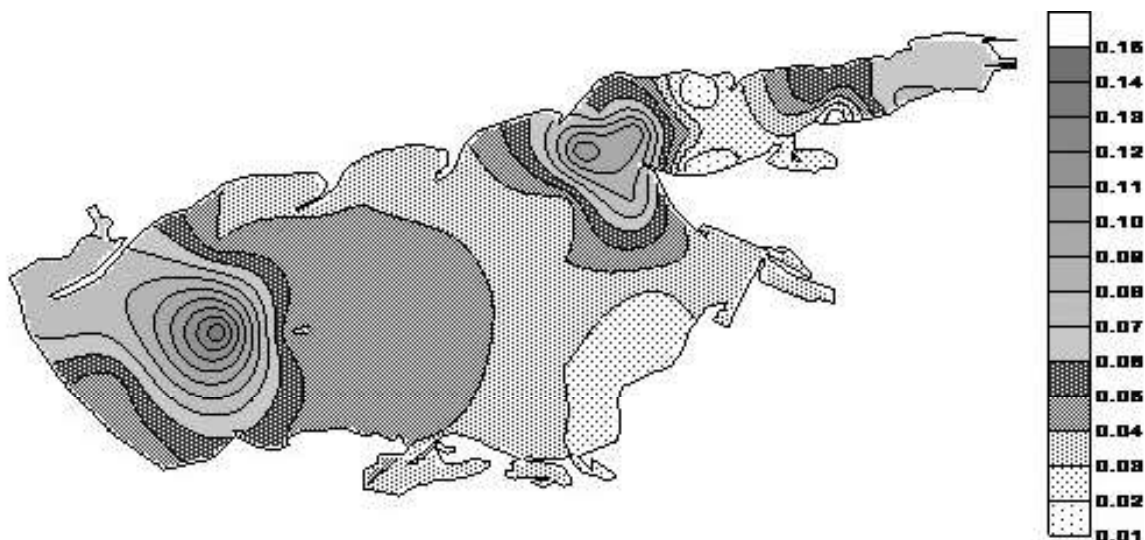


Рис. 1. Распределение нефтепродуктов по акватории Азовского моря в летний период 2018 г., мг/л

В осенний период 2018 г. концентрации нефтепродуктов в воде моря находились в диапазоне <0,02–0,07 мг/л, составив в среднем в Таганрогском заливе 0,05 мг/л, в собственно море — 0,06 мг/л. В 38 % от числа проанализированных проб обнаружено превышение ПДК_{р/х} до 4 раз. Наиболее высокие концентрации (0,19 и 0,20 мг/л) обнаружены в северо-восточной части собственно моря. В юго-западном районе собственно моря концентрация нефтепродуктов составила 2,6 ПДК_{р/х} в восточной части залива 1,8 ПДК_{р/х} (рис. 2).

В летний период 2019 г. концентрации нефтепродуктов в воде моря находились в диапазоне <0,02–0,55 мг/л, составив в среднем в Таганрогском заливе 0,12 мг/л, в собственно море 0,06 мг/л. Превышение ПДК_{р/х} обнаружено в 47 % случаев от числа проанализированных проб. Максимальная концентрация нефтепродуктов, превысившая ПДК_{р/х} до 11 раз, обнаружена в западном районе Таганрогского залива. В восточной части залива концентрации нефтепродуктов достигали 3,6 ПДК_{р/х}, в центральной части собственно моря — 3,4 ПДК_{р/х} в западной части собственно моря — 1,8 ПДК_{р/х} (рис. 3).

В осенний период 2019 г. концентрации нефтепродуктов в воде моря были низкими (<0,02–0,05 мг/л), составив в среднем в Таганрогском заливе 0,04 мг/л, в собственно море — 0,03 мг/л.

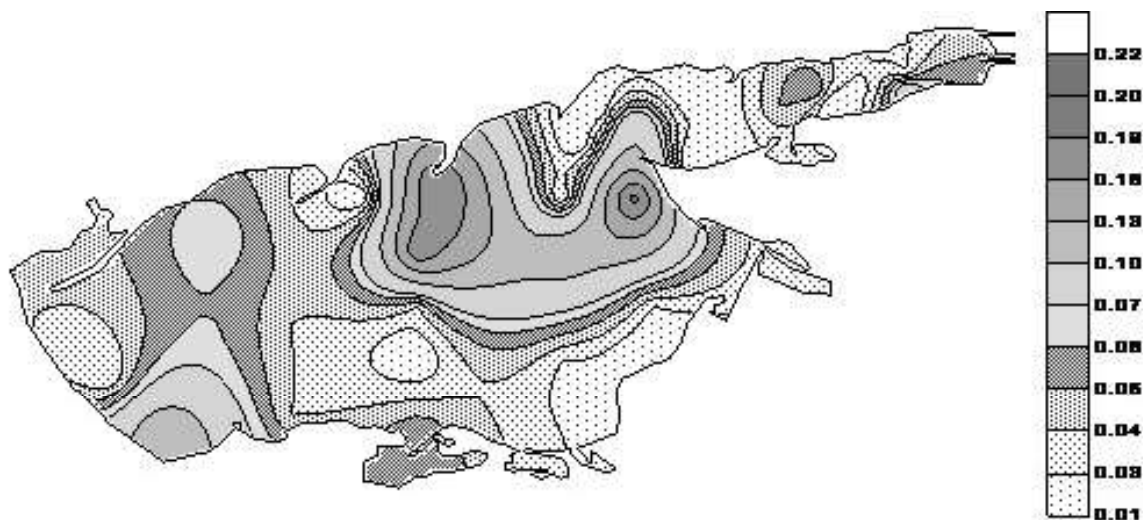


Рис. 2. Распределение нефтепродуктов по акватории Азовского моря в осенний период 2018 г., мг/л

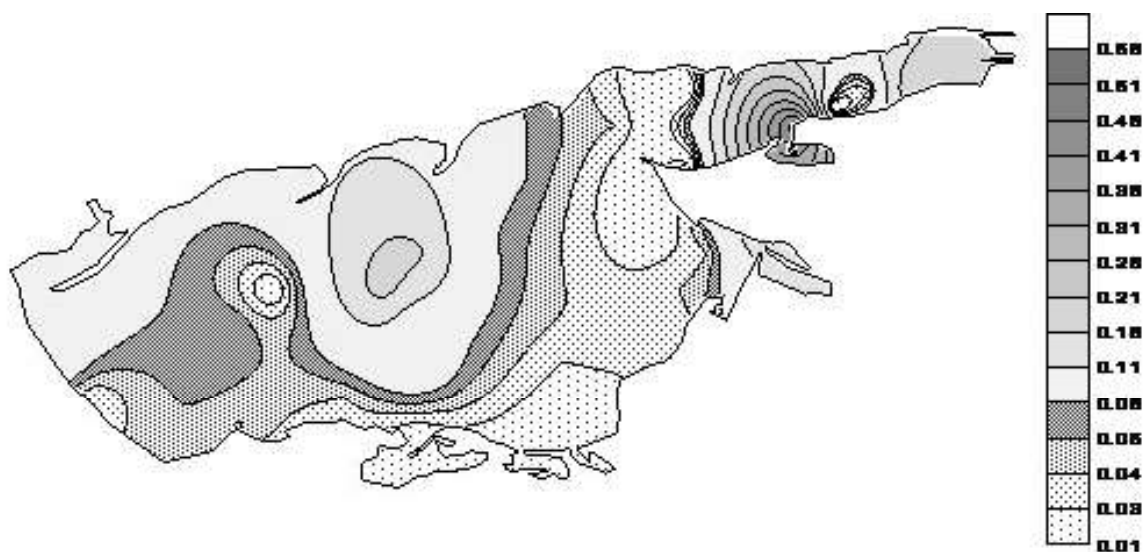


Рис. 3. Распределение нефтепродуктов по акватории Азовского моря в летний период 2019 г., мг/л

В летний период 2020 г. концентрации нефтепродуктов в воде моря находились в диапазоне $<0,02$ – $0,85$ мг/л, составив в среднем в Таганрогском заливе и собственно море по $0,04$ мг/л. Превышение ПДК_{р/х} обнаружено в 14 % случаев от числа проанализированных проб с максимумом в воде Арабатского залива (до 17 ПДК_{р/х}). В воде Бейсугского лимана концентрация нефтепродуктов составляла $1,8$ ПДК_{р/х}, в центральном районе моря — $1,4$ ПДК_{р/х}, в центральном районе Таганрогского залива — $1,2$ ПДК_{р/х} (рис. 4).

В осенний период 2020 г. концентрации нефтепродуктов в воде моря находились в диапазоне $<0,02$ – $0,11$ мг/л, составив в среднем в Таганрогском заливе $0,05$ мг/л, в собственно море — $0,03$ мг/л. Превышение ПДК_{р/х} обнаружено в 21 % от числа проанализированных проб с максимумом ($2,2$ ПДК_{р/х}) в воде центрального района Таганрогского залива и южном районе собственно моря. На границе собственно моря и залива и в восточном районе моря концентрации нефтепродуктов составили $1,6$ ПДК_{р/х} (рис. 5).

В целом, в последние 5 лет концентрации нефтепродуктов в воде моря заметно снизились по сравнению с предыдущим периодом наблюдений (1985–2016 гг.), в течение которого концентрации нефтепродуктов в воде Азовского моря варьировали от $<0,015$ мг/л до аномально высокого значения — $5,26$ мг/л, а средневзвешенные среднегодовые значения концентраций находились в диапазоне $0,23$ – $0,54$ мг/л,

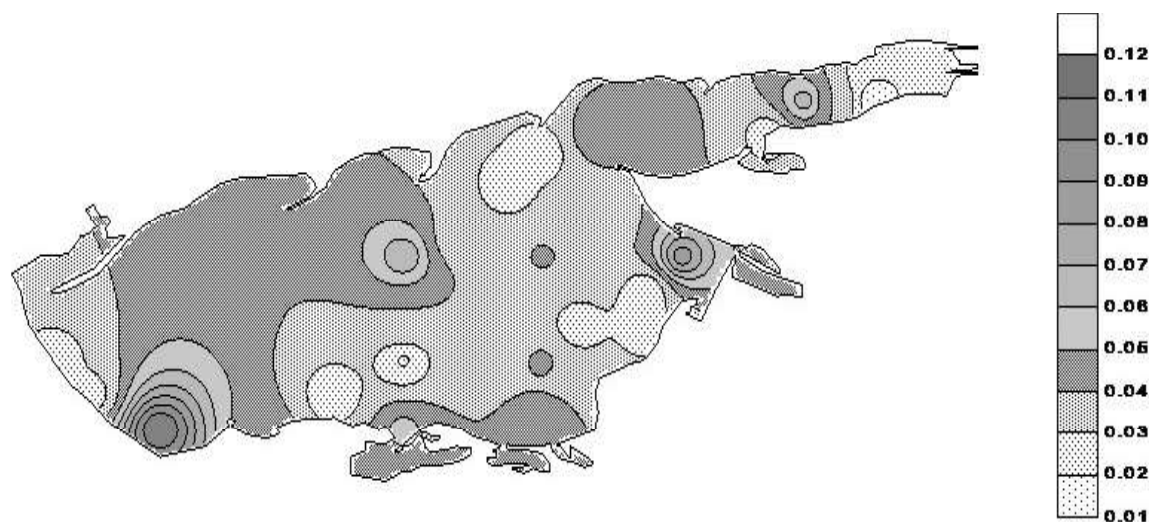


Рис. 4. Распределение нефтепродуктов по акватории Азовского моря в летний период 2020 г., мг/л

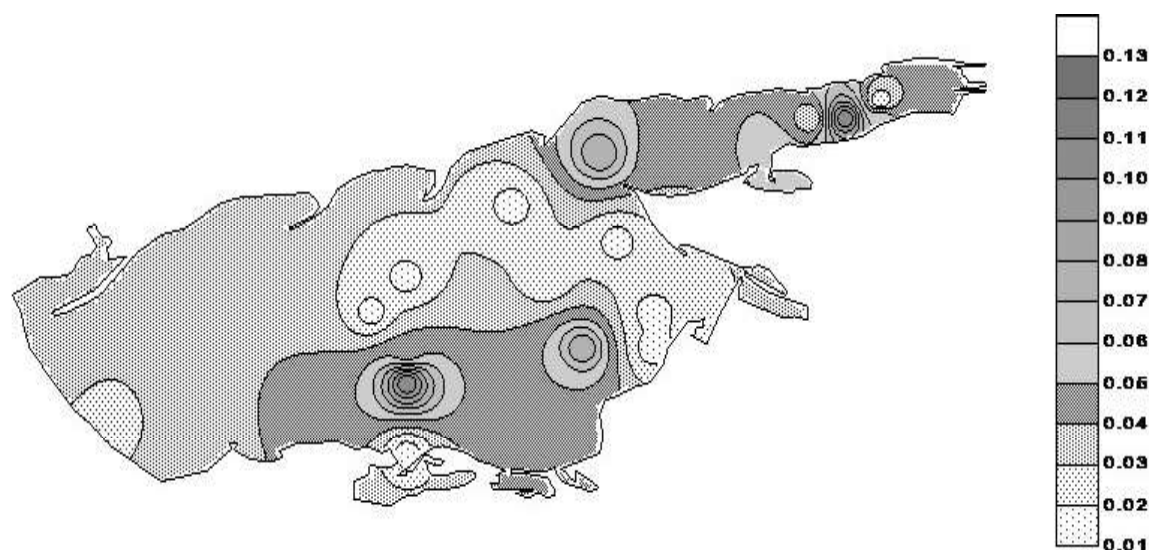


Рис. 5. Распределение нефтепродуктов по акватории Азовского моря в осенний период 2020 г., мг/л

превышая ПДК_{р/х} в 4,8–11 раз [9]. В рассматриваемый период наблюдений концентрации нефтепродуктов по различным районам в воде Азовского моря варьировали в среднем от 0,02 до 0,31 мг/л (табл. 2).

В настоящее время в Азовском море насчитывается 16 видов пелагических рыб, но массовыми являются только черноморско-азовская и хамса. Тюлька и хамса — важные промысловые объекты, короткоциклические, продолжительность жизни обычно составляет 2–3 года, поэтому структура популяций подвержена большим ежегодным изменениям в зависимости от убыли (естественной и промысловой) особей старших возрастных групп и пополнения, определяющегося урожайностью молоди [10].

К пелагическим видам также относятся и представители ценных видов, например, судак обыкновенный и тарань азовская. Полупроходной судак Азовского моря на протяжении всей истории рыболовства в бассейне являлся одним из основных объектов промысла. С 2017 г. в связи с критически низким запасом, промысел судака в Азовском море запрещен.

Для оценки накопления нефтяных углеводородов в органах и тканях пелагических рыб Азовского моря использовались пробы судака, тарани, хамсы и тюльки, выловленные в Таганрогском заливе и собственно море в летний и осенний периоды 2018 г. (табл. 3, 4).

В летний и осенний периоды 2019 г. концентрации нефтяных углеводородов были определены в мышцах хамсы, тюльки, а также в мышцах и печени тарани, выловленной в Таганрогском заливе Азовского моря (табл. 5, 6).

В летний период 2020 г. накопление нефтяных углеводородов оценивалось в мышцах тюльки, выловленной в собственно Азовском море и Таганрогском заливе (табл. 7), в осенний период 2020 г. — в мышцах хамсы и тюльки, выловленных в Азовском море и Таганрогском заливе (табл. 8).

Таким образом, результаты исследованных пелагических рыб (судак, тарань, хамса, тюлька) показывают, что максимальные концентрации нефтяных углеводородов в органах и тканях рыб отмечены у тарани, выловленной в Таганрогском заливе в летний и осенний период 2018 г. При этом наиболее высокие концентрации отмечались в печени (в летний период — 11 мг/кг, в осенний период — 6 мг/кг), в мышцах концентрации не превышали предел определения (<3 мг/кг). Для остальных исследованных пелагических рыб Азовского моря концентрации искомого токсиканта характеризовались невысокими значениями (3–4 мг/кг сырой массы) или значениями ниже предела определения.

Таблица 2. Средние концентрации нефтепродуктов в воде различных районов Азовского моря в период 2018–2020 гг., мг/л

Район моря	2018		2019		2020	
	лето	осень	лето	осень	лето	осень
Таганрогский залив						
Восточный	0,07	0,05	0,13	0,02	0,02	0,06
Центральный	0,05	0,05	0,31	0,05	0,04	0,03
Западный	0,07	0,05	0,05	0,04	0,04	0,06
собственно море						
Северный	0,05	0,07	0,05	0,03	0,03	0,02
Западный	0,06	0,07	0,05	0,02	0,03	0,03
Южный	0,04	0,04	0,03	0,02	0,05	0,05
Центральный	0,07	0,07	0,08	0,03	0,05	0,04
Восточный	0,04	0,06	0,04	0,03	0,04	0,03
средневзвешенные концентрации						
Таганрогский залив	0,06	0,05	0,12	0,04	0,04	0,05
Собственно море	0,05	0,06	0,06	0,03	0,04	0,03
Все море	0,05	0,06	0,06	0,03	0,04	0,03

Таблица 3. Средние концентрации нефтяных углеводородов в органах и тканях промысловых пелагических видов рыб Азовского моря в летний период 2018 г., на сырую массу

Район вылова	Морфометрические показатели рыб		Пол	Объект исследования	Значение, мг/кг
	длина, см	масса, кг			
<i>судак обыкновенный</i>					
Таганрогский залив	34,0–40,0	0,401–0,675	♂+♀	мышцы	<3
				печень	3
				гонады	3
<i>тарань азовская</i>					
Таганрогский залив	14,5–16,5	0,070–0,120	♂+♀	мышцы	<3
				печень	11
<i>хамса</i>					
Таганрогский залив	9,0–10,5	0,010–0,020	♂+♀	мышцы	<3
Собственно море	9,0–10,5	0,010–0,020	♂+♀	мышцы	<3
<i>тюлька черноморско-азовская</i>					
Таганрогский залив	6,5–9,0	0,005–0,010	♂+♀	мышцы	<3
Собственно море	6,5–8,5	0,008–0,030	♂+♀	мышцы	<3

Таблица 4. Средние концентрации нефтяных углеводородов в органах и тканях промысловых пелагических видов рыб Азовского моря в осенний период 2018 г., на сырую массу

Район вылова	Морфометрические показатели рыб		Пол	Объект исследования	Значение, мг/кг
	длина, см	масса, кг			
<i>судак обыкновенный</i>					
Таганрогский залив	30,0–48,0	0,45–0,75	♂+♀	мышцы	<3
				печень	3
				гонады	5
<i>тарань азовская</i>					
Таганрогский залив	15,0–17,7	0,08–0,12	♂+♀	мышцы	<3
				печень	6
				гонады	<3
<i>хамса</i>					
Собственно море	6,0–10,1	0,003–0,007	♂+♀	мышцы	<3
<i>тюлька черноморско-азовская</i>					
Таганрогский залив	5,5–6,5	0,005–0,006	♂+♀	мышцы	<3
Собственно море	6,5–7,0	0,003–0,005	♂+♀	мышцы	<3

Таблица 5. Средние концентрации нефтяных углеводородов в мышцах хамсы и тюльки Азовского моря в летний период 2019 г., на сырую массу

Район вылова	Морфометрические показатели рыб		Пол	Значение, мг/кг
	длина, см	масса, кг		
<i>хамса</i>				
Таганрогский залив	10,0–12,0	0,02–0,03	♂+♀	4
<i>тюлька черноморско-азовская</i>				
Таганрогский залив	6,0–8,0	0,009–0,011	♂+♀	3

Таблица 6. Средние концентрации нефтяных углеводородов в мышцах хамсы, тюльки и тарани Азовского моря в осенний период 2019 г., на сырую массу

Район вылова	Морфометрические показатели рыб		Пол	Значение, мг/кг
	длина, см	масса, кг		
<i>хамса</i>				
Таганрогский залив	8,0–10,0	0,006–0,011	♂+♀	3
<i>тюлька черноморско-азовская</i>				
Таганрогский залив	6,0–8,0	0,004–0,009	♂+♀	3
<i>тарань азовская</i>				
Таганрогский залив	20,0–24,0	0,45–0,62	♂+♀	<3

Таблица 7. Средние концентрации нефтяных углеводородов в мышцах тюльки Азовского моря в летний период 2020 г., на сырую массу

Район вылова	Морфометрические показатели рыб		Пол	Значение, мг/кг
	длина, см	масса, кг		
Таганрогский залив	5,0–8,0	0,002–0,009	♂+♀	<3
Собственно море	5,0–7,0	0,003–0,004	♂+♀	4

Таблица 8. Средние концентрации нефтяных углеводородов в мышцах хамсы и тюльки Азовского моря в осенний период 2020 г., на сырую массу

Район вылова	Морфометрические показатели рыб		Пол	Значение, мг/кг
	длина, см	масса, кг		
<i>хамса</i>				
Собственно море	9,0–11,0	0,007–0,010	♂+♀, n=10	3
<i>тюлька черноморско-азовская</i>				
Таганрогский залив	6,0–9,0	0,001–0,005	♂+♀, n=10	3
Собственно море	6,0–10,0	0,001–0,005	♂+♀, n=10	<3

ВЫВОДЫ

Среда обитания пелагических рыб Азовского моря по степени загрязнения нефтепродуктами в 2018, осенью 2019 и в 2020 гг. характеризуется как «неустойчивое, низкого уровня». Летом 2019 г. уровень загрязнения моря был максимальным, превысив предельно-допустимую концентрацию в 2,6 раза.

Максимальные значения концентрации нефтепродуктов в органах и тканях исследованных рыб отмечены у тарани, выловленной в Таганрогском заливе в летний и осенний период 2018 г., при этом наиболее высокие концентрации отмечались в печени: в летний период — 11 мг/кг, в осенний период — 6 мг/кг, в мышцах концентрации НУ были ниже предела определения (<3 мг/кг). Для остальных обследованных пелагических видов рыб Азовского моря концентрация искомого токсиканта характеризовалась невысокими значениями (3–4 мг/кг сырой массы) или значениями, ниже предела определения, что указывает на низкий уровень накопления нефтепродуктов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Патин С.А. Влияние загрязнения на биологические ресурсы и продуктивность Мирового океана. М.: Пищепромиздат, 1979. 305 с.
2. Михайлова Л.В. Действие водорастворимой фракции усть-балыкской нефти на ранний онтогенез стерляди // Гидробиологический журнал. 1991. № 3. С. 77–86.
3. Addy J., Baker J., Dioks B., Hainworth S., Levell D. Ecological effects of marine oil pollution // Proceeding of the Workshop «Petroleum hydrocarbons in the marine environment» / Aberdeen. 1975. P. 23–34.
4. Миронов О.Г. Взаимодействие морских организмов с нефтяными углеводородами. Л.: Гидрометеоздат, 1985. 128 с.
5. Методика выполнения измерений массовой концентрации нефтепродуктов в пробах природных (пресных и морских) и очищенных сточных и питьевых вод. Ростов-н/Д.: Изд-во АзНИИРХ, 2005. 13 с. (ФР.1.31.2005.01511).
6. Методика выполнения измерений массовой доли нефтяных углеводородов в пробах гидробионтов пресных и морских водных объектов люминесцентным методом. Ростов-н/Д.: Вираз, 2013. 14 с. (ФР.1.31.2013.15608).
7. Методические указания. Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям (утвержден и введен в действие Федеральной службой по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды 3 декабря 2002 г.). М., 2002. 55 с. (РД 52.24.643-2002).
8. Приказ Федерального агентства по рыболовству от 18.01.2010 г. № 33 «Об утверждении нормативов качества водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения» ГАРАНТ.РУ: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/2070984/#ixzz5ge58hiT2> (дата обращения 16.08 2021).
9. Практическое руководство по химическому анализу элементов водных экосистем. Приоритетные токсиканты в воде, донных отложениях, гидробионтах / Под ред. Т.О. Барабашина. Ростов н/Д.: Мини Тайп, 2018. 436 с.
10. Карабанов Д.П. Генетические адаптации черноморско-каспийской тюльки *Clupeonella cultriventris* (Nordmann, 1840) (Actinopterygii: Clupeidae). Воронеж: Изд-во «Научная книга», 2013. 179 с.

ОЦЕНКА ГИДРОХИМИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ АЗОВСКОГО МОРЯ ПО ДАННЫМ НАТУРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ 2019–2020 ГГ.

А. В. Трушков, А. В. Гринь, Т. Е. Баскакова, Н. А. Лезговка,
Т. Б. Картамышева, Е. А. Шевцова

*Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»),
Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»), Ростов-на-Дону
E-mail: trushkov_a_v@azniirkh.ru*

Аннотация. В работе представлены результаты исследования влияния содержания биогенных веществ на первичное продуцирование органического вещества фитопланктоном в Азовском море в 2019–2020 гг. Проведен анализ кислородного режима и особенностей формирования заморозов. В исследуемый период прослежена динамика изменения кислородного режима Азовского моря. Концентрации аммонийного, нитратного, а также общего азота и фосфора в Азовском море оказывают существенное влияние на уровень первичного продуцирования органического вещества фитопланктоном. В современный период в связи с низким объемом речного стока снижается концентрация биогенных веществ, что приводит к снижению первичного продуцирования органического вещества. Рассмотрены уравнения зависимости первичной продукции от концентрации биогенных элементов.

Ключевые слова: кислородный режим, среда обитания, динамика вод, биогенные элементы, органические вещества

ASSESSMENT OF THE HYDROCHEMICAL STATUS OF THE AZOV SEA BASED ON THE DATA COLLECTED DURING FIELD SURVEYS IN 2019–2020

A. V. Trushkov, A. V. Grin, T. E. Baskakova, N. A. Lezgovka,
T. B. Kartamysheva, E. A. Shevtsova

*Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (FSBSI “VNIRO”),
Azov-Black Sea Branch of the FSBSI “VNIRO” (“AzNIIRKH”), Rostov-on-Don
E-mail: trushkov_a_v@azniirkh.ru*

Abstract. This work presents the results of the investigation of the influence the biogenic substances exercise on the primary production of organic matter by phytoplankton in the Azov Sea in 2019–2020. The analysis of the oxygen regime and the development of kill events has been conducted. During the investigated period, the changes in the oxygen regime of the Azov Sea were observed over the course of time. The content of ammonium nitrogen and phosphorus, as well as nitrate and total ones, in the Azov Sea influences the level of organic matter primary production by phytoplankton to a considerable degree. At present, as the result of low river flow volume, the concentration of biogenic substances is decreasing, which, in turn, leads to the decrease in the primary production of organic matter. The equations describing the relationship between the primary production and the content of biogenic substances are considered.

Keywords: oxygen regime, environment, water dynamics, biogenic substances, organic matter

ВВЕДЕНИЕ

Азовское море является своеобразным солоноватоводным бассейном, подверженным влиянию различных факторов. С одной стороны, это мощный приток пресных вод, вносимых крупными реками Дон и Кубань (в общей сложности все реки, впадающие в Азовское море, ежегодно приносят около 1/8 части объема моря); с другой стороны — влияние более соленых вод Черного моря. Благодаря мелководности Азовского моря его гидролого-гидрохимический режим крайне неустойчив и резко меняется под влиянием ветрового перемешивания [1, 2].

Азовское море относится к высокопродуктивным морям вследствие хорошей прогреваемости водной толщи в летнее время года и ее значительным перемешиванием, что обеспечивает быструю оборачиваемость (рециклинг) биогенных элементов.

В настоящее время задачи изучения гидрохимических характеристик Азовского моря непосредственно связаны с народнохозяйственными проблемами. При их решении одно из центральных мест занимает исследование гидрохимических условий, во многом определяющих биологическую продуктивность моря. Особую актуальность в последние десятилетия эти исследования приобрели в связи с водохозяйственными мероприятиями в бассейне Азовского моря, существенно повлиявшими на его режим. Зарегулирование стока рек Дон и Кубань вызвало существенную трансформацию гидрохимического режима Азовского моря [3–5].

Цель исследований — оценка особенностей гидрохимического режима Азовского моря и его влияние на первичное продуцирование органического вещества в 2019–2020 гг.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Изучение гидрохимических параметров водной среды Азовского моря осуществлялось в ходе проведения учетно-траловой съемки в летний (июль, август) период 2019–2020 гг. Отбор проб проводили батометром Нискина на 32 комплексных станциях с поверхностного (верхний 0,5 м слой) и придонного (нижний 0,5 м слой) горизонта. Отбор, первичная обработка в судовых условиях, хранение и транспортировка в лабораторию проб воды выполнялись в соответствии с требованиями руководящих документов и согласно ГОСТ 17.1.5.05-85 и ГОСТ 31861-2012.

Гидрохимический анализ воды включал определение 8 показателей: общего азота [РД 52.24.364-2007], фосфатов (по фосфору) [РД 52.24.382-2006], аммонийного азота [РД 52.24.383-2005], общего фосфора [РД 52.24.387-2006], растворенного кислорода [РД 52.24.419-2005], кремниевой кислоты [РД 52.24.433-2005], нитритного азота [РД 52.24.518-2008], нитратного азота [РД 52.24.523-2009].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты многолетних исследований показывают, что важной отличительной особенностью режима растворенного кислорода Азовского моря в летний период является резкая его вертикальная стратификация с высоким содержанием и степенью насыщения в поверхностном слое и дефицитом в придонном. Причиной такой вертикальной неоднородности распределения кислорода является активная жизнедеятельность фитопланктона в поверхностном слое, выделяющего кислород, в то время как в придонном слое происходят интенсивное потребление кислорода на процессы деструкции органического вещества [6].

Особенностью гидрохимического режима Азовского моря в 2019 г. явилось отсутствие придонного дефицита кислорода. Отмечены лишь единичные станции с дефицитом воды кислородом у дна: Таганрогского залива в июле в центральном районе, и в августе в восточном районе моря (рис. 1). Отсутствие дефицита кислорода объяснялось определенными гидрометеорологическими условиями (сниженные температура воды и воздуха, обильные атмосферные осадки, повышенная ветровая активность).

Содержание растворенного кислорода в поверхностном слое собственно моря летом 2019 г. оказалось пониженным, составлял 7,96 мг/дм³ (103 % насыщения), при варьировании по акватории 7,37–10,78 мг/дм³ (91–134 % насыщения). В придонном слое содержание растворенного кислорода составило в среднем 7,17 мг/дм³ (90 % насыщения), варьируя от 5,05 до 8,02 мг/дм³ (с 62 до 99 % насыщения).

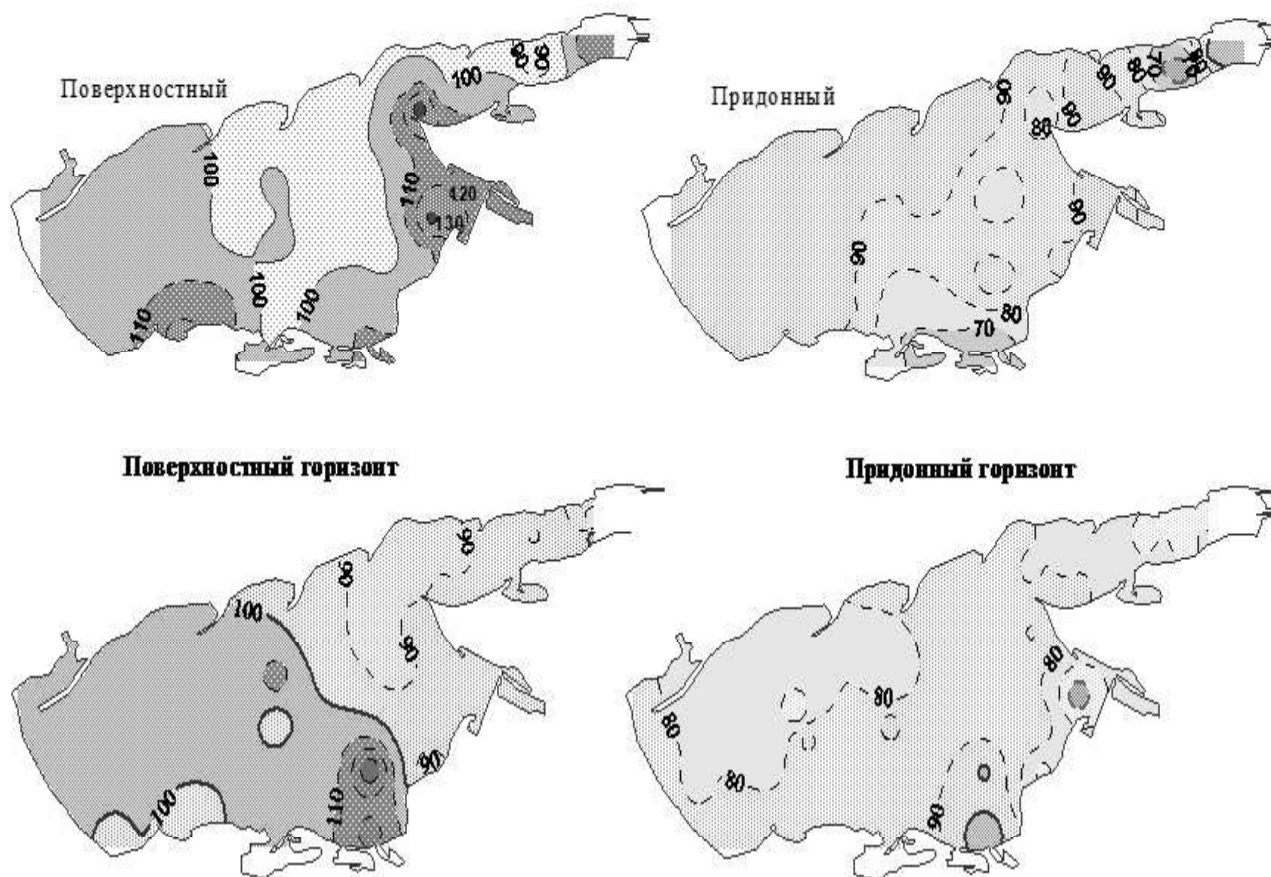


Рис. 1. Пространственное распределение растворенного кислорода в воде Азовского моря в летний период 2019 г., % насыщения

В Таганрогском заливе содержание растворенного кислорода варьировало во всей водной толще в диапазоне 4,21–11,06 мг/дм³ при среднем — 7,44 мг/дм³. Насыщение воды кислородом в поверхностном слое составило 109 % (82–138 % насыщения); в придонном — 80 % (73–106 % насыщения). В пространственном распределении максимум фотосинтеза отмечался в западном (138 %) и восточном (114 %) районах Таганрогского залива; в собственно море (111–134 %) — в Темрюкском заливе (устье р. Кубань), мелководной зоне восточного района (Бейсугский залив), а также в Казантипском заливе (124 %). В придонном слое дефицит кислорода (<6 мг/л) зафиксирован в центральном районе Таганрогского залива и в Темрюкском заливе собственно моря.

В летний период 2020 г. растворенный кислород в воде Азовского моря в июле и августе в среднем составлял 7,07 и 7,55 мг/дм³, варьируя от 7,67 и 7,83 мг/дм³ (поверхность); 7,18 и 7,62 мг/дм³ (5 м) и 6,33 и 7,22 мг/дм³ (дно) (рис. 2). В придонном слое в летний период диапазон колебаний по акватории был более расширенным: от 5,14 мг/дм³ (июль) до 7,89 мг/дм³ (август). Минимальные концентрации (<6 мг/дм³) в июле зафиксированы на станциях с ночным дефицитом кислорода; в августе на единичной глубоководной станции в центре моря. В Таганрогском заливе абсолютное содержание кислорода колебалось в узком диапазоне — от 8,22 мг/дм³ (поверхность) до 8,18 мг/дм³ (дно).

Недонасыщение воды растворенным кислородом в 2020 г. связано с расходом его на окисление органического вещества, поступающего из верхнего слоя донных отложений при взмучивании в условиях штормовой обстановки. Практически во всей водной толще в летний период отмечен дефицит кислорода. Так, в зоне активного ветрового перемешивания (западный и юго-западный районы) насыщение кислородом было всего 85–95 % и фотосинтезирование водорослей, отмеченное на нескольких станциях, проходило с низкой скоростью продуцирования (102–105 %). Среднее насыщение воды кисло-

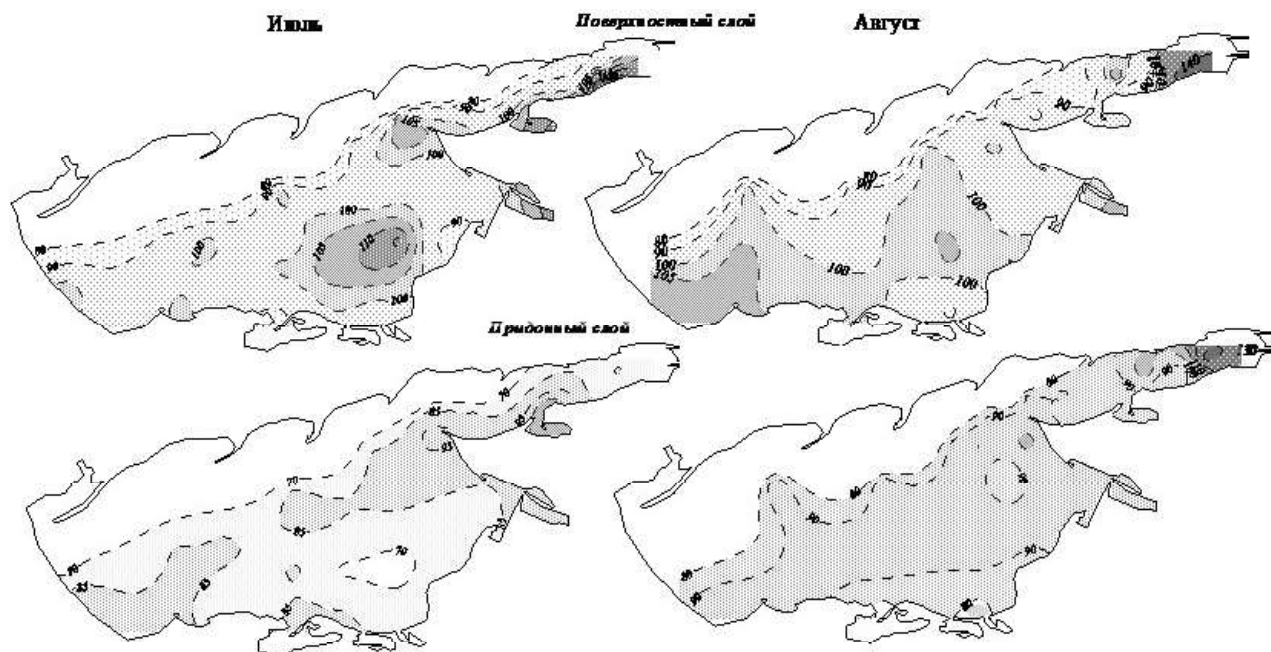


Рис. 2. Пространственное распределение растворенного кислорода в воде Азовского моря в летний период 2020 г., % насыщения

родом в собственно море и Таганрогском заливе летом 2020 г. составило 90 и 93 % при варьировании по вертикали от 62 до 116 % и от 78 до 133 %, соответственно.

Интенсивный фотосинтез (109–116 %) в поверхностном слое моря отмечался в основном в восточной половине (Коса Долгая и Темрюкский залив) в вечерние часы (16–21 час), что соответствует суточному продуцированию фитопланктона.

В Таганрогском заливе насыщение воды кислородом поверхностного слоя было несколько выше (99 %), чем в собственно море, за счет центрального и восточного районов, где в акваториях влияния Дона и Ейского лимана насыщение кислородом достигало максимальных величин 133 и 109 %.

Согласно данным океанографических съемок АзНИИРХ за период 1960–2020 гг., масштабы и вероятность развития гипоксии в Таганрогском заливе ниже, чем в собственно море. Это связано с тем, что в заливе более выражен горизонтальный перенос водных масс. Заморные явления с одной стороны оказывают негативное влияние на водные биоресурсы, с другой — обогащают водную толщу биогенными веществами вследствие выхода из донных осадков минеральных соединений азота, фосфора и кремния.

Биогенные элементы, представленные минеральными соединениями азота, фосфора и кремния, являются материальной базой создания первичной продукции. Уровень концентраций указанных элементов и их соотношение регулируют жизнедеятельность фитопланктона — первого и важнейшего звена трофической цепи водной экосистемы [8, 9].

Результатам исследований 2019–2020 гг. показывают, что концентрации аммонийного азота и первичной продукции имеют достоверную ($p=0,008$) положительную корреляционную зависимость ($r=0,779$). Т. е., при активном фотосинтезе фитопланктона и образовании первичного органического вещества отмечается высокое содержание аммонийного азота. Корреляционная взаимосвязь первичной продукции и азота нитратного имеет отрицательную достоверность ($r=-0,741$; $p=0,014$), поскольку нитраты более активно потребляются фитопланктоном (рис. 3).

Нитратный азот является главным источником азотного питания для фитопланктона и только при его дефиците в воде фитопланктон переходит на питание азотом аммонийным. Кроме того, аммонийный азот в воде легко окисляется до нитратной формы и является потенциальным источником нитратов в воде. В силу этого, отмечается разнонаправленная корреляционная взаимосвязь интенсивности первичного продуцирования органического вещества от концентрации азота аммонийного и азота нитратного.

При статистической обработке данных были получены уравнения зависимости первичного продуцирования органического вещества от содержания азота аммонийного и нитратного: *Перв. пр.* = $1,15560 + 0,00799 \times \text{NH}_4$; *Перв. пр.* = $1,0575 - 0,0630 \times \text{NO}_3$.

Органические формы азота и фосфора образуются в процессе фотосинтеза при образовании органического вещества. Соответственно, имеется прямая зависимость этих показателей: чем выше концентрации органических форм, тем выше значения первичной продукции (r (Нобщ.) = 0,7098, и r (Робщ. 0,7755, при $p > 0,05$)) (рис. 4).

При статистической обработке данных были получены уравнения зависимости первичного продуцирования органического вещества от содержания общего азота и фосфора: *Перв. пр.* = $0,07325 + 0,60E-3 \times \text{Нобщ.}$; *Перв. пр.* = $0,05803 + 0,00984 \times \text{Робщ.}$

Аналогично нитратам отрицательная достоверная корреляция ($r = -0,760$; $p = 0,011$) отмечена и в отношении взаимосвязи фосфатов с первичной продукцией. Данный факт также объясняется активным потреблением фосфатов микроводорослями в качестве биогенного питания (рис. 5).

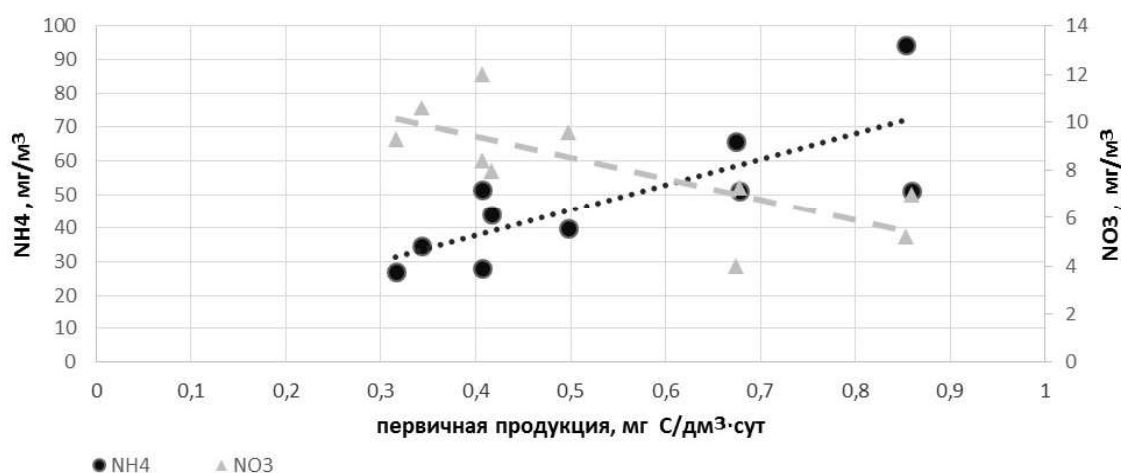


Рис. 3. Зависимость первичного продуцирования органического вещества от содержания азота аммонийного и нитратного в Азовском море в 2019–2020 гг. исследования

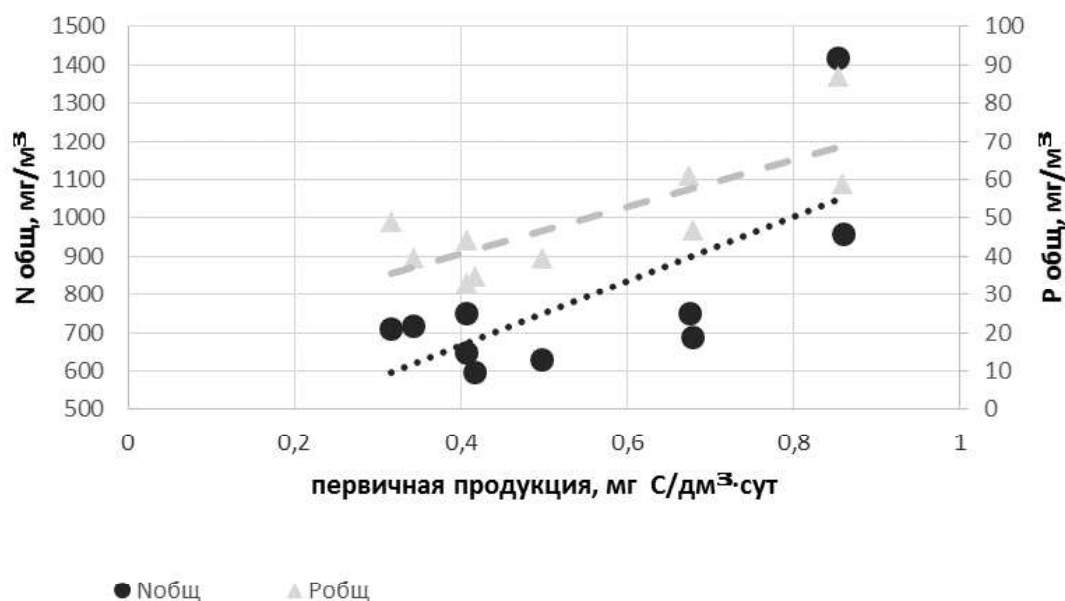


Рис. 4. Зависимость первичного продуцирования органического вещества от содержания общего азота и фосфора в Азовском море в 2019–2020 гг. исследования

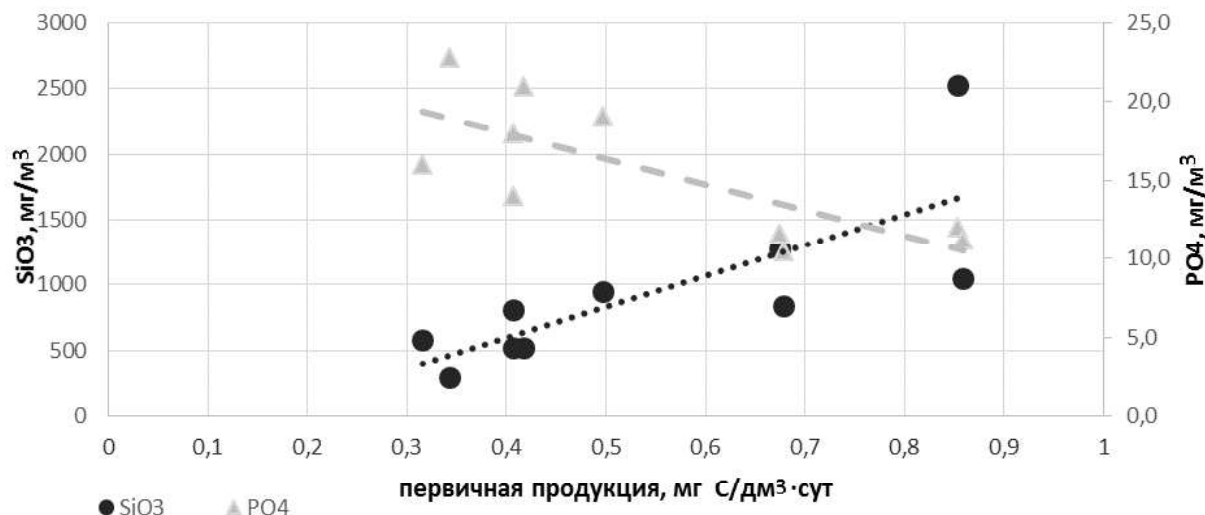


Рис. 5. Зависимость первичного продуцирования органического вещества от содержания кремнекислоты и фосфатов в Азовском море в 2019–2020 гг.

При этом, концентрация кремнекислоты наиболее высокая при повышенной первичной продукции ($r=0,770$). Стоит учесть ряд важных факторов. Во-первых, кремнекислота является источником потребления только для одной группы водорослей — диатомовых, но они являются холодолюбивыми и не вегетируют в летний период года, соответственно и кремнекислота в летний период года не потребляется. Во-вторых, максимум развития диатомовых водорослей и их активное потребление кремнекислоты на построение панцирей отмечается в ранневесенний период. К лету происходит растворение створок панцирей диатомовых и содержание кремнекислоты увеличивается. Смена доминирующего весеннего диатомового фитопланктона на летний — черноморские виды диатомовых, имеющих ограниченный ареал обитания, способствует накоплению кремнекислоты в водной толще. В-третьих, концентрация кремнекислоты в воде Азовского моря в летний сезон связана с объемом поступления с речным стоком р. Кубань. В-четвертых, в Таганрогском заливе ареал обитания диатомовых водорослей ограничен западным районом, в связи с чем здесь содержание кремнекислоты резко снижается. Поэтому установленная корреляционная взаимосвязь кремнекислоты и первичной продукции находится в прямой зависимости с высокой степенью достоверности ($p<0,01$), но при этом не является лимитирующим фактором для фотосинтеза.

При статистической обработке данных были получены уравнения зависимости первичного продуцирования органического вещества от содержания кремнекислоты и фосфатов: *Перв. пр.* $=1,0956-0,0353 \times PO_4$; *Перв. пр.* $=0,30993+0,25E-3 \times SiO_3$.

В многолетнем разрезе величина первичной продукции в собственно море снизилась к 2020 г. в 2,6 раза с начала периода осолонения (2007 г.). В Таганрогском заливе показатель первичного продуцирования составлял в среднем 6,0 млн т/год, тем не менее значительно варьировал во временной динамике. Так увеличение величины первичной продукции в 2018 г. в Таганрогском заливе произошло под влиянием повышенного стока р. Дон (рис. 6).

В 2020 г. в собственно море синтезировано 19 млн т/год первичной продукции, в Таганрогском заливе 4,4 млн т/год.

В собственно море уровень первичного продуцирования органического вещества фитопланктоном за последние 10 лет снизился относительно периода начала осолонения (2007 г.). В Таганрогском заливе величина первичной продукции стабилизировалась на среднемноголетнем уровне 6,0 млн т благодаря сохранению в восточной части ареала синезеленых водорослей, находящих под влиянием речного стока р. Дон, повышение объема которого в 2018 г. привело к росту первичного продуцирования до 7,6 млн т/год.

На фоне продолжающегося роста солености в 2019–2020 гг. на акватории собственно моря наблюдалось дальнейшее снижение величины первичной продукции относительно среднемноголетнего уровня. В собственно море на фоне снижения уровня первичной продукции отмечено четкое снижение относительно среднемноголетних значений хлорофилла «α» и, как следствие, общих форм азота и фосфора. В собственно море продуктивной оставалась лишь юго-восточная и восточная половина моря, благодаря влиянию пресного стока р. Кубань (таблица).

В Таганрогском заливе ситуация была менее однозначная, поскольку снижение уровня первичной продукции сопровождалось повышенным уровнем хлорофилла «α» относительно среднемноголетних показателей. Следует обратить внимание на то, что в летний период 2019–2020 гг. в Таганрогском заливе отмечено четкое пространственное совпадение хлорофилла «α», общего азота и фосфора, тогда как пересыщение воды кислородом не наблюдалось, а в центральном районе залива отмечено ее недонасыщение кислородом. Возможно снижение уровня первичного продуцирования в Таганрогском заливе в исследуемый период обусловлено повышенной интенсивностью деструкционных процессов в силу его высокой трофности.

Первичная продукция в собственно море за последние 2 года непрерывно снижалась с 30 до 19 млн т/год, что обусловлено низким стоком речных вод рек Дон и Кубань и дефицитом биогенного питания фитопланктона — минерального азота и минерального фосфора. Снижение первичной продукции было обусловлено уменьшением хлорофилла «α» в воде, что привело к снижению содержания в воде органических форм азота и фосфор, концентрации которых были ниже в среднем на 25 и 50 %, относительно среднемноголетнего уровня.

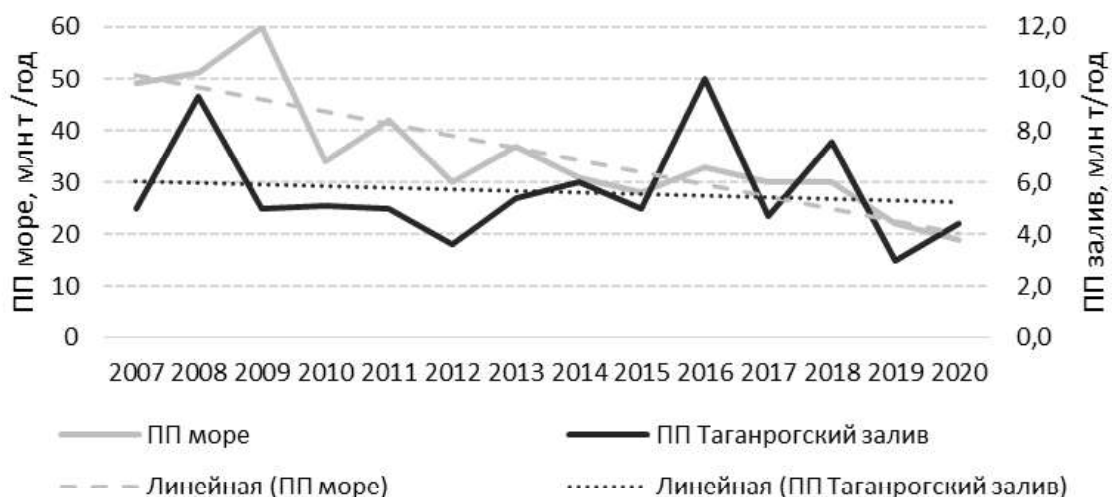


Рис. 6. Многолетняя динамика первичной продукции в Азовском море, млн т/год

Содержание первичного органического вещества, хлорофилла «α», азота и фосфора на акватории Азовского моря в 2019–2020 гг.

Год	Первичная продукция, млн т $C_{орг}$ /год	Хлорофилл «α», мкг/дм ³	Азот минеральный, мкг/дм ³	Азот общий, мкг/дм ³	Азот органический, мкг/дм ³	Фосфор минеральный, мкг/дм ³	Фосфор общий, мкг/дм ³	Фосфор органический, мкг/дм ³
2019	25	29	67	876	809	14	46	32
2020	23	26	62	789	727	16	41	25
*средне-многолетнее	36	23	44	890	846	16	59	43

Примечание: * Период осолонения Азовского моря 2007–2019 гг.

Сходная тенденция наблюдалась и в Таганрогском заливе: снижение уровня первичного продуцирования на фоне дефицита биогенного питания, что привело к снижению органических форм азота и фосфора относительно среднесуточных значений.

ВЫВОДЫ

Таким образом, в современный период осолонения Азовского моря и низкой водности основных рек Дон и Кубань на акватории Азовского моря отмечается снижение уровня продуцирования органического вещества фитопланктоном.

В собственно море и Таганрогском заливе уровень первичной продукции в 2020 г. был ниже на 47 и 14 %, относительно среднесуточных значений с начала периода осолонения (2007–2019 гг.). Содержание биогенных веществ в Азовском море в период исследований определялось их аллохтонным поступлением с речным и материковым стоком и затоком черноморских вод. Особенностью гидрохимического режима Азовского моря в 2019–2020 гг. являлось практически полное отсутствие придонного дефицита кислорода, что также привело к сниженному содержанию в воде биогенных веществ. Превышения ПДК_{p/x} биогенных элементов на акватории Азовского моря не наблюдалось.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гаргопа Ю.М. Крупномасштабные изменения гидрометеорологических условий формирования биоресурсов Азовского моря // Основные проблемы рыбного хозяйства и охраны рыбохозяйственных водоемов Азово-Черноморского бассейна : сб. науч. трудов (1998–1999 гг.). Ростов-н/Д.: АЗНИИРХ, 2000. С. 20–27.
2. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Т. 5. Азовское море. Л.: Гидрометеоиздат, 1991. 237 с.
3. Матишов Г.Г., Гаргопа Ю.М., Бердников С.В. и др. Закономерности экосистемных процессов в Азовском море / Монография. Южн. науч. центр РАН. М.: Наука, 2006. 304 с.
4. Бурдина Е.И., Косенко Ю.В., Баскакова Т.Е. Особенности формирования гидрохимического режима черного моря в 2019 г. // Комплексные исследования в рыбохозяйственной отрасли : Матер. VI Междунар. науч.-технич. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. Владивосток, 2021. С. 8–12.
5. Косенко Ю.В. Первичное продуцирование органического вещества в Азовском море в 2019 г. // Современные проблемы гидрохимии и мониторинга качества поверхностных вод : Сб. статей, посвященный 100-летию со дня образования гидрохимического института. Ростов-н/Д., 2020. С. 80–83.
6. Александрова З.В., Баскакова Т.Е., Шевцова Е.А., Долженко С.В. Основные закономерности развития гипоксии в придонном слое Азовского моря и ее экологические последствия для гидробионтов // Основные проблемы рыбного хозяйства и охраны рыбохозяйственных водоемов Азово-Черноморского бассейна : сб. науч. трудов (2012–2013 гг.). Ростов-н/Д., 2014. С. 11–32.
7. Дацко В.Г. Органическое вещество в водах южных морей СССР. М.: Изд-во АН СССР, 1959. 272 с.
8. Федосов М.В., Барсукова Л.А., Шеломов И.К. Изменение содержания биогенных веществ в устьевых участках в связи с образованием водохранилищ на реках // Тез. докл. XIII Всесоюзн. гидрохимического совещания по вопросам разработки методов прогноза качества воды в водохранилищах. Новочеркасск, 1959. С. 46–47.
9. Бронфман А.М., Дубинина В.Г., Макарова Г.Д. Гидрологические и гидрохимические основы продуктивности Азовского моря. М.: Пищевая промышленность, 1979. 288 с.

ПЕСТИЦИДЫ СОВРЕМЕННЫХ КЛАССОВ В ВОДЕ И ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ВЕСЕЛОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

В. А. Валиуллин, О. А. Зинчук, Ю. Э. Карпушина

*Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»),
Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»), Ростов-на-Дону
E-mail: valiullinvasil@rambler.ru*

Аннотация. Веселовское водохранилище находится в окружении земель сельскохозяйственного назначения, где применение пестицидов является неотъемлемой частью производственного цикла. При переносе ветром или просачивании сквозь почву эти вещества попадают в воду водоемов рыбохозяйственного назначения, оседают в донных отложениях и могут негативно влиять на жизнедеятельность гидробионтов. В процессе исследования определяли 20 наиболее используемых в сельском хозяйстве региона действующих веществ (ДВ) пестицидов современных классов, период полураспада которых может превышать полгода. Установлено, что концентрации ДВ пестицидов в среде обитания гидробионтов Веселовского водохранилища более чем на порядок ниже установленных предельно допустимых концентраций (ПДК), что указывает на относительную безопасность среды для жизнедеятельности гидробионтов.

Ключевые слова: пестициды, пестицидное загрязнение, гидробионты, действующие вещества, водохранилище

PESTICIDES OF MODERN CLASSES IN THE WATER AND BOTTOM SEDIMENTS OF THE VESELOVSKY RESERVOIR

V. A. Valiullin, O. A. Zinchuk, Yu. E. Karpushina

*Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (FSBSI "VNIRO"),
Azov-Black Sea Branch of the FSBSI "VNIRO" ("AzNIIRKH"), Rostov-on-Don
E-mail: valiullinvasil@rambler.ru*

Abstract. The Veselovsky Reservoir is surrounded by agricultural land, where the use of pesticides is an integral part of the production cycle. By transferring with the air masses or seeping through the soil, pesticides can enter the water of the water bodies of fisheries importance, be deposited in bottom sediments, and negatively affect the vital activity of hydrobionts. The aim of the study was to detect the content of 20 active ingredients of the pesticides of modern classes most widely used in agriculture in the region, the half-life of which can exceed six months. It was found that the concentrations of pesticide active ingredients in the living environment of hydrobionts in the Veselovsky Reservoir are by more than an order of magnitude lower than the established maximum allowable concentrations (MAC), which indicates the relative safety of the environment for hydrobionts.

Keywords: Pesticides, pesticide pollution, hydrobionts, active ingredients, reservoir

ВВЕДЕНИЕ

Современное сельское хозяйство нуждается в средствах защиты растений от различных вредителей, иначе сельскохозяйственное производство становится малоэффективным. Путем воздушного переноса и просачивания сквозь почву со стоками поверхностных и грунтовых вод применяемые пестициды попадают в водоемы. Являясь токсичными, эти вещества представляют определенную опасность для

биологических объектов, в т. ч. и для водных организмов разных уровней организации [1, 2]. Обладая биологической активностью, пестициды могут долго циркулировать в водной среде и содержаться в разных звеньях экосистемы [3, 4], нарушая природные биохимические процессы у гидробионтов. Естественные природные механизмы не могут эффективно нейтрализовать вредное воздействие этих веществ. В работах [5, 6] было показано негативное влияние отдельных ДВ и их смесей на разные водные организмы (фитопланктон, зоопланктон, икра и личинки рыб).

Поскольку Веселовское водохранилище находится в окружении земель сельскохозяйственного назначения, целью настоящего исследования являлось определение содержания 20 наиболее применяемых в сельском хозяйстве региона действующих веществ (ДВ) пестицидов в среде обитания гидробионтов Веселовского водохранилища. Краткая характеристика изучаемых ДВ пестицидов приведена в таблице.

Краткая характеристика изучаемых ДВ пестицидов

Наименование ДВ	Направленность действия	Объекты применения (с/х культуры)	ПДК, мкг/л
2,4-Д кислота	селективный системный гербицид	злаковые	100
Дикамба	селективный системный гербицид	злаковые	50
Имазетапир	селективный системный гербицид	бобовые	400
Метрибузин	селективный системный гербицид	овощи, бобовые	500
Дифлуфеникан	гербицид листового действия	злаковые	100
Фенмедифам	селективный системный гербицид	свекла	0,1
Клопиралид	селективный системный гербицид	злаковые, корнеплоды	50
Флумиоксазин	селективный системный гербицид	бобовые, подсолнечник	40
Флуфенацет	селективный системный гербицид	картофель	500
Хизалофоп-П-этил	селективный системный гербицид	овощи, бобовые	10
Этофумезат	селективный системный гербицид	свекла	7
Ципросульфамид	антидот гербицидов	злаковые	10
Флубендиамид	системный инсектицид	плодовые, овощные	100
Имидаклоприд	системный инсектицид	злаковые, овощные	1000
Тиаметоксам	системный инсектицид	злаковые, бобовые	1000
Имазалил	фунгицид, протравитель семян	злаковые	10
Ипродион	фунгицид, протравитель семян	злаковые, овощные	125
Пенцикурон	фунгицид	картофель	10
Тебуконазол	Фунгицид	злаковые	100
Фамоксадон	Фунгицид	овощные	5

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования содержания пестицидов в среде обитания гидробионтов Веселовского водохранилища проводились в 2019–2020 гг. Отбор проб воды и донных отложений осуществлялся в приплотинных участках с учетом гидрологических особенностей водоемов. Отбор проб воды проводился в соответствии с ГОСТ 59024-2020 в поверхностном горизонте до 50 см. Пробы воды отбирали в бутылки темного стекла емкостью 1 дм³ с герметичными пробками. Батометр и бутылки предварительно ополаскивали отбираемой водой. Пробы воды хранили до осуществления химического анализа в темном прохладном (4–10 °С) месте не более 10 суток.

Отбор проб донных отложений проводили штанговым дночерпателем с глубины 50–80 см. Отобранную пробу помещали в стеклянную емкость с герметичной крышкой.

Хранили пробы донных отложений при температуре до 18 °С не более 2 недель. Экстрагирование веществ из образцов воды и донных отложений проводили согласно принятым методикам [7] дихлорметаном с последующим осушением безводным сульфатом натрия и очисткой экстрактов с использованием патронов для твердофазной экстракции (при необходимости).

Полученные экстракты исследовали на жидкостном хроматографе («AppliedBiosystems», США) с ультрафиолетовым детектором с рабочей длиной волны 230 нм, снабженном дегазатором и термостатом колонки при 40 °С. Колонка Reprosil-PUR ODS (размер — 4150 мм, зернение — 5 мкм) («Элсико», Россия); подвижная фаза: ацетонитрил — 0,01 М ортофосфорная кислота в соотношении 60:40 (% по объему) в изократическом режиме со скоростью потока 0,4 мл/мин; объем вводимого в хроматограф экстракта пробы составлял 10 мкл. Идентификацию ДВ пестицидов проводили по времени удерживания, а количественное определение — методом абсолютной калибровки с использованием высокочистых образцов ДВ, предоставленных фирмой Bayer.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Исследования содержания ДВ пестицидов современных классов в среде обитания гидробионтов Веселовского водохранилища проводились в весенний и летний периоды 2019–2020 гг. За этот период было отмечено, что концентрации ДВ и частота их встречаемости не имеют постоянного характера.

Например, имазетапир и имидаклоприд встречались практически в течение всего периода исследования, тогда как дифлufenикан и пенцикурон обнаруживались единично в следовых количествах. Поэтому наиболее наглядно величину пестицидного загрязнения демонстрирует суммарная концентрация. Другой параметр для описания загрязнения — суммарная токсичность, вычисляемая по формуле А.Г. Аверьянова [8]:

$$C_{\text{общ}} = \sum \frac{C_i}{\text{ПДК}_i},$$

где $C_{\text{общ}}$ — суммарная относительная токсичность образца;

C_i — обнаруженная концентрация токсиканта;

ПДК_i — значение предельно допустимой концентрации для данного вещества.

Среда считается нетоксичной, если $C_{\text{общ}}$ меньше 1. Данный показатель отражает степень негативного влияния комплексного загрязнения исследуемыми веществами водной части экосистемы, поскольку величина ПДК пестицидов для донных отложений не разрабатывается.

Изменения суммарных концентраций ДВ пестицидов в воде и донных отложениях Веселовского водохранилища за период наблюдения представлены на рис. 1 и 2.

По сравнению с предыдущими годами исследований в 2019 г. была отмечена тенденция к увеличению пестицидного загрязнения в воде и уменьшению в донных отложениях. В период наблюдения из 20 исследуемых ДВ пестицидов было обнаружено 12: имазалил, имзапир, имазетапир, имидаклоприд, ипродион, пенцикурон, метрибузин, фамоксадон, флубендиамид, флуфенацет, ципросульфамид, хизалофоп-П-этил. Суммарное содержание в воде весной составило 29 мкг/дм³, осенью — 32,6 мкг/дм³; в донных отложениях — 6,29 и 17,34 мг/кг, соответственно. Максимальный вклад в загрязнение внесли среднетоксичный имазетапир (8,32 мкг/дм³) и малотоксичный имидаклоприд (6,42 мкг/дм³).

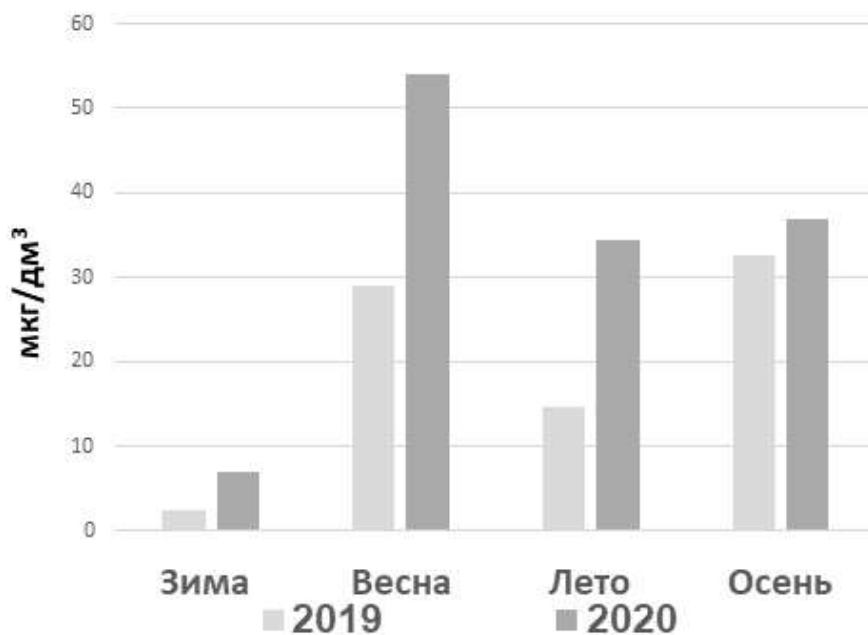


Рис. 1. Суммарное содержание ДВ исследуемых пестицидов в воде Веселовского водохранилища в 2019–2020 гг.

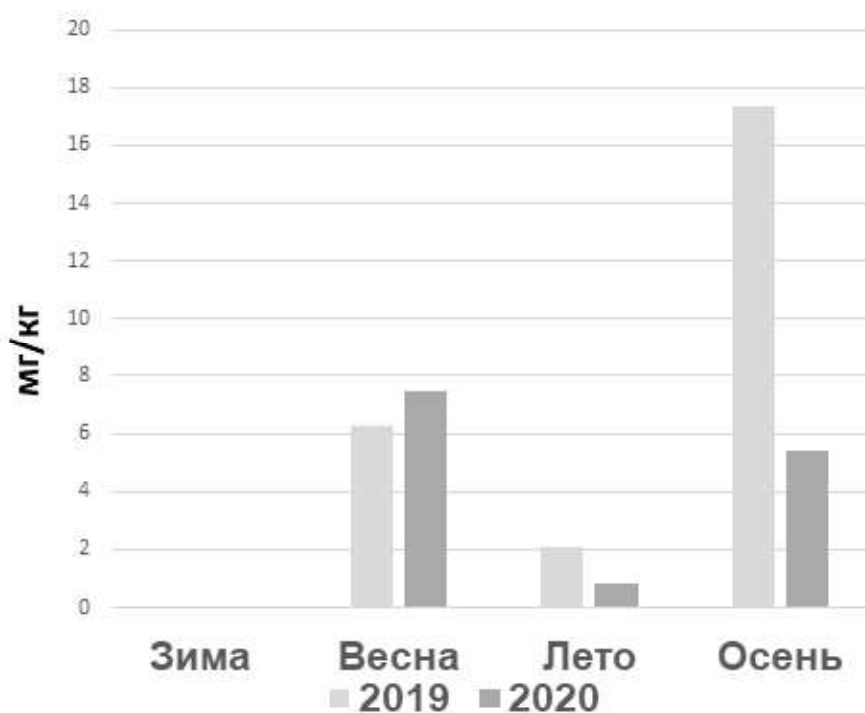


Рис. 2. Суммарное содержание ДВ исследуемых пестицидов в донных отложениях Веселовского водохранилища в 2019–2020 гг.

В весенний период 2020 г. произошло увеличение суммарного содержания исследуемых ДВ пестицидов в воде в 2 раза по сравнению с 2019 г. за счет присутствия значительных концентраций тиаметоксама (13,32 мкг/дм³) и имазетапира (11,75 мкг/л). Эти вещества относятся к малотоксичным, поэтому, несмотря на большие значения концентраций указанных веществ, суммарная токсичность не превысила 1. Концентрации остальных найденных токсикантов оставались на уровне среднемноголетних значений.

Таким образом, в период 2019–2020 гг. превышения ПДК ДВ пестицидов современных классов не отмечалось, а величина суммарной токсичности не достигала 1, что свидетельствует об относительной безопасности среды обитания Веселовского водохранилища для гидробионтов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в среде обитания гидробионтов Веселовского водохранилища в 2019–2020 гг. обнаруживались действующие вещества пестицидов современных классов в концентрациях, не превышающих ПДК. При этом уровень содержания ДВ пестицидов в 2020 г. в воде увеличился, тогда как в донных отложениях прослеживалась тенденция к уменьшению загрязнения.

Отмечено возрастание общей массы исследуемых ДВ пестицидов к весеннему сезону с последующим снижением общей массы и суммарной токсичности летом. Следует отметить, что некоторые ДВ исследуемых пестицидов практически не встречались в период исследования в среде обитания гидробионтов, скорее всего потому, что эти вещества не применялись в сельском хозяйстве в данной местности, либо разлагались (смывались) к моменту отбора проб.

Поскольку в период наблюдения не было отмечено превышения ПДК, опасность токсического воздействия пестицидов на гидробионтов в среде обитания Веселовского водохранилища невысока. Тем не менее, обнаружение пестицидов в компонентах экосистемы свидетельствует о потенциальной угрозе жизнедеятельности гидробионтов на ранних стадиях развития.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Врочинский К.К., Мухопад Л.Н. Эколого-гигиенические аспекты миграции пестицидов в водоемах // Влияние биологически активных веществ на гидробионтов : сб. научных трудов ГосНИОРХ. Л.: Изд-во ГосНИОРХ, 1988. Т. 287. С. 31–37.
2. Лукьяненко В.И. Общая ихтиотоксикология. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. 319 с.
3. Ракитский В.Н. Проблема оценки потенциальной и реальной опасности в санитарной токсикологии и гигиене // Эколого-гигиенические проблемы уральского региона : матер. докл. II Российской науч.-практ. конф. (г. Уфа, 28–29 мая 1997 г.). Уфа, 1997. С. 12–14.
4. Семенов А.Д., Короткова Л.И., Сапожникова Е.В., Коропенко Е.О. Современное состояние пестицидного загрязнения водных объектов Азовского бассейна // Основные проблемы рыбного хозяйства и охраны рыбохозяйственных водоемов Азово-Черноморского бассейна : сб. науч. тр. (1998–1999 гг.) / АзНИИРХ. Ростов-н/Д.: Изд-во АзНИИРХ, 2000. С. 301–306.
5. Федорова Е.А., Зинчук О.А., Бессчетнова Л.М., Сорокалетова Г.В. Хроническая токсичность имидазолинового гербицида имазетапир для пресноводных организмов разных систематических групп // Политематический сетевой электронный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2016. № 123. С. 90–101.
6. Левина И.Л., Зинчук О.А., Федорова Е.А., Щербакова Н.И., Кузнецова Л.Я., Гумненкова Н.А., Карпушова Т.Н., Бессчетнова Л.М. Оценка синергического действия пестицидов современных химических классов, обнаруженных в водоемах Азовского бассейна, на промысловых рыб и их кормовую базу // Вопросы рыболовства. 2013. № 4 (56). С. 843–855.
7. Другов Ю.С., Родин А.А. Пробоподготовка в экологическом анализе. СПб: Анатолия, 2002. 755 с.
8. Аверьянов А.Г. К вопросу об оценке воздушной среды при наличии нескольких вредных компонентов // Гигиена и санитария. 1957. № 8. С. 64–67.

СОДЕРЖАНИЕ КАДМИЯ И МЫШЬЯКА ВО ВНУТРЕННОСТЯХ РАПАНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИХ ПЕРЕРАБОТКИ

Л. М. Есина, С. Л. Чернявская, И. А. Белякова, И. В. Кораблина

Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»),
Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»), Ростов-на-Дону
E-mail: esina_l_m@azniirkh.ru

Аннотация. В работе приведены данные о содержании кадмия и мышьяка во внутренностях (висцеральной массе) рапаны *Rapana venosa*, выловленной в Азовском море (Керченский пролив) и Черном море (Феодосийский залив). Во внутренностях рапаны из Азовского моря содержание кадмия составляло 8,6 мг/кг, у рапаны из Черного моря — 3,5 мг/кг при допустимом уровне 2,0 мг/кг в соответствии с ТР ТС 021/2011. Отмечено различное содержание кадмия во внутренних органах рапаны. Почка рапаны, выловленной в Азовском море, является органом с самым высоким содержанием кадмия (48 мг/кг), несоответствие кадмия допустимому уровню установлено также в пищеварительной железе. Содержание мышьяка во внутренностях рапаны из Азовского моря на 7,8 % превышало допустимый уровень, у рапаны из Черного моря было значительно ниже — 0,1 мг/кг (норма 5,0 мг/кг). В отдельных органах рапаны из Азовского моря (почка, яичник/семенник, пищеварительная железа) содержание мышьяка отвечало установленным требованиям. Продукт, полученный в результате ферментализации и последующего упаривания ферментализата, характеризовался повышенным содержанием кадмия и мышьяка. Безопасными по содержанию кадмия и мышьяка являлись яичники/семенники рапаны, выход которых составлял 10,9 % от массы внутренностей. Они могут быть использованы для получения ценных нутриентов.

Ключевые слова: *Rapana venosa*, показатели безопасности, висцеральная масса, ферментализация, протозим, почка, яичники, семенники, липиды, Азовское море, Черное море

CONTENT OF CADMIUM AND ARSENIC IN THE VEINED RAPA WHELK VISCERA AND ESTIMATION OF THE PROSPECTS FOR THEIR PROCESSING

L. M. Esina, S. L. Chernyavskaya, I. A. Belyakova, I. V. Korablina

Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (FSBSI "VNIRO"),
Azov-Black Sea Branch of the FSBSI "VNIRO" ("AzNIIRKH"), Rostov-on-Don
E-mail: esina_l_m@azniirkh.ru

Abstract. This work presents the data on the content of cadmium and arsenic in the viscera (visceral mass) of the veined rapa whelk *Rapana venosa* caught in the Azov Sea (Kerch Strait) and the Black Sea (Feodosia Gulf). In the viscera of the individuals from the Azov Sea, cadmium content was 8.6 mg/kg, and for the individuals from the Black Sea, this value was 3.5, with the allowable level 2.0 mg/kg as stipulated by TR CU 021/2011. Cadmium content in various internal organs of the investigated veined rapa whelk individuals varied. The highest content of cadmium (48 mg/kg) was recorded in the kidney of the individuals caught in the Azov Sea; cadmium content in the digestive gland also exceeded the allowable level. Arsenic content in the viscera of the individuals from the Azov Sea exceeded the allowable level by 7.8 %; this value was significantly lower for the Black Sea (0.1 mg/kg, while the established norm is 5.0 mg/kg). In several organs of the individuals from the Azov Sea (namely, the kidney, ovaries/testes, and digestive gland), arsenic content was within the normal values established by the regulations. The product derived from

veined rapa whelk through enzymolysis and subsequent concentration by evaporation, was characterized by increased content of cadmium and arsenic. In terms of cadmium and arsenic content, ovaries and testes of the investigated individuals proved to be safe for consumption; their yield amounts to 10.9 % out of the entire visceral mass, and it is possible to use them as a source of valuable nutrients.

Keywords: *Rapana venosa*, food security indicators, visceral mass, enzymolysis, protozyme, kidney, ovaries, testes, lipids, Azov Sea, Black Sea

ВВЕДЕНИЕ

Рапана *Rapana venosa* (Valenciennes, 1846) — вселенец с Дальнего Востока, быстро распространилась в Черном и Азовском морях, стала важным промысловым видом Азово-Черноморского рыбохозяйственного бассейна, оказав негативное влияние на численность двустворчатых моллюсков.

Основным продуктом, получаемым при переработке рапаны, является мясо (нога) — плотный мускулистый вырост брюшной стенки моллюска [1]. По показателям пищевой ценности мясо рапаны относится к нежирному продукту. Содержание липидов в мясе рапаны не превышает 1 %. В липидах мяса рапаны полиненасыщенные жирные кислоты составляют более 50 % от общего количества жирных кислот, наиболее распространенные относятся к классу омега-3. Сумма эйкозапентоеновой кислоты (EPA) и докозагексаеновой кислоты (DHA) составляет 40,8 % от общего количества жирных кислот. Отмечается высокое содержание витамина D₃ (18,3 мкг на 100 г), астаксантина (20,73 мкг на 100 г) и низкое содержание холестерина (19,8 мг на 100 г) [2]. Мясо рапаны в среднем содержит 16,7 % белка и характеризуется присутствием всех незаменимых аминокислот (до 33,6 % массы белка), среди которых преобладают лейцин и лизин [3], также отмечается высокое содержание таурина [4]. Такой состав обуславливает возможность использования мяса рапаны в качестве диетического продукта для групп людей, нуждающихся в дополнительных источниках незаменимых аминокислот, таурина, EPA, DHA.

Применение малоотходной/безотходной технологии предполагает комплексное и наиболее полное использование образующихся отходов (внутренностей и раковин) при выпуске пищевой, кормовой, технической, медицинской и другой продукции из рапаны [5]. В настоящее время внутренности рапаны утилизируются, поэтому решение вопроса их возможного использования является весьма актуальным.

Внутренности рапаны (висцеральная масса), образующиеся при разделке моллюска, обычно составляет 9,5–11,9 % от массы тела, извлеченного из раковины [6]. При освоении рекомендованного объема вылова рапаны (около 7000 т в 2021 г.) количество образовавшихся внутренностей может составить 660–830 т.

Во внутренностях рапаны обнаружены более высокие, чем в мясе, концентрации липидов, незаменимых аминокислот, EPA и DHA [7]. Являясь источником полиненасыщенных липидов, внутренности могут представлять большой потенциал для разработки функциональных продуктов питания и/или пищевых добавок для человека.

Присутствие полиненасыщенных жирных кислот, витаминов E и D делает экстракты липидов эффективными при заживлении ожогов кожи. Экспериментами, проведенными на крысах, было доказано сокращение времени заживления до 13–15 дней при использовании экстрактов липидов из рапаны по сравнению с 20–22 днями для контрольных животных [8]. Данные исследования показывают возможность будущего применения экстрактов липидов рапаны в косметических средствах по уходу за кожей и/или фармацевтических препаратах, благодаря их регенеративным свойствам.

Другим направлением переработки внутренностей рапаны может быть их ферментализация с целью получения натуральных функциональных [9] или кормовых продуктов [10]. Гидролизаты из рапаны обладают более высокой активностью по нейтрализации гидроксильных радикалов по сравнению с витамином C и могут быть полезными ингредиентами в пищевых продуктах. Ю.В. Никитченко и др. [11] было показано, что добавление биополимера из ткани рапаны в рацион крыс на фоне несбалансированной диеты приводит к существенному снижению содержания гидроперекисей липидов в гепатоцитах и нормализации этого показателя в сыворотке крови животных.

В то же время, ранее проведенными исследованиями отмечалось повышенное содержание кадмия во внутренностях рапаны [12]. По утверждению Liang и др. [13] *R. venosa* демонстрирует наибольшую способность к биоаккумуляции кадмия и может служить биоиндикатором при мониторинге загрязнения воды данным токсикантом. Другими исследователями было показано превышение допустимого уровня в рапане не только кадмия, но и мышьяка [14, 15].

В связи с вышеизложенным, целью настоящей работы являлось определение соответствия внутренностей рапаны по показателям безопасности требованиям технического регламента ТР ТС 021/2011 [16], а также установление возможности ферментализации внутренностей рапаны, как наиболее простого способа переработки данного вида сырья.

Для решения поставленной цели рассматривались следующие задачи:

- оценка внутренностей рапаны, выловленной в Азовском море (Керченский пролив) и Черном море (Феодосийский залив), по показателям безопасности;
- проведение ферментализации внутренностей рапаны и оценка полученного продукта на соответствие требованиям ТР ТС 021/2011;
- сравнительная характеристика загрязненности токсикантами отдельных внутренних органов рапаны;
- сравнение загрязненности внутренностей рапаны из Азовского моря и Черного моря.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом исследования являлась рапана, выловленная в Азовском море (Керченский пролив) и Черном море (Феодосийский залив) в период с мая по август 2020 г. Содержание белка во внутренностях составило 14,1–19,3 %, углеводов — 4,5–6,7 %, жира — 1,6–3,5 %, золы — 1,9–2,3 %.

Определение содержания белка, жира, золы осуществлялось стандартными методами [17]. Определение углеводов проводилось с помощью спектрофотометра УФ 1200 [18]; небелковый азот определялся с применением метода Кьельдаля путем осаждения белковых азотистых веществ 20 % раствором трихлоруксусной кислоты [19]. Ферментализация проводилась под действием бактериальной протеазы Протозим В (далее — протозим), содержащей неспецифическую высокоактивную эндопептидазу и имеющей значительную кератиназную активность (рН оптимум 6,5, температурный диапазон 30–55 °С, активность 50000 ед/г). Для гидролиза углеводов использовался солод [20]. Степень гидролиза белков оценивалась по массовой доле небелкового азота в общем азоте [21]. Определение кислоторастворимых форм свинца, мышьяка, кадмия проводилось методом беспламенной атомной абсорбции с электротермической атомизацией [22, 23]; общей ртути — методом беспламенной атомной абсорбции в «холодном паре» [24]; ДДТ и метаболитов, ГХЦГ (альфа-, бета-, гамма-изомеров) — методом газожидкостной хроматографии [25]; полихлорированных бифенилов — методом хроматомасс-спектрометрии [26]; радионуклидов — регистрацией аппаратурных спектров сцинтилляционными детекторами β- и γ-излучения с последующей обработкой при помощи специализированного программного обеспечения [27].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты исследований внутренностей рапаны, выловленной в Азовском море (Керченский пролив), по показателям безопасности представлены в табл. 1.

Во внутренностях рапаны из Азовского моря концентрация кадмия превысила допустимый уровень в 4,3 раза, содержание мышьяка было выше допустимого уровня на 7,8 %. Содержание токсичных свинца и ртути было значительно ниже допустимого уровня, установленного ТР ТС 021/2011. Из стойких высокотоксичных хлорорганических пестицидов во внутренностях рапаны обнаружен только метаболит препарата ДДТ п,п-ДДЕ в низкой концентрации. Полихлорированные бифенилы, радионуклиды (цезий-137, стронций-90) во внутренностях проанализированных образцов рапаны не обнаружены.

Для наблюдения за изменением содержания токсикантов во внутренностях рапаны в процессе переработки был проведен ряд экспериментов по их ферментализации, который рассматривался как

Таблица 1. Содержание токсикантов во внутренностях рапаны

Наименование токсиканта	Содержание, на сырую массу	Допустимый уровень для моллюсков, не более [16]
<i>Мышьяк, мг/кг</i>	5,39	5,0
<i>тяжелые металлы, мг/кг</i>		
Свинец	0,05	10,0
Кадмий	8,6	2,0
Ртуть	0,025	0,2
<i>радионуклиды, Бк/кг</i>		
Цезий-137	<2,9	130
Стронций-90	<16,2	100
<i>хлорорганические пестициды, мкг/кг</i>		
α -ГХЦГ	<0,1	не нормируется
β -ГХЦГ	<0,2	
γ -ГХЦГ	<0,1	
о,п-ДДЕ	<0,1	
п,п-ДДЕ	0,2	
о,п-ДДД	<0,1	
п,п-ДДД	<0,1	
о,п-ДДТ	<0,1	
п,п-ДДТ	<0,1	
<i>полихлорированные бифенилы, мкг/кг</i>		
Трихлорбифенилы	<1,0	не нормируется
Тетрахлорбифенилы	<1,0	
Пентахлорбифенилы	<1,0	
Гексахлорбифенилы	<1,0	
Гептахлорбифенилы	<1,0	

наиболее приемлемый технологический процесс для данного сырья. При этом предполагалось, что отделение плотной (непроферментированной) массы внутренностей от ферментолита могло бы снизить содержание кадмия и мышьяка.

Ферментативный способ получения гидролизатов считается наиболее современным и перспективным. Он проводится под действием «щадящих» температур для сохранения аминокислот, витаминов, других нутриентов и без использования растворов кислот и щелочей.

При определении условий и режимов ферментализации внутренностей рапаны за основу была взята технология натуральных функциональных пищевых продуктов из двустворчатых моллюсков, ранее разработанная в Азово-Черноморском филиале ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ») [28, 29]. Использовался следующий режим ферментализации: гидромодуль – 1:1, температура – 50 °С, продолжительность – 120 мин. Экспериментальные работы проводились с использованием ферментного препарата протозим в количестве 0,4, 0,6 и 1,0 % к массе сырья, с добавлением/без добавления солода в количестве 2,5 % к массе сырья.

Полученные ферментолиты обладали вязкой однородной консистенцией. Цвет ферментолитов – темно-коричневый, запах – рапаны, морской. В ферментолитах отмечался вкус, свойственный

гидролизатам (микробиологический или грибной по оценке разных дегустаторов), в ферментализатах с добавлением солода ощущался сладковатый привкус. Выход ферментализатов составил 14,5–24,2 %. Ферментализаты характеризовались высоким содержанием белка — от 23,1 до 29,8 % (в пересчете на 50 % сухих веществ). Массовая доля небелкового азота в общем азоте (степень гидролиза) составила более 90 %, что указывает на эффективность использованных режимов ферментализации.

Результаты исследования ферментализата, полученного с применением 1,0 % протозима на соответствие требованиям ТР ТС 021/2011, представлены в табл. 2.

В полученном ферментализате произошло увеличение концентрации мышьяка в 2,3 раза, кадмия — в 77 раз по сравнению с допустимым уровнем. Полученные ферментализаты не могут быть рекомендованы для использования в приготовлении микробиологических сред, поскольку в ферментативном пептоне для бактериологических целей не допускается наличие солей тяжелых металлов [30]. Следует отметить, что в ферментализате содержание метаболита п,п-ДДЕ составило 0,1 мкг/кг, т. е. произошло снижение уровня п,п-ДДЕ на 50 %, по сравнению с внутренностями рапаны (п,п-ДДЕ — 0,2 мкг/кг).

С целью определения, какой из внутренних органов рапаны в большей степени аккумулирует кадмий и мышьяк, были исследованы на содержание данных токсикантов отдельные внутренние органы рапаны, выловленной в Азовском море, а также для сравнения внутренности рапаны, выловленной в Черном море. Одновременно на содержание кадмия и мышьяка было исследовано мясо (нога) рапаны (табл. 3).

Таблица 2. Содержание токсикантов в ферментализате, полученном из внутренностей рапаны

Наименование токсиканта	Содержание, на сырую массу	Допустимый уровень для пищевой рыбной продукции, не более [16]
Мышьяк, мг/кг	11,71	5,0 (для морских видов)
<i>тяжелые металлы, мг/кг</i>		
Свинец	0,16	1,0
Кадмий	15,3	0,2
Ртуть	0,025	0,5 (для морских видов)
<i>хлорорганические пестициды, мкг/кг</i>		
α-ГХЦГ	<0,1	0,2 (для морских видов)
β-ГХЦГ	<0,2	
γ-ГХЦГ	<0,1	
о,п-ДДЕ	<0,1	0,2 (для морских видов)
п,п-ДДЕ	0,1	
о,п-ДДД	<0,1	
п,п-ДДД	<0,1	
о,п-ДДТ	<0,1	
п,п-ДДТ	<0,1	
<i>полихлорированные бифенилы, мкг/кг</i>		
Трихлорбифенилы	<1,0	2,0 (5,0 для продукции из печени рыб)
Тетрахлорбифенилы	<1,0	
Пентахлорбифенилы	<1,0	
Гексахлорбифенилы	<1,0	
Гептахлорбифенилы	<1,0	

Таблица 3. Сравнительная характеристика мяса и внутренностей рапаны по содержанию кадмия и мышьяка

Наименование образца	Содержание, мг/кг сырой массы	
	кадмий	мышьяк
<i>Азовское море</i>		
Мясо (нога)	0,03	0,05
Внутренности (из табл. 1)	8,6	5,39
Почка	48,0	0,16
Яичник/семенник	1,6	0,17
Пищеварительная железа	4,2	0,19
<i>Черное море</i>		
Мясо (нога)	0,13	0,06
Внутренности	3,5	0,10
<i>Допустимый уровень для моллюсков [16]</i>	<i>2,0</i>	<i>5,0</i>

Содержание кадмия и мышьяка в мясе рапаны, выловленной в Азовском и Черном морях, соответствовало требованиям ТР ТС 021/2011.

Образцы внутренностей рапаны из Азовского моря имели более высокое содержание кадмия, чем внутренности рапаны из Черного моря (8,6 мг/кг против 3,5 мг/кг при норме 2,0 мг/кг). Наибольшее накопление кадмия отмечалось в почке рапаны из Азовского моря (48 мг/кг), превышающее допустимый уровень в 24 раза. В пищеварительной железе содержание данного токсиканта оказалось выше допустимого уровня в 2 раза. В яичнике/семеннике содержание кадмия и мышьяка не превысило установленных норм.

Превышения содержания мышьяка в отдельных внутренних органах рапаны из Азовского моря и во внутренностях рапаны из Черного моря не отмечено.

Безопасными по содержанию кадмия и мышьяка являются яичники/семенники рапаны, выловленной в Азовском море, выход которых составил 10,9 % от массы внутренностей. Для установления экономической целесообразности выделения яичников/семенников из внутренностей рапаны и их дальнейшей переработки необходимо более детальное исследование биохимического состава яичников/семенников с целью определения привлекательности для потребителя полученных питательных веществ.

ВЫВОДЫ

1. Установлено превышение содержания кадмия и мышьяка во внутренностях рапаны, выловленной в Азовском море (Керченский пролив), а также кадмия во внутренностях рапаны, выловленной в Черном море (Феодосийский залив). При этом, мясо рапаны, получаемое при разделке моллюска, соответствует по содержанию кадмия и мышьяка требованиям ТР ТС 021/2011.
2. Продукт, полученный в результате ферментализации и последующего упаривания ферментализата до содержания сухих веществ не менее 50 %, характеризовался повышенным содержанием кадмия и мышьяка.
3. Из исследованных отдельных внутренних органов рапаны из Азовского установлено, что только яичники/семенники соответствуют по содержанию кадмия и мышьяка требованиям ТР ТС 021/2011.
4. Яичники/семенники рапаны из Азовского моря могут представлять интерес для дальнейших исследований с целью разработки технологических параметров извлечения из них необходимых для человека нутриентов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 33286–2015. Мясо брюхоногих моллюсков охлажденное и мороженое. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2016. 10 с.
2. Panayotova V., Merzdhanova A., Dobрева D., Stancheva R. Black sea *Rapana venosa* — a promising source of essential lipids // Journal of IMAB — Annual Proceeding (Scientific Papers). 2019. Vol. 25. Issue 1. doi: 10.5272/jimab.2019251.2401.
3. Битютская О., Любчик В., Овсянникова Т. Использование моллюска в технологии диетических продуктов // Товары и рынки. 2012. № 2. С. 111–121.
4. Luo F., Xing R., Wang X., Peng Q., Li P., 2017. Proximate composition, amino acid and fatty acid profiles of marine snail *Rapana venosa* meat, visceral mass and operculum // J. Sci. Food Agric. 97 (15), 5361–5368. doi: 10.1002/jsfa.8425.
5. Чернявская С.Л., Есина Л.М., Кривонос О.Н., Богомолова В.В., Белякова И.А. Исследование микробиологических показателей кормовой кальциевой добавки из раковин рапаны *Rapana venosa* // Водные биоресурсы и среда обитания. 2020. Т. 3, № 4. С. 103–110. doi: 10.47921/2619-1024_2020_3_4_103.
6. Есина Л.М., Горбенко Л.А. Определение выхода мяса рапаны при ее разделке // Водные биоресурсы и среда обитания. 2020. Т. 3, № 3. С. 67–77. doi: 10.47921/2619-1024_2020_3_3_67.
7. Luo F., Xing R., Wang X., Yang H., Li P. Antioxidant activities of *Rapana venosa* meat and visceral mass during simulated gastrointestinal digestion and their membrane ultrafiltration fractions // Int. J. Food Sci. Technol. 2018, 53, 395–403. doi: 10.1111/ijfs.13597.
8. Badiu D., Balu A., Barbes L., Luque R., Nita R., Radu M., Tanase E., Rosoiu N. Physico-Chemical Characterisation of Lipids from *Mytilus galloprovincialis* (L.) and *Rapana venosa* and their Healing Properties on Skin Burns // Lipids. 2008 Sep; 43(9) : 829-41. doi: 10.1007/s11745-008-3205-2.
9. ГОСТ Р 52349–2005. Продукты пищевые. Продукты пищевые функциональные. Термины и определения. М.: Стандартинформ, 2016. 10 с.
10. Боева Н.П., Дяченко М.М., Артемова А.Г. Научное обоснование технологических параметров процесса ферментации отходов рыбоперерабатывающих предприятий // Труды ВНИРО. 2016. Т. 163. С. 137–148.
11. Никитченко Ю.В., Дзюба В.Н., Овсянникова Т.Н., Битютская О.Е., Бондарь В.В., Шеремет А.А., Попович А.С. Коррекция биополимером из тканей рапаны состояния прооксидантно-антиоксидантного баланса организма крыс при несбалансированном питании // Вісник Харківського національного університету ім. В.Н. Каразіна. 2008. № 831. Сер.: Медицина. Вип. 16. С. 13–17.
12. О результатах работ по созданию новых видов консервов в бело-розовом соусе / отчет о НИР / ЮгНИРО; рук. В.В. Кракатица ; исполн. : А.А. Вородимова, Д.Г. Зубченко, А.И. Бусова и др. Керчь, 2000. 78 с. Библиогр. : 22 с. № ДР 01000001949. Инв. № Р-6178.
13. Liang L.N., He B., Jiang G.B., Chen D.Y., Yao Z.W. Evaluation of mollusks as biomonitors to investigate heavy metal contaminations along the Chinese Bohai Sea // Science of The Total Environment. 25 May 2004. Vol. 324. Issues 1–3. Pp. 105–113. doi:10.1016/j.scitotenv.2003.10.021.
14. Mülayim A., Balkis H. Toxic metal (Pb, Cd, Cr, and Hg) levels in *Rapana venosa* (Valenciennes, 1846), *Eriphia verrucosa* (Forsk., 1775), and sediment samples from the Black Sea littoral (Thrace, Turkey) // Marine Pollution Bulletin. 15 June 2015. Vol. 95, Issue 1. Pp. 215–222. doi:10.1016/j.marpolbul.2015.04.016.
15. Zhelyazkov G., Yankovska-Stefanova T., Mineva E., Stratev D., Vashin I., Dospatliev L., Valkova E., Popova T. Risk assessment of some heavy metals in mussels (*Mytilus galloprovincialis*) and veined rapa whelks (*Rapana venosa*) for human health // Marine Pollution Bulletin. March 2018. Vol. 128. Pp. 197–201. doi: 10.1016/j.marpolbul.2018.01.024.
16. ТР ТС 021/2011 Технический регламент Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» [Электронный ресурс]. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
17. ГОСТ 7636–85. Рыба, морские млекопитающие, морские беспозвоночные и продукты их переработки. Методы анализа. М.: Стандартинформ, 2010. 125 с.
18. Ермаков А.И., Арасимович В.В., Ярош Н.П. Методы биохимического исследования растений. Л.: Агропромиздат, 1987. 25 с.
19. Головин А.Н. Контроль производства рыбной продукции. Ч. 1. М.: Пищевая промышленность, 1992. 348 с.
20. ГОСТ 29294–2014. Солод пивоваренный. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2016. 125 с.
21. Ярочкин А.П., Помоз А.С. Исследование основных процессов производства ферментированных кормовых продуктов из отходов рыбопереработки // Известия ТИНРО. 2012. Т. 168. С. 288–300.
22. Методика выполнения измерений массовых долей кадмия, меди, свинца и цинка в пробах гидробионтов методом атомной абсорбции с электротермической атомизацией. Ростов-н/Д.: Вираз, 2007. 14 с. ФР.1.31.2007.04014.

23. Методика выполнения измерений массовых долей железа, марганца, мышьяка, никеля и хрома в пробах гидробионтов методом атомной абсорбции с электротермической атомизацией. Ростов-н/Д.: Вираж, 2019. 14 с. ФР.1.31.2019.32870.
24. Методика выполнения измерений массовой доли ртути в пробах гидробионтов методом беспламенной атомной абсорбции. Ростов-н/Д.: Вираж, 2014. 14 с. ФР.1.31.2015.21649.
25. Методика выполнения измерений массовых долей хлорорганических пестицидов в пробах биологического материала пресных и морских водных объектов методом газожидкостной хроматографии. Ростов-н/Д.: Вираж, 2008. 13 с. ФР.1.31.2008.04701.
26. Методика измерений массовых долей индивидуальных конгенов полихлорбифенилов в пробах биологического материала пресных и морских водных объектов методом хроматомасс-спектрометрии. Ростов-н/Д.: Вираж, 2016. 13 с. ФР.1.31.2016.22944.
27. Методика измерения активности радионуклидов с использованием сцинтилляционного гамма-спектрометра с программным обеспечением Менделеево: ГНМЦ «ВНИИФТРИ», 2003. 32 с.
28. Чернявская С.Л., Есина Л.М., Кривонос О.Н., Горбенко Л.А. Получение ферментолизата дрейссены на опытно-промышленной линии // Водные биоресурсы и среда обитания. 2019. Т. 2. № 2. С. 75–79.
29. Чернявская С.Л., Есина Л.М., Кривонос О.Н., Богомолова В.В. Получение ферментолизата из пресноводного моллюска дрейссены (*Dreissena polymorpha*) // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. 2019. № 2. С. 101–111.
30. ГОСТ 13805–76. Пептон сухой ферментативный для бактериологических целей. Технические условия. М.: Изд-во стандартов, 1981. 15 с.

БЕЗОПАСНОСТЬ МЕДУЗ КОРНЕРОТ *RHIZOSTOMA PULMO* КАК ОБЪЕКТА ПЕРЕРАБОТКИ

С. Л. Чернявская, И. А. Белякова, Л. М. Есина, И. В. Кораблина, С. Н. Кистина

Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»),
Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»), Ростов-на-Дону

E-mail: chernyavskaya_s_l@azniirkh.ru

Аннотация. Использование новых объектов промысла для производства пищевой продукции всегда связано с изучением безопасности сырья и продукции из него для человека. Специализированный вылов медуз в Азовском и Черном морях согласно Правилам рыболовства должен осуществляться в период с 15 июня по 30 сентября, который характеризуется среднесуточной температурой воздуха около 25 °С. Результаты исследований микробиологических показателей установлена возможность сохранения качества медуз корнерот *Rhizostoma pulmo* в процессе холодильного хранения. Показана микробиологическая безопасность куполов медузы-сырца в отношении мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов, бактерий группы кишечной палочки, а также патогенных микроорганизмов, в т. ч. сальмонеллы (*Listeria monocytogenes*). Установлен рекомендованный срок годности охлажденной медузы (куполов) в течение 4 суток при температуре воздуха холодильной камеры 4±2 °С при использовании одного из способов охлаждения — льдом, погружением в воду, на воздухе; рекомендованный срок годности мороженой медузы при температуре хранения не выше минус 18 °С установлен в течение 5 месяцев. Показано, что содержание токсичных элементов (свинец, кадмий, ртуть, мышьяк) в медузах не превышает установленный уровень.

Ключевые слова: *Rizostoma pulmo*, охлаждение, замораживание, холодильное хранение, микробиологические показатели, КМАФАнМ, кадмий, срок годности

FOOD SAFETY OF THE BARREL JELLYFISH *RHIZOSTOMA PULMO* AS A RAW MATERIAL FOR PROCESSING

S. L. Chernyavskaya, I. A. Belyakova, L. M. Esina, I. V. Korablina, S. N. Kistina

Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (FSBSI “VNIRO”),
Azov-Black Sea Branch of the FSBSI “VNIRO” (“AzNIIRKH”), Rostov-on-Don

E-mail: chernyavskaya_s_l@azniirkh.ru

Abstract. Integration of new fishing or harvesting targets in the food production is always associated with the examination of the raw material and the products derived from it in terms of the safety for human consumption. A targeted harvesting of jellyfish in the Azov and Black Seas, according to the Fishing Regulations, is to be conducted within 15 June – 30 September timeframe that is characterized by the average daily air temperature around 25 °С. The results of investigation of microbiological characteristics indicate the possibility for preserving the quality of barrel jellyfish *Rhizostoma pulmo* during its cold storage. Microbiological safety of the raw jellyfish bells is determined for mesophilic aerobic and facultative anaerobic microorganisms, bacteria of the coliform group, and pathogenic microorganisms, including salmonella (*Listeria monocytogenes*). Recommended shelf life of chilled jellyfish (bells) is established at the duration of 4 days at the temperature in a refrigerating chamber 4±2 °С, which should involve one of the possible cooling methods: with ice, by water immersion, or by ambient air; recommended shelf life of frozen jellyfish at the storage temperature no higher than minus 18 °С is established at the duration of 5 month. It is shown that content of toxic elements (lead, cadmium, mercury, arsenic) in jellyfish does not exceed the specified allowable level.

Keywords: *Rizostoma pulmo*, chilling, freezing, cold storage, microbiological characteristics, QMAFAnM, cadmium, shelf life

ВВЕДЕНИЕ

Для Азово-Черноморского рыбохозяйственного бассейна медузы корнерот *Rhizostoma pulmo* до настоящего времени не рассматривались, как сырье для производства пищевой продукции. В связи с этим актуальна оценка медуз по показателям безопасности и установление их соответствия требованиям технического регламента [1].

Исследования медуз *Rhizostoma pulmo* из Ионического моря [2] показали, что общая бактериальная обсемененность во всех образцах медуз и в пробах морской воды с июня по октябрь варьировала от $2,7 \times 10^1$ КОЕ/г до $8,5 \times 10^2$ КОЕ/г.

Все образцы медуз показали отсутствие патогенных микроорганизмов (*Salmonella spp.* и *L. monocytogenes*), энтеробактерий и *Pseudomonas spp.* Плесневые грибы и дрожжи также не были обнаружены во всех образцах медуз и морской воде [2].

После мойки стерильной водой в образцах неразделанных медуз общее количество стафилококков составило от 0 до $1,4 \times 10^2$ КОЕ/г; от 0 до $3,7 \times 10^2$ КОЕ/г и от 0 до $2,6 \times 10^2$ КОЕ/г в образцах медуз после разделки на купол и ротовые лопасти и таких же образцах после разделки на купол и ротовые лопасти, охлажденных в течение ночи в пресной воде, соответственно. Эти данные могут быть соотнесены с присутствием стафилококков в морской воде, где их общее количество варьировало от 0 до $1,5 \times 10^2$ КОЕ/г [2].

Кишечные палочки (колиформы и *E. coli*) не были обнаружены в образцах целой и разделанной медузы, как и в морской воде. В охлажденных образцах был обнаружен относительно низкий уровень заражения бактериями группы кишечной палочки, который составлял до $5,5 \times 10^1$ КОЕ/г и до $7,7 \times 10^2$ КОЕ/г для *E. coli* и колиформ, соответственно [2].

Исследованиями [3] представлены аналогичные доказательства микробиологической безопасности образцов куполов медуз *Catostylus tagi* (реки Тежу) по маркерам патогенных микроорганизмов, таким как *Aeromonas hydrophila*, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella spp.* и *Vibrio spp.*

Также в исследовании представлены данные по содержанию тяжелых металлов в куполах медуз *Catostylus tagi* и полуфабрикатах из них [3]. Так, содержания мышьяка, свинца и ртути в куполах медуз не было обнаружено, в полуфабрикате (термически обработанном в микроволновой печи куполах медуз после их дефростации и нарезки кубиками) они находились на низком уровне: $0,15 \pm 0,01$, $0,01 \pm 0,01$ и $< 0,01 \pm 0,01$ мг/100 г сухого вещества соответственно. Содержание кадмия в полуфабрикате находилось на уровне $0,06 \pm 0,01$, в куполе — $0,04 \pm 0,01$ мг/100 г сухого вещества при нормируемом максимальном значении для ракообразных на уровне 0,05, для двусторчатых моллюсков и головоногих моллюсков — 0,1 мг/100 г сырого веса [4].

Медузы являются чрезвычайно скоропортящимся сырьем и, как правило, обрабатываются в течение нескольких часов после сбора, чтобы избежать порчи [2]. В странах Азии основным способом переработки медуз является посол с использованием алюмокалиевых квасцов [5]. Однако, при данном способе заготовки содержание тяжелого металла алюминия в образцах медуз колеблется от 94,3 до 1027,7 мг/кг [6, 7]. Принимая во внимание оценку Объединенного комитета экспертов ФАО/ВОЗ по пищевым добавкам (допустимое недельное потребление алюминия в размере 0–7,0 мг/кг массы тела) авторами Hong Zhang и др. рекомендуется установить максимальный остаточный уровень алюминия в готовых к употреблению продуктах из медуз на уровне 500 мг/кг [7]. При этом следует отметить, что техническим регламентом [8] содержание алюминия регламентируется только в глазированных в сахаре (кондированных), кристаллизованных и засахаренных фруктах и овощах (200 мг/кг).

В связи с этим в данной работе рассматривался способ сохранения медуз с помощью охлаждения и замораживания, т. е. традиционных способов, принятых в технологии переработки водного сырья.

Во время разрешенного специализированного вылова медуз в Азовском и Черном морях в период с 15 июня по 30 сентября [9] среднесуточная температура воздуха в данном регионе составляет около

25 °С. При такой температуре воздуха у медуз после вылова начинается активное слизеотделение с последующим появлением признаков порчи в течение нескольких часов (4–6 ч). Поэтому, как и все гидробионты медузы с момента вылова до обработки должны находиться в условиях, тормозящих развитие автолитических и бактериальных процессов.

Во время охлаждения происходит искусственное понижение температуры в толще тканей сырья, близкой к криоскопической точке, с последующим хранением при температуре воздуха не выше 5 °С, снижение активности ферментов и микроорганизмов. При замораживании температура сырья понижается ниже криоскопической, на практике это осуществляется при температуре воздуха от минус 18 до минус 25 °С, при этом происходит интенсивное льдообразование в тканях с вымораживанием большей части воды [10].

Применение холодильных технологий имеет большое значение, поскольку позволяет обеспечить стабильное в течение круглого года (вне сезонов лова) снабжение сырьем перерабатывающие предприятия, а также освоить рынки сбыта, удаленные от районов лова и портов выгрузки.

В связи с вышеизложенным были рассмотрены следующие задачи:

- исследование микробиологических показателей безопасности медузы-сырца;
- исследование содержания токсичных элементов в медузе-сырце;
- изучение динамики микробиологических показателей медуз при их хранении в охлажденном виде;
- исследование микробиологических показателей безопасности медуз после их хранения в мороженом виде.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследованиях использовались образцы медуз корнерот *Rhizostoma pulmo*, выловленных в июле–августе в Азовском море (45°34'98.94"N, 36°47'52.53"E).

Для исследований использовали купола медуз, для этого медуз после вылова в течение не более 3 ч направляли на разделку, отделяя купол от манубриума и ротовых лопастей, купол промывали пресной проточной водой для удаления слизи.

Охлаждение куполов медуз проводили следующими способами:

Льдом: купола медуз после мойки помещали в контейнер, пересыпая льдом по слоям (дозировка льда составляла 50 % к массе медуз), контейнер накрывали крышкой, хранили в охлаждаемой камере при температуре воздуха 4 ± 2 °С. Для охлаждения использовали дробленый искусственный лед из пресной воды с размером стороны куска льда от 1 до 4 см. Через 24 ч хранения температура в центре контейнера составляла 0–0,5 °С.

В воде: купола медуз после мойки помещали в контейнер, заливали пресной водой температурой 10–15 °С при соотношении медузы и воды 1:1. При определении количества воды, необходимой для хранения медуз, учитывали обильное количество слизи, выделяемое медузами, что приводит к снижению теплопроводности воды [11]. Контейнер с медузами накрывали крышкой, хранили в охлаждаемой камере при температуре воздуха 4 ± 2 °С. Через 24 ч хранения температура в центре контейнера составляла 2–4 °С.

Охлажденным воздухом: купола медуз после мойки помещали в контейнер, накрывали крышкой, хранили в охлаждаемой камере при температуре воздуха 4 ± 2 °С. Через 24 ч хранения температура в толще медуз составляла 4 ± 2 °С.

Замораживание куполов медуз осуществляли после мойки и упаковки в полиэтиленовые пакеты при температуре минус 18 °С.

Микробиологические исследования проводили в ГБУ Республики Крым «Керченская межрайонная ветеринарная лаборатория» по стандартным методикам [12–15].

Определение кислоторастворимых форм свинца, мышьяка, кадмия — методом беспламенной атомной абсорбции с электротермической атомизацией [16, 17], общей ртути — методом беспламенной атомной абсорбции в «холодном паре» [18].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Поскольку микрофлора гидробионтов во многом определяется условиями их обитания, перед проведением работ по хранению медуз в охлаждаемых условиях изучена исходная обсемененность сырья.

Результаты микробиологических исследований показали, что куполы свежих медуз (хранившихся не более 3 ч после вылова) отвечают требованиям технического регламента ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» [1] (табл. 1).

Таблица 1. Микробиологические показатели безопасности куполов медузы-сырца

Наименование образца	Наименование показателя	Результаты исследования	Допустимый уровень* [1]
Купол медузы-сырца	Патогенные микроорганизмы, в т. ч. сальмонеллы, масса продукта (г), в которой не допускается	не выделено	25
	<i>Listeria monocytogenes</i> , масса продукта (г), в которой не допускается	не выделено	25
	КМАФАнМ, КОЕ/г, не более	отсутствие роста	5×10^4
	БГКП, масса продукта (г), в которой не допускается	не выделено	0,01

Примечание: * В отношении таких патогенных микроорганизмов как сальмонеллы и *Listeria monocytogenes* нормы приняты для группы продуктов «Рыба, нерыбные объекты промысла и продукты, вырабатываемые из них» Приложения 1 ТР ТС 021/2011; в отношении количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ) и бактерий группы кишечной палочки (БГКП) — по п. 1.2 для рыбы-сырца, рыбы живой, ракообразных и других беспозвоночных живых Приложения 2 ТР ТС 021/2011

Соответствие куполов медуз требованиям технического регламента (табл. 1) позволяет характеризовать данное сырье как пригодное к переработке на пищевые цели.

По содержанию токсичных элементов медуза-сырец также соответствовала допустимым уровням. Требования безопасности к продовольственному (пищевому) сырью, используемому при производстве пищевых продуктов, должны соответствовать установленным нормам (ст. 13 ТР ТС 021/2011 [1]). Результаты исследований содержания тяжелых металлов (свинец, кадмий и ртуть) и мышьяка в куполах медуз представлены в табл. 2.

Содержание токсичных элементов в медузах не превышает установленный уровень для группы гидробионтов «Моллюски, ракообразные и другие беспозвоночные», что подтверждает безопасность данного сырья как объекта переработки.

Учитывая, что значения микробиологических показателей для куполов медуз-сырца были значительно ниже норм, установленных ТР ТС 021/2011 [1], для определения эффективности сохранения микробио-

Таблица 2. Содержание токсикантов в куполах медуз корнеротов

Токсикант	Содержание, мг/кг сырой массы	Допустимый уровень, не более [1]
Мышьяк	<0,50	5,0
Свинец	<0,05	10,0
Кадмий	0,032±0,010	2,0
Ртуть	<0,005	0,2

логической безопасности медуз в процессе холодильного хранения в течение 2 и 4 суток была изучена динамика КМАФАНМ (табл. 3).

Таблица 3. Микробиологические показатели охлажденных медуз в процессе хранения

Наименование образца	КМАФАНМ, КОЕ/г		
	после 2 сут. хранения	после 4 сут. хранения	допустимый уровень* [1]
Охлажденная медуза (купола):			
– во льду	отсутствие роста	$1,5 \times 10^2$	не более 1×10^5
– в воде	$9,8 \times 10^2$	отсутствие роста	не более 1×10^5
– на воздухе в охлажденной воздушной среде	$1,2 \times 10^3$	$1,2 \times 10^2$	не более 1×10^5

Примечание: * Допустимые уровни показателей приведены для рыбной продукции охлажденной и мороженой, нерыбных объектов промысла

Наименьшая обсемененность после 2 суток хранения отмечена в образцах медуз, охлажденных льдом (отсутствие роста), наибольшая — при хранении на воздухе; после 4 суток охлаждения в образцах, хранящихся в воде и на воздухе, произошло снижение КМАФАНМ, в отличие от медуз во льду, где появился рост микроорганизмов. Стоит отметить, что спустя 4 суток холодильного хранения значения КМАФАНМ во всех образцах находились значительно ниже (до $1,5 \times 10^2$ КОЕ/г) допустимого уровня (1×10^5 КОЕ/г).

Исследованный период холодильного хранения (4 суток) может быть рекомендован как срок годности охлажденной медузы и согласуется с данными нормативной документации относительно сроков годности охлажденной рыбы при температуре от 0 до минус 2 °С, которые составляют 2–12 суток в зависимости от видов рыб [19, 20].

Поскольку замораживание позволяет значительно увеличить срок годности продукции изучено КМАФАНМ мороженых куполов медуз после холодильного хранения в течение 5 месяцев (табл. 4).

КМАФАНМ после 5 месяцев хранения мороженых куполов медуз не превышает установленных норм, поэтому данный срок может рекомендоваться как срок годности мороженой медузы. Данный срок входит в диапазон сроков годности для рыбы при температуре хранения не выше минус 18 °С: от 1 до 18 месяцев (в зависимости от вида рыбы) [21].

Таблица 4. Микробиологические показатели мороженых куполов медуз после 5 месяцев хранения

Наименование образца	КМАФАНМ, КОЕ/г	
	после 5 месяцев хранения	допустимый уровень* [1]
Мороженая медуза (купола)	$9,1 \times 10^2$	не более 1×10^5

Примечание: * Допустимый уровень представлен для рыбной продукции охлажденной и мороженой, нерыбных объектов промысла

ВЫВОДЫ

1. Установлена микробиологическая безопасность куполов медузы-сырца (после разделки и мойки в течение не более 3 ч после вылова) в отношении таких показателей как КМАФАНМ, БГКП, а также патогенных микроорганизмов, в т. ч. сальмонеллы, *Listeria monocytogenes*.
2. Значения КМАФАНМ во всех охлажденных образцах находились значительно ниже (до $1,2 \times 10^3$ КОЕ/г) допустимого уровня (1×10^5 КОЕ/г).

3. Установлен рекомендованный срок годности охлажденной медузы в течение 4 суток при температуре воздуха 4 ± 2 °С с предварительным пересыпанием медуз льдом (дозировка льда 50 % к массе медуз), погружением их в воду (соотношение медузы и воды 1:1), а также при использовании в качестве теплоносителя охлажденной воздушной среды.
4. Результатами исследования показано соответствие КМАФАнМ после 5 месяцев хранения мороженых куполов медуз установленным нормам, данный срок рекомендован как срок годности мороженой медузы при температуре хранения не выше минус 18 °С.
5. Превышения содержания тяжелых металлов (свинец, кадмий и ртуть) и мышьяка в куполах медуз не выявлено, что подтверждает безопасность данного сырья как объекта переработки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ТР ТС 021/2011 Технический регламент таможенного союза. О безопасности пищевой продукции. URL: <http://docs.cntd.ru/document/902320560> (дата обращения 14.09.2021).
2. Blevé G., Ramires F., Gallo A., Leone A. Identification of Safety and Quality Parameters for Preparation of Jellyfish Based Novel Food Products // *Foods*. 2019. Vol. 8, 263. doi: 10.3390/foods8070263.
3. Raposo A., Coimbra A., Amaral L., Gonçalves A., Morais Z. Eating jellyfish: safety, chemical and sensory properties // *Journal Science of Food*. 2018. Vol. 98(10). doi: 10.1002/jsfa.8921.
4. Commission Regulation (EC) № 1881/2006 of 19 December 2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs // *Official Journal of the European Union*, 2006. L364 : 5–24.
5. Hsieh Y-H.P., Rudloe J. Potential of utilizing jellyfish as food in Western countries // *Trends in Food Science & Technology*. 1994. Vol. 5, issue 7. P. 225–229.
6. Lin S.L., Hu J.M., Guo R., Lin Y., Liu L.L., Tan B.K., Zeng S.X. Potential dietary toxicity assessment of alum-processed jellyfish // *Bulgarian Chemical Communications*. 2017. Vol. 49. P. 70–77.
7. Hong Zhang, Ji Yue Zhang, Hua Li Wang, Peng Jie Luo, Jian Bo Zhang, The Revision of Aluminum-containing Food Additive Provisions in China // *Biomedical and Environmental Sciences*. 2016. Vol. 29, issue 6. P. 461–466.
8. ТР ТС 029/2012 Технический регламент Таможенного союза «Требования безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств» [Электронный ресурс]. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
9. Правила рыболовства для Азово-Черноморского рыбохозяйственного бассейна, утв. Приказом Минсельхоза РФ № 1 от 09.01.2020. URL: <https://minjust.consultant.ru/special/documents/document/45743?items=1&page=2> (дата обращения 02.09.2021).
10. Быкова В.М., Белова З.И. Справочник по холодильной обработке рыбы. М.: Агропромиздат, 1986. 208 с.
11. Hayashi Y. Detrimental Effect of Moon Jellyfish *Aurelia aurita* on Cooling of Sea Water in the Fish Hold of Set Net Fishing Boat // *NIPPON SUISAN GAKKAISHI*. 1998. Vol. 64. P. 1046–1052. doi: 10.2331/suisan.64.1046.
12. ГОСТ 31659–2012 Продукты пищевые. Метод выявления бактерий рода *Salmonella*. М.: Стандартинформ, 2014. 20 с.
13. ГОСТ 32031-2012 Продукты пищевые. Методы выявления бактерий *Listeria Monocytogenes*. М.: Стандартинформ, 2014. 26 с.
14. ГОСТ 31747-2012 Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества бактерий группы кишечных палочек (колиформных бактерий). М.: Стандартинформ, 2013. 16 с.
15. ГОСТ 10444.15–94 Продукты пищевые. Методы определения количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов. М.: Стандартинформ, 2010. 7 с.
16. ФР. 1.31.2007.04014 Методика выполнения измерений массовых долей кадмия, меди, свинца и цинка в пробах гидробионтов методом атомной абсорбции с электротермической атомизацией. Ростов-н/Д.: Вираз, 2007. 14 с.
17. ФР.1.31.2019.32870 Методика выполнения измерений массовых долей железа, марганца, мышьяка, никеля и хрома в пробах гидробионтов методом атомной абсорбции с электротермической атомизацией. Ростов-н/Д.: Вираз, 2019. 14 с.
18. ФР.1.31.2015.21649 Методика выполнения измерений массовой доли ртути в пробах гидробионтов методом беспламенной атомной абсорбции. Ростов-н/Д.: Вираз, 2014. 14 с.
19. ГОСТ 814-2019 Рыба охлажденная. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2010. 15 с.
20. ГОСТ 32004-2012 Рыба мелкая охлажденная. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2019. 8 с.
21. ГОСТ 32366-2013 Рыба мороженая. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2014. 22 с.

СОСТОЯНИЕ ЗООПЛАНКТОННОГО СООБЩЕСТВА ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ ЧЕРНОГО МОРЯ (ПО ДАННЫМ ОСЕННЕГО МОНИТОРИНГА 2020 Г.)

М. Л. Мартынюк

Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»),
Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»), Ростов-на-Дону
E-mail: gidrobiont.az@yandex.ru

Аннотация. В работе рассматриваются особенности развития и пространственного распределения животного планктона прибрежной зоны Черного моря, охватывающей акватории Крымского полуострова и северо-восточной части моря. Зоопланктонное сообщество в подавляющем своем большинстве формировалось кормовыми организмами, распределение которых по акватории было крайне неравномерным. Наиболее низкие и максимально высокие значения численности и биомассы кормового планктона отмечались в северо-восточной части моря. На акватории Крымского полуострова их распределение было более равномерным. Наибольший уровень развития отмечался у представителей летне-осеннего комплекса с обычными для этого сезона видами-доминантами *Oithona davisae* и *Penilia avirostris*. Ночесветка *Noctiluca scintillans* на всей исследованной акватории развивалась слабо. Более массово этот вид был представлен на побережье Крымского полуострова. Наибольшим видовым разнообразием характеризовались прибрежные акватории северо-восточной части Черного моря.

Ключевые слова: зоопланктон, численность, биомасса, копеподы, экологические группы

STATUS OF THE ZOOPLANKTON COMMUNITY IN THE BLACK SEA COASTAL WATERS (BASED ON THE DATA COLLECTED DURING AN AUTUMN MONITORING SURVEY IN 2020)

M. L. Martynyuk

Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (FSBSI "VNIRO"),
Azov-Black Sea Branch of the FSBSI "VNIRO" ("AzNIIRKH"), Rostov-on-Don
E-mail: gidrobiont.az@yandex.ru

Abstract. This work considers specific features of development and spatial distribution of the animal plankton in the coastal waters of the Black Sea encompassing the areas along the Crimean Peninsula and in the northeastern part of the sea. Zooplankton community was predominantly comprised of the live feed organisms, which distribution across this areas was extremely irregular. The lowest and the highest values of the biomass and abundance of live feed plankton were recorded in the northeastern part of the sea. In the area around the Crimean Peninsula, their distribution was more uniform. The highest level of development was recorded for the representatives of the summer and autumn range of species, with *Oithona davisae* and *Penilia avirostris* as the dominant species, which prevalence is characteristic for these seasons. Sea sparkle *Noctiluca scintillans* was poorly developed throughout the entire investigated area. In higher numbers, this species was presented in the coastal waters of the Crimean Peninsula. The coastal waters of the Northeastern Black Sea were characterized by the highest species diversity.

Keywords: zooplankton, abundance, biomass, copepods, ecological groups

ВВЕДЕНИЕ

Многие виды рыб на разных этапах жизненного цикла зависят от зоопланктона, как источника пищи. Если выживание икры и предличинок рыб в основном зависит от абиотических факторов среды и воздействия хищников, то на всех последующих этапах развития — от обеспеченности пищей, основным компонентом которой является зоопланктон. Поэтому количественные и качественные изменения зоопланктона являются индикатором того, что произойдет с запасами рыб в ближайшие годы.

Результаты исследований, проводимые на протяжении последних десятилетий, показали, что черноморская экосистема претерпевает изменения под воздействием природных и антропогенных факторов, которые оказывают влияние на интенсивность продуцирования и распределение зоопланктона, способствуют проникновению и натурализации новых видов, приводя к структурным перестройкам сообщества [1–4]. Изменения, происходящие в планктоне моря в последние годы, вызывают необходимость проведения регулярного мониторинга за состоянием зоопланктона. Анализ состояния сообщества зоопланктона позволяет оценить трофическую базу рыб на современном этапе, а также выявить тенденции ее изменений. В данной работе рассматриваются особенности развития и пространственного распределения животного планктона в прибрежной акватории Черного моря в начале осени 2020 г.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В работе использованы материалы, собранные в прибрежной зоне Черного моря — от Караджинской бухты Крымского полуострова до г. Адлер. Отбор проб зоопланктона осуществлялся с борта РС «Илия» с 12 по 28 сентября 2020 г. Выполнено 23 станции над глубинами от 20 до 85 м. Карта-схема станций отбора проб приведена на рис. 1.

Зоопланктон отбирали сетью Джели (площадь входного отверстия 0,1 м², размер ячеи 112 мкм), проводя тотальные вертикальные ловы от дна до поверхности. На 15 станциях были выполнены послонные ловы: 0–15 м, 15–25 м, 25–дно. Сбор и обработку проб проводили по общепринятым для гидробиологических исследований методикам [5, 6]. Пробы фиксировали 4 % нейтральзованным формалином. Камеральную обработку проводили счетным методом в камере Богорова с использованием МБС-10. Все голопланктонные формы определяли по стадиям развития до вида, личинки меропланктона — до крупных таксонов. Малочисленные и крупные организмы просчитывали во всей пробе. Массовые виды считали в квоте, которую отбирали в двукратной повторности из рабочего объема сконцентрированной пробы штемпель-пипеткой. Численность организмов пересчитывали на 1 м³. Для расчета биомассы зоопланктона использовали стандартные веса планктонных организмов [7].

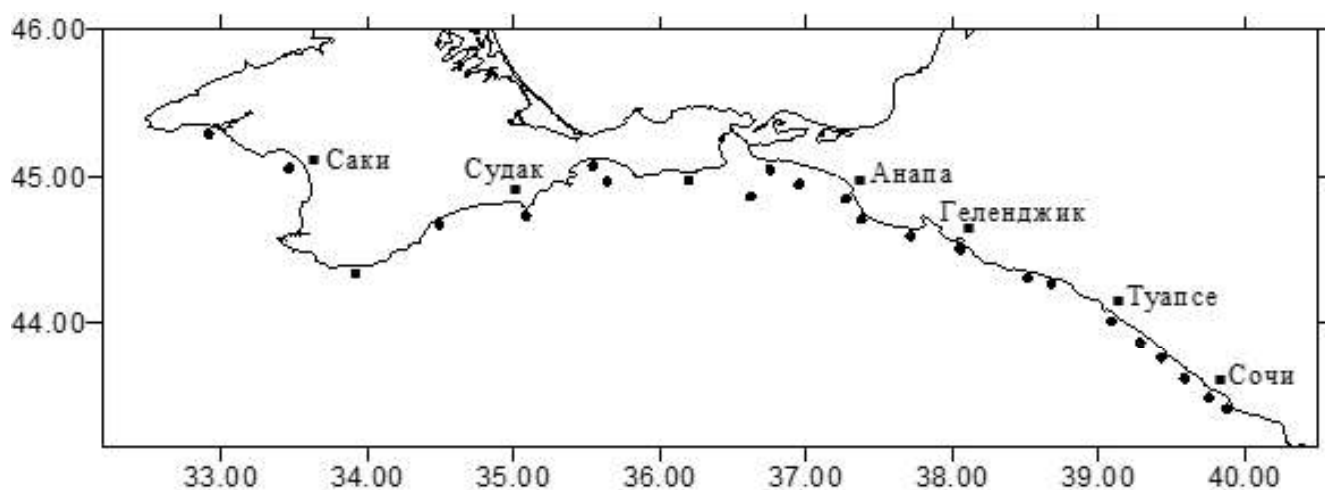


Рис. 1. Карта-схема станций отбора проб

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В составе зоопланктонного сообщества прибрежной зоны Черного моря в осенний период было обнаружено 19 видов эупланктонных организмов из 7 систематических групп. Основу биологического разнообразия сообщества составляли копеподы, включавшие 12 видов. Кладоцеры содержали 3 вида, такие группы как коловратки, щетинкочелюстные, аппендикулярии и простейшие были представлены 1 видом. Значительную роль в планктонном сообществе играл временный или меропланктон, состоящий из различных личиночных форм моллюсков, червей, донных ракообразных и других бентосных животных, которые до вида не идентифицировались. В составе меропланктона выделено 11 таксонов. Все перечисленные группы относятся к кормовому планктону, составляющему основу питания рыб. Некормовой планктон представляла гетеротрофная динофлагеллята *Noctiluca scintillans* (Macartney) Kofoid & Swezy, 1921, которая из-за своего крупного размера и всеядного типа питания рассматривается как компонент мезозоопланктона [8, 9]. Наибольшее видовое разнообразие планктона отмечалось в прибрежных акваториях северо-восточной части Черного моря.

Пространственное распределение. В исследованный период зоопланктонное сообщество более чем на 95 % формировалось кормовыми организмами, распределение которых по акватории было крайне неравномерным. Численность варьировала в пределах 2,3–23,8 тыс. экз./м³, в среднем по району работ составив 9,5 тыс. экз./м³, биомасса изменялась от 8,8 до 556,1 мг/м³ при среднем значении 99,1 мг/м³ (таблица). Как самые низкие, так и самые высокие количественные показатели развития зоопланктона отмечались в северо-восточной части моря. Так, на юге Кавказского района возле поселков Лазаревское, Головинка и Дагомыс численность составляла всего 2,3–2,8 тыс. экз./м³, биомасса 8,8–13,6 мг/м³, в районе г. Анапа — 3,9 тыс. экз./м³ и 26,5 мг/м³. Максимально высокие значения зоопланктонных организмов отмечались на траверзе мыса Железный Рог — 23,8 тыс. экз./м³ и 556,1 мг/м³. На акватории Крымского полуострова пространственное распределение зоопланктона было более равномерным, составляя 9,2–15,1 тыс. экз./м³ численности и 50,1–146,4 мг/м³ биомассы (рис. 2).

На побережье Крымского полуострова основную часть биомассы кормового зоопланктона в равных долях формировали копеподы и кладоцеры, суммарно составляя 76 % (рис. 3). У копепод основу численности (98 %) и биомассы (94 %) формировали 4 вида *Oithona davisae*, *Paracalanus parvus*, *Acartia (Acanthacartia) clausi*, *Centropages ponticus*, остальные виды (*Oithona similis*, *Pseudocalanus*

Количественные показатели развития зоопланктона в прибрежной зоне Черного моря в сентябре 2020 г.

Показатели	Крым		Кавказ		Вся акватория	
	N, экз./м ³	B, мг/м ³	N, экз./м ³	B, мг/м ³	N, экз./м ³	B, мг/м ³
Общий зоопланктон	11560±1187	93,0±10,9	8485±1440	110,5±35,7	9554±1041	104,4±23,0
Некормовой зоопланктон	129±45	10,3±3,6	33±15	2,6±1,2	66±20	5,3±1,6
Кормовой, в т. ч.:	11431±1216	82,7±11,9	8452±1441	107,9±35,7	9488±1042	99,1±23,2
копеподы	7760±744	32,5±4,1	4784±686	19,4±4,0	5819±585	23,9±3,2
кладоцеры	1036±190	32,0±6,6	1644±715	73,7±32,5	1432±463	59,2±21,3
коловратки	<1	<0,01	0	0	<1	<0,001
меропланктон	1441±377	6,5±1,5	1491±420	6,3±2,4	1474±286	6,4±1,6
щетинкочелюстные	188±40	4,70±0,9	144±19	5,8±0,9	159±18	5,4±0,6
аппендикулярии	1006±142	7,0±1,0	388±85	2,7±0,6	603±95	4,2±0,7
простейшие	0	0	1±1	<0,01	<1	<0,001
Количество видов	24		28		30	

elongatus, *Calanus euxinus*, *Acartia (Acanthacartia) tonsa*, *Harpacticus sp.*) встречались в незначительных количествах и имели статус сопутствующих. Из кладоцер массовое развитие получила только *Penilia avirostris*.

В северо-восточной части моря, где температура воды была выше на 3,3 °С, чем на Крымском побережье, биомасса зоопланктона почти на 70 % была сформирована ветвистоусыми раками и, в частности, теплолюбивой *Penilia avirostris*, которая при благоприятных условиях может давать вспышку в развитии и формировать очень большую биомассу, т. к. обладает высокой скоростью роста [10]. Из трех представителей кладоцер на долю пенилии приходилось 92 % численности и 96 % биомассы этой группы, остальные виды (*Evadne spinifera*, *Pseudevadne tergestina*) имели статус сопутствующих. Вторым по значимости компонентом кормового планктона в этом районе являлись веслоногие ракообразные, среди которых, как и на побережье Крымского полуострова, также наиболее активно развивались четыре вида — *O. davisae*, *P. parvus*, *A. (Acanthacartia) clausi*, *C. ponticus*. Однако, видовое разнообразие здесь было несколько выше. Кроме идентичных с Крымским побережьем видов здесь встречались *Acartia*

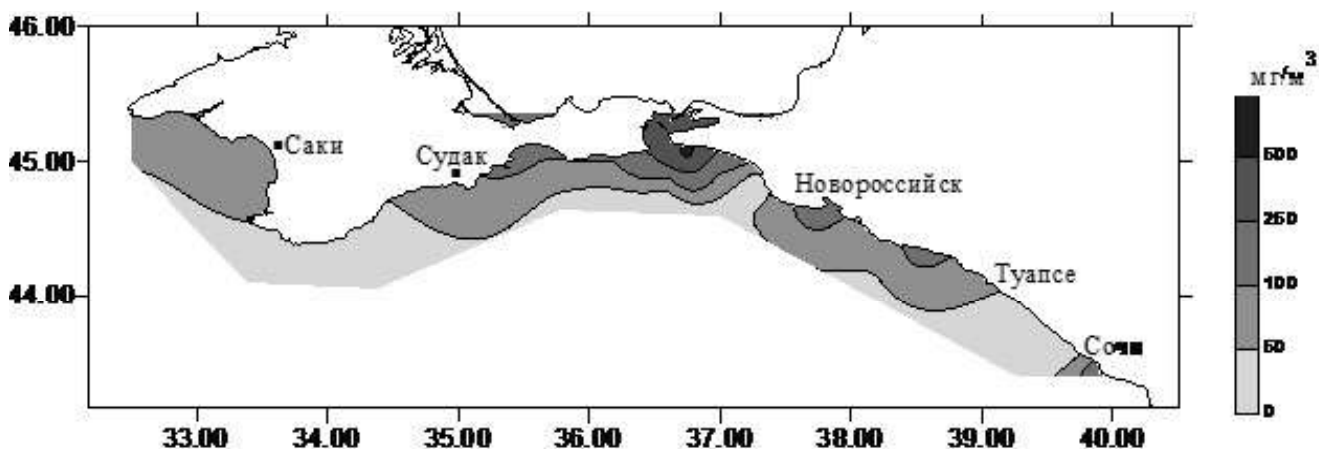


Рис. 2. Распределение кормового зоопланктона в сентябре 2020 г.

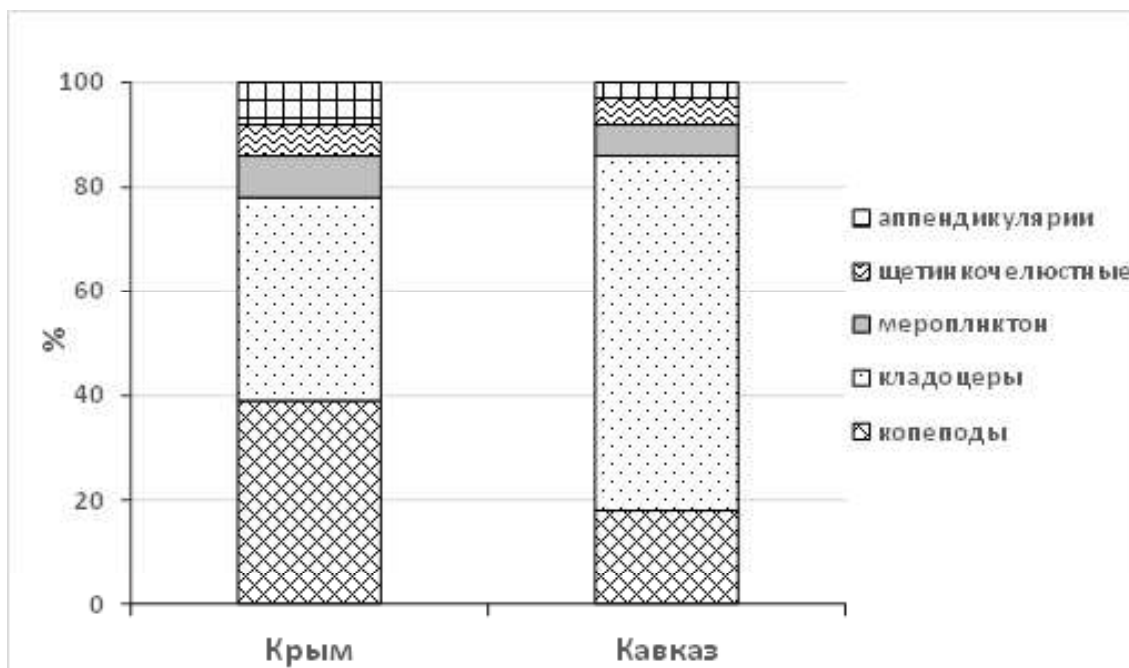


Рис. 3. Состав кормового зоопланктона, % по биомассе

(*Acanthcartia clausi* (малая форма), *Pontella mediterranea* и *Monstrillia sp.* Интенсивность развития меропланктона и щетинкочелюстных — *Parasagitta setosa* как в Крыму, так и на Кавказе находилась на одном уровне. Ойкоплеуры значительно активнее (в 2,5 раза) развивались на побережье Крымского полуострова, где наиболее высокие ее показатели были отмечены в западной части.

Ночесветка *N. scintillans* на всей исследованной акватории развивалась слабо, что вполне согласуется с ее сезонной динамикой. Более массово этот вид был представлен на побережье Крымского полуострова со средней численностью 129 экз./м³, биомассой 10,3 мг/м³ и наибольшими концентрациями в районе южной части полуострова (рис. 4). В северо-восточной части моря уровень развития ноктилюки был в 4 раза ниже и составлял в среднем 33 экз./м³ и 2,6 мг/м³. На юге Кавказского района этот вид в планктоне отсутствовал.

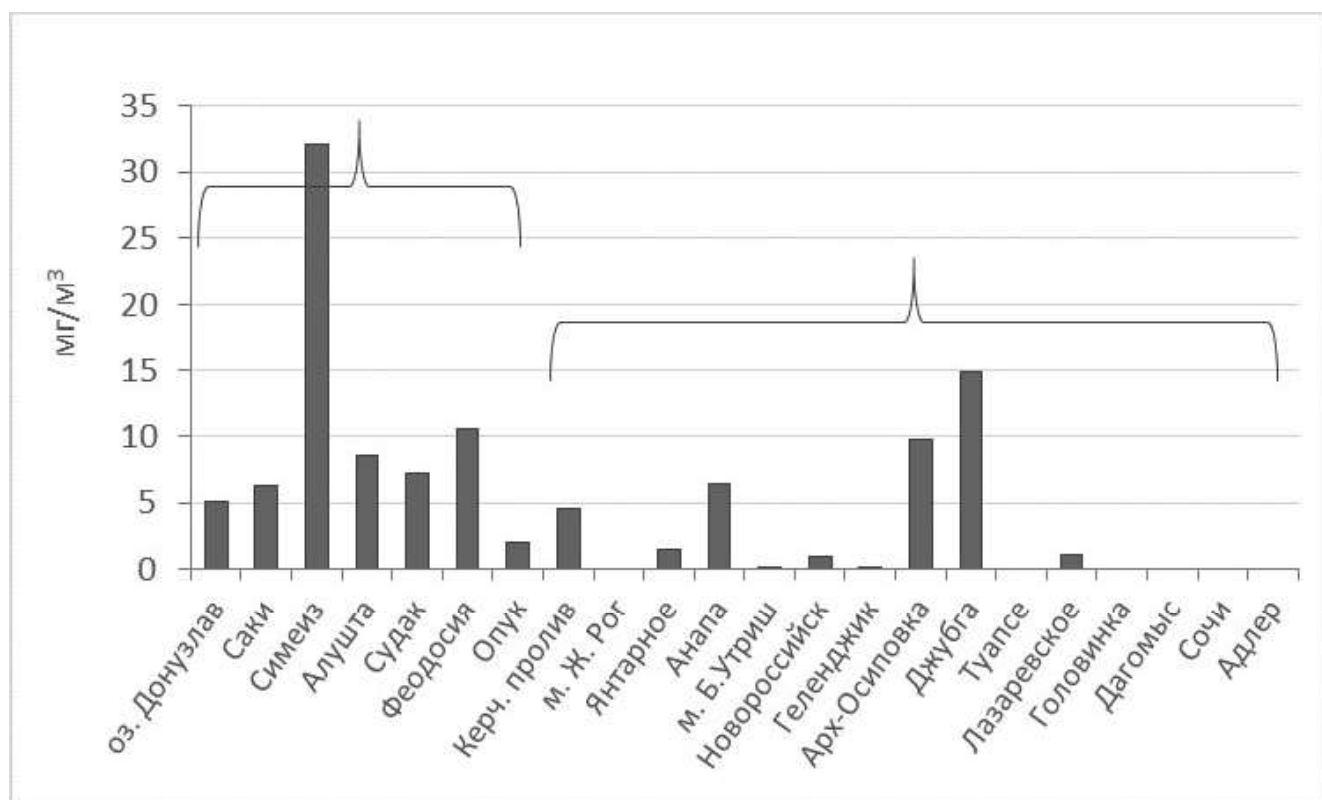


Рис. 4. Распределение биомассы *N. scintillans* по станциям

Вертикальное распределение зоопланктона. На всей исследованной акватории наибольшее качественное и количественное развитие зоопланктона отмечалось в самом верхнем слое (поверхность–15 м). В этом наиболее прогреваемом слое водной толщи активно продуцировали теплолюбивые организмы. Видовой состав был представлен 24–25 организмами. Количественные показатели развития зоопланктонного сообщества на этом горизонте и в районе Крымского побережья, и в северо-восточной части моря отличались между собой незначительно (рис. 5). На акватории Крыма общая численность планктона изменялась от 13020 до 22873 экз./м³, в среднем составляя 17344 экз./м³, в Кавказском районе — от 2752 до 18858 экз./м³ при среднем значении 11774 экз./м³. Ядро численности (64–69 %) создавали копеподы, среди которых доминировала *Oithona davisae*. Общая биомасса зоопланктона на акватории Крыма варьировала в пределах 94,0–148,6 мг/м³, составляя в среднем 125,3 мг/м³. В Кавказском районе диапазон колебаний составлял 33,7–234,9 мг/м³ при среднем значении 24,2 мг/м³. Основной вклад в формирование общей биомассы на Крымском побережье вносили две группы: клadoцеры и копеподы — 42 и 36 %, соответственно. В северо-восточной части моря доля клadoцер в сообществе была значительно выше и составляла 70 %, доля копепод всего 16 %. Основным

биомассообразующим видом в группе кладоцер выступала пенилия. Биомасса копепод формировалась 4 основными видами: *O. davisae*, *P. parvus*, *A. (Acanthacartia) clausi*, *C. ponticus*.

В слое 15–25 м температура воды в районе Крыма составляла 22,5 °С, в Кавказском районе — 21,5 °С, что было немногим ниже значений верхнего слоя (поверхность–15 м) — 23,7 °С. Зооценоз на этом горизонте включал 22–24 вида. Биомасса кладоцер сократилась в 3 раза, составив в районе Крыма 13,4 мг/м³ и 30,3 мг/м³ — на Кавказском побережье, и продолжала на 79–99 % формироваться пенилией. Доля же копепод в сообществе увеличилась до 43–44 %. Численность представителей холодоводного комплекса копепод (*O. similis* и *P. elongatus*) возросла на два порядка, составив 214 против 5 экз./м³ в верхнем слое. Однако, наиболее многочисленным видом, несмотря на сокращение его численности в 2–7 раз, продолжала оставаться теплолюбивая *Oithona davisae* — 2953–841 экз./м³. Доля таких групп животного планктона как меропланктон, ойкоплеуры и сагитты в сообществе практически не изменилась.

В слое 25 м–дно наблюдалась наиболее низкая интенсивность развития зоопланктона. Биоразнообразие уменьшилось до 18–20 видов. Численность зоопланктона на побережье Крыма в среднем составила 3320 экз./м³, биомасса — 48,7 мг/м³, в северо-восточной части моря эти показатели были несколько меньше — 1867 экз./м³ и 31,8 мг/м³. Ядро сообщества формировали копеподы, из которых на акватории Крыма преимущественное развитие отмечалось у представителей эвритермного комплекса: *Acartia (Acanthacartia) clausi* и *Paracalanus parvus*. В Кавказском районе, где температура воды в этом слое была на 5,5 °С ниже по сравнению с Крымским побережьем, составляя всего 11,5 °С, доминировали уже представители холодоводного комплекса, представленные *Oithona similis*, *Pseudocalanus elongatus* и *Calanus euxinus*.

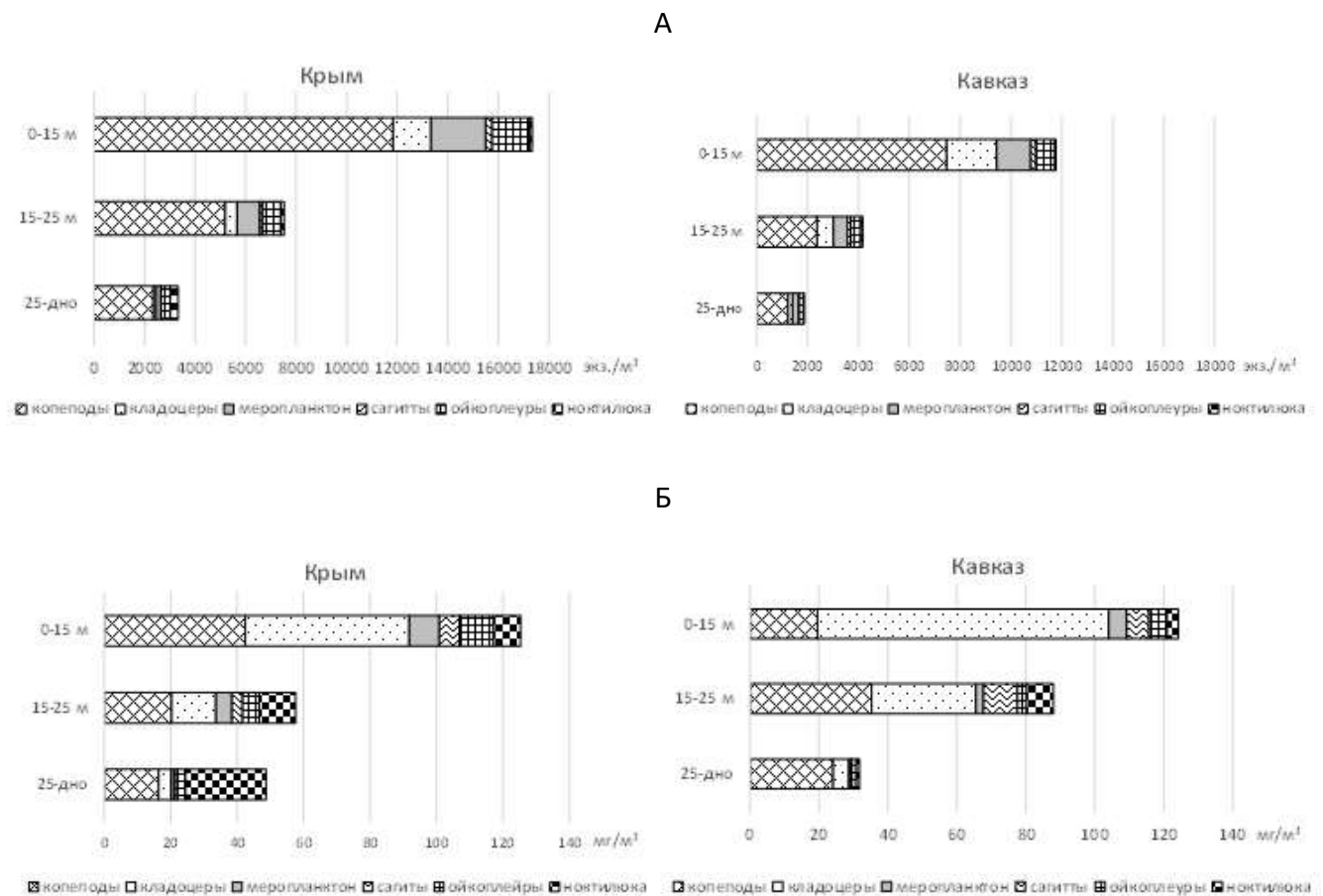


Рис. 5. Изменение структуры сообщества зоопланктона по горизонтам (А — численность, экз./м³, Б — биомасса, мг/м³)

ВЫВОДЫ

Животный планктон прибрежной зоны Черного моря осенью 2020 г. отличался богатым видовым разнообразием и был характерен для начала осеннего сезона. Структура и количественные показатели развития соответствовали особенностям биологии видов и абиотическим факторам среды. Подавляющая часть зоопланктонного сообщества традиционно для этого сезона формировалась кормовыми организмами, для которых была характерна значительная пространственная изменчивость. Высокой встречаемостью и наибольшим уровнем развития отличались обычные доминанты летне-осеннего комплекса — циклопоида *Oithona davisae* и клadoцера *Penilia avirostris*. При общем преобладании представителей тепловодного комплекса в сообществе уже было заметно присутствие ряда холодководных видов. Из всего разнообразия веслоногих ракообразных наиболее массово были представлены только четыре вида: *O. davisae*, *P. parvus*, *A. clausi*, *C. ponticus*, которые преобладали в сообществе среди всех прочих видов независимо от района исследований.

Количественные показатели развития зоопланктона были несколько выше в северо-восточной части моря, где более активно развивалась пенилия. В этом же районе отмечались как самые низкие, так и максимально высокие значения численности и биомассы кормового зоопланктона. Для Крымского побережья было характерно более равномерное распределение кормовых организмов по акватории. Уровень развития зоопланктонного сообщества осенью 2020 г. как на акватории Крымского полуострова, так и в северо-восточной части Черного моря соответствовал среднемноголетнему показателю для этого периода.

Наиболее высокая интенсивность развития зоопланктона отмечалась в самом верхнем наиболее прогреваемом слое водной толщи (поверхность–15 м), где активно продуцировали теплолюбивые организмы. С увеличением глубины наблюдалось уменьшение видового разнообразия зоопланктона и снижение количественных показателей. Структура сообщества закономерно изменялась: происходило замещение комплекса теплолюбивых ветвистоусых на группу веслоногих раков, в которой преобладали представители эвритермного и холодководного комплексов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Виноградов М.Е., Сапожников В.В., Шушкина Э.А. Экосистема Черного моря. М.: Наука, 1992. 112 с.
2. Виноградов М.Е., Лебедева Л.П., Лукашева Т.А. Анохина Л.Л. Состояние сообществ прибрежного мезопланктона в северо-восточной части Черного моря в 2005 г. // Океанология. 2006. Т. 46. № 6. С. 868–877.
3. Арашкевич Е.Г., Тимошин А.Г., Кременецкий В.В. Влияние гидрофизического режима на распределение зоопланктона Черного моря // Океанология на старте XXI века / Ред. А.Л. Верещака. М.: Наука, 2008. С. 43–56.
4. Темных А.В. Видовая и хорологическая структура мезопланктона северной части Черного моря : дис. ... канд. биол. наук / Институт морских биологических исследований им. А.О. Ковалевского РАН. Севастополь, 2018. 132 с.
5. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений / Под ред. В.А. Абакумова. Л.: Гидрометеиздат, 1983. 239 с.
6. Методы рыбохозяйственных и природоохранных исследований в Азово-Черноморском бассейне // Сб. науч.-метод. работ / Под ред. С.П. Воловика и И.Г. Корпаковой. Краснодар, 2005. 351 с.
7. Петипа Т.С. О среднем весе основных форм зоопланктона Черного моря // Труды Севастопольской биологической станции. 1957. Т. 9. С. 39–57.
8. Грезе В.Н. Основы биологической продуктивности Черного моря. К.: Наукова думка, 1979. С. 143–164.
9. Арашкевич Е.Г., Луппова Н.Е., Никишина А.Б., Паутова Л.А., Часовников В.К., Дриц А.В., Подымов О.И., Романова Н.Д., Станичная Р.Р., Зацепин А.Г., Куклачев С.Б., Флинт М.В. Судовой экологический мониторинг в шельфовой зоне Черного моря: оценка современного состояния пелагической экосистемы // Океанология. 2015. Т. 55. № 6. С. 964–970.
10. Заика В.Е. Удельная продукция водных беспозвоночных. К.: Наукова думка, 1972. 145 с.

ОСОБЕННОСТИ ВЕРТИКАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ФИТОПЛАНКТОНА ПРИКЕРЧЕНСКОГО РАЙОНА ЧЕРНОГО МОРЯ В ЛЕТНИЙ ПЕРИОД 2019 ГОДА

М. М. Середина, Л. М. Сафронова, С. В. Бондарев, Д. В. Хренкин,
Е. В. Иванченко, Д. Ф. Афанасьев

*Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»),
Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»), Ростов-на-Дону
E-mail: seredam@yandex.ru*

Аннотация. На фоне усиливающегося антропогенного воздействия на экосистему Черного моря, мониторинговые исследования фитопланктона, как первичного звена трофической цепи, особенно актуальны. Представлены данные по структурно-функциональным характеристикам фитопланктона Прикерченского района Черного моря, полученные в ходе проведения экспедиции НИС «Профессор Водяницкий» в июле 2019 г. Отбор и обработку проб проводили стандартными методами для гидробиологических исследований. Расчет биомассы проводили счетно-объемным методом, используя данные собственных измерений. Математическую обработку выполняли при помощи оригинального программного обеспечения «Фитопланктон», разработанного в лаборатории системного анализа водных биологических ресурсов и баз данных. Показаны изменения структуры фитопланктона в гидрологических горизонтах, проанализированы количественные показатели развития фитопланктонных сообществ. Видовой состав и комплекс доминирующих видов был характерен для летнего сезона. Наибольшее видовое разнообразие планктона и наибольшие количественные показатели отмечены в поверхностном слое и слое термоклина. Основу численности на этих горизонтах формировала кокколитофориды *Emiliania huxleyi*, основу биомассы — динофлагелляты. Холодный перемешанный слой населен маловидовыми альгоценозами с низкой численностью и биомассой.

Ключевые слова: Черное море, фитопланктон, видовой состав, доминирующие виды, численность, биомасса, кокколитофориды, динофлагелляты

SPECIAL FEATURES OF THE VERTICAL DISTRIBUTION OF THE PHYTOPLANKTON IN THE KERCH COASTAL WATERS (BLACK SEA) IN THE SUMMER SEASON OF 2019

M. M. Sereda, L. M. Safronova, S. V. Bondarev, D. V. Khrenkin,
E. V. Invanchenko, D. F. Afanasyev

*Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (FSBSI "VNIRO"),
Azov-Black Sea Branch of the FSBSI "VNIRO" ("AzNIIRKH"), Rostov-on-Don
E-mail: seredam@yandex.ru*

Abstract. Following the increasing anthropogenic load on the Black Sea ecosystem, monitoring surveys of phytoplankton as the foundation of the trophic pyramid become more and more essential. The data on composition and functional characteristics of the phytoplankton in the Kerch coastal waters (Black Sea), collected in the course of the expeditionary trip of the Research Vessel "Professor Vodyanitskiy" in July, 2019, are presented. The samples were collected and processed using standard methods of hydrobiological research. Estimation of the biomass was conducted using the enumerative volumetric method based on the personally collected measurement data. Mathematical processing was performed with the original software "Phytoplankton", developed in the Laboratory of the Systems Analysis of Aquatic Biological Resources and Databases. The changes in phytoplankton composition within the hydrological layers are shown; the quantitative parameters of the development of phytoplankton communities are analyzed. The

species composition and the combination of the most abundant species were compliant with those of the summer season. The highest species diversity and quantitative values of the plankton were recorded in the surface and thermocline levels. Coccolithophore *Emiliana huxleyi* comprised the majority of its abundance, and the dinoflagellates were the most sizable in terms of biomass. The cold mixed layer was inhabited by low-species algaecoenoses with low abundance and biomass.

Keywords: Black Sea, phytoplankton, species composition, prevailing species, abundance, biomass, coccolithophores, dinoflagellates

ВВЕДЕНИЕ

Фитопланктон является ключевым звеном в формировании и функционировании морских экосистем. Систематическое изучение альгоценозов и их многолетней динамики необходимо для выявления общих закономерностей развития морской биоты в целом. Фитопланктон Черного моря, в т. ч. и Прикерченского района, достаточно хорошо изучен [1–5]. Однако, на фоне усиливающегося антропогенного воздействия на экосистему Черного моря, мониторинговые исследования фитопланктона, как первичного звена трофической цепи, особенно актуальны. Из абиотических факторов, активно трансформирующих биоценозы Черного моря, особое внимание уделяется солености и температуре, показатели которых находятся в непрерывном многолетнем дрейфе, что подтверждается многочисленными исследованиями [6, 7]. Изменение солености и температуры в условиях вертикальной структуры Черного моря увеличивает амплитуду колебаний видового состава, численности и биомассы фитопланктона. Целью исследования было изучение особенностей вертикального распределения фитопланктона Прикерченского района Черного моря в летний период. В работе использованы материалы, полученные в ходе проведения комплексной экспедиции НИС «Профессор Водяницкий» в июле 2019 г.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования выполняли в июле 2019 г. по сетке станций, представляющих собой систему разрезов, перпендикулярно расположенных к береговой линии. Основой для настоящей работы послужили пробы фитопланктона, отобранные в Прикерченском районе на 7 станциях с абсолютными глубинами от 30 м до 2100 м (рис. 1).

Отбор и обработку проб проводили стандартными методами для гидробиологических исследований [8, 9]. Для отбора проб использовали батометр Молчанова. Горизонты отбора проб — поверхность, термоклин 12–18 м (ТК), холодный перемешанный слой 41–62 м (ХПС). Пробы воды объемом 1 л фиксировали 40 % формальдегидом до 2 % концентрации. Концентрацию проб проводили осадочным методом. Камеральную обработку вели под световыми микроскопами Микмед-1 и Микмед-6. Для подсчета численности использовали камеры типа Нажотта объемом 0,1 мл или счетные стекла Гензена. Расчет биомассы проводили счетно-объемным методом, используя данные собственных измерений. Математическую обработку выполняли при помощи оригинального программного обеспечения «Фитопланктон», разработанного в лаборатории системного анализа водных биологических ресурсов и баз данных. Систематика микроводорослей приведена согласно ресурсу Algaebase (Guiry, Guiry, 2020).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В составе фитопланктона Прикерченского района Черного моря в исследованный период идентифицировано 44 вида водорослей: Cyanobacteria — 1, Bacillariophyta — 6, Dinoflagellata — 32, Euglenophyceae — 1, Nartophyta — 2, прочие — 2 (табл. 1). Основной вклад в формирование видового богатства вносили динофлагелляты и диатомовые водоросли, на долю которых приходилось 73 и 14 % от общего числа видов, соответственно. Среди динофитовых наибольшим разнообразием отличались роды *Prorocentrum*, *Gymnodinium*, *Tripos*, содержащие по 4–3 вида. В диатомовый комплекс входили *Pseudosolenia calcaravis* (Schultze) B.G. Sundström 1986, *Thalassionema nitzschioides* (Grun.) Mereschkowsky 1902 и др. Среди гаптофитовых руководящую роль играла *Emiliana huxleyi* (Lohm.) W.W. Hay & H.P. Mohler 1967, что

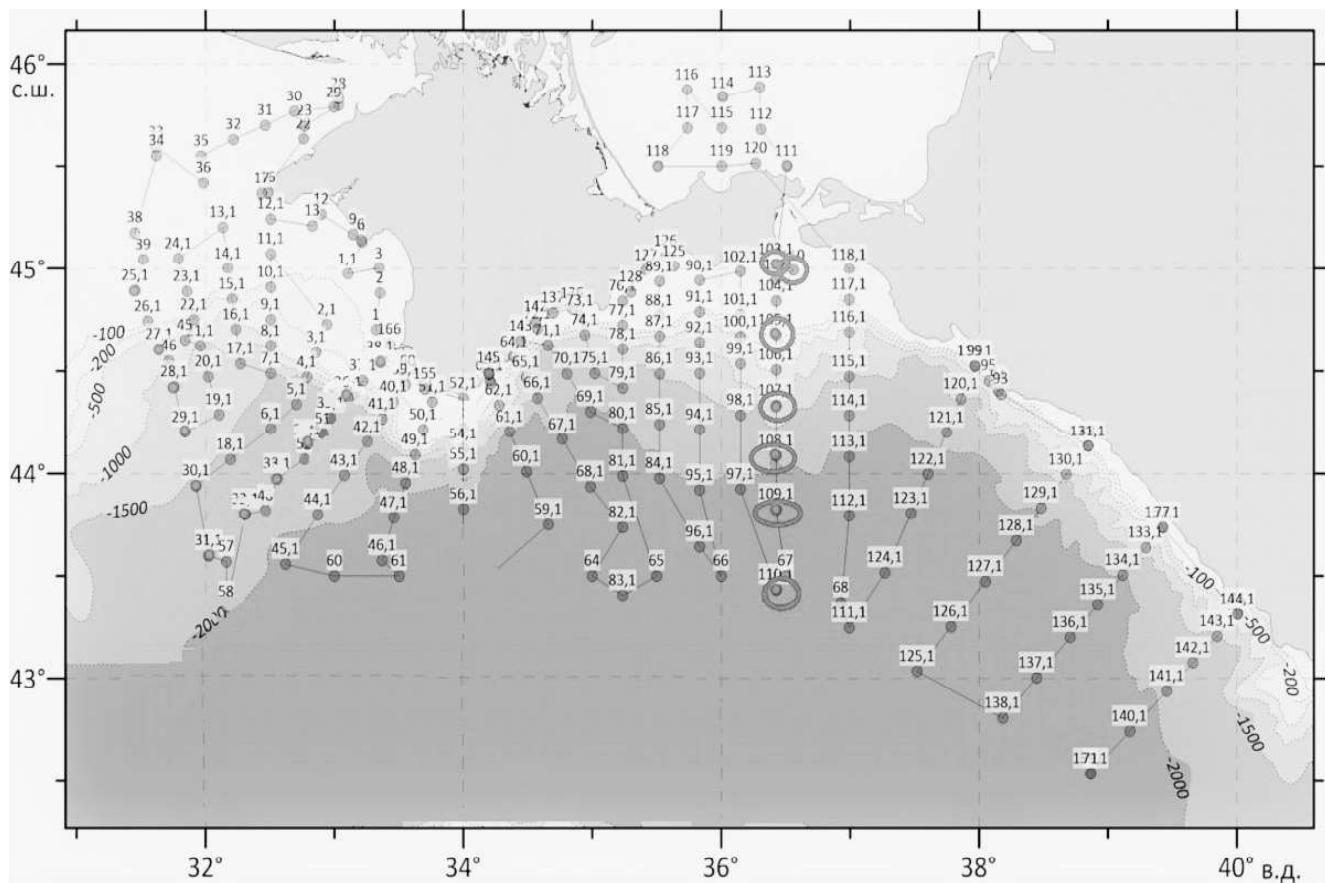


Рис. 1. Карта-схема станций отбора проб фитопланктона в июле 2019 г. в ходе проведения экспедиции НИС «Профессор Водяницкий» (обведены кружками)

согласуется с данными других исследований [10, 11]. Водоросли остальных групп были представлены 1–2 таксонами и встречались единичными экземплярами.

В целом, видовой состав и таксономическая структура фитопланктона исследованного района были характерны для летнего планктона северо-восточной части Черного моря. На всем участке высокой встречаемостью и наибольшим уровнем развития отличались обычные доминанты летнего комплекса: динофлагелляты — *Prorocentrum cordatum* (Ostenf.) J.D. Dodge 1975, *Prorocentrum compressum* (Bail.) Abe ex Dodge, *Tripos furca* (Ehrenb.) F. Gómez 2013, диатомеи — *Pseudosolenia calcar-avis* (Schultze) V.G. Sundström 1986, кокколитофориды — *Emiliania huxleyi* (Lohm.) W.W. Hay & H.P. Mohler 1967.

Таблица 1. Таксономическая структура фитопланктона Прикерченского района Черного моря в июле 2019 г.

Группа	ПС	ТК	ХПС
Сyanobacteria	1	1	1
Bacillariophyta	4	6	4
Dinoflagellata	26	25	7
Euglenophyceae	1	1	–
Harptophyta	1	2	–
прочие	2	1	–
Всего	35	36	12

Поверхностный слой и слой термоклина. На всей исследованной акватории наибольшее качественное и количественное развитие фитопланктона было зафиксировано в поверхностном слое и слое термоклина. Альгоценоз на этих горизонтах был представлен 35–36 видами, среди которых преобладали динофитовые водоросли (табл. 1).

Количественные показатели развития сообщества в поверхностном слое и слое термоклина отличались незначительно (табл. 2, рис. 2). В ПС общая численность микроводорослей изменялась от 14,5 до 495,75 млн кл./м³ и в среднем составляла 240,57 млн кл./м³, в ТК — от 99,25 до 536,5 млн кл./м³ при среднем значении 243,31 млн кл./м³. Ядро численности (95–96 %) создавали гаптофитовые водоросли, среди которых доминировала *Emiliania huxleyi*. Общая биомасса фитопланктона в ПС варьировала в пределах 14,87–342,25 мг/м³, составляя в среднем 116,91 мг/м³. В слое ТК диапазон колебаний был уже, составляя 41,88–173,79 мг/м³ при среднем значении 102,48 мг/м³. Основной вклад в формирование общей биомассы в ПС и ТК вносили динофлагелляты, доля которых в ПС составляла 54 %, в ТК — 80 %. В поверхностном горизонте, кроме динофлагеллят, значительную роль играли диатомеи, образуя более 32 % общей биомассы.

Холодный перемешанный слой. Для слоя ХПС было характерно низкое видовое разнообразие альгоценоза и низкий уровень количественных показателей. В составе фитопланктона обнаружено 12 видов (динофлагелляты — 7, диатомеи — 4, цианобактерии — 1), что втрое ниже, чем в верхних слоях. Численность микроводорослей в среднем составляла 3,44 млн кл./м³, биомасса — 6,51 мг/м³. Основу численности почти в равных долях создавали гаптофитовые водоросли и динофлагелляты, основу биомассы (95 %) — динофлагелляты.

Таблица 2. Средние значения численности и биомассы фитопланктона Прикерченского района Черного моря в июле 2019 г.

Группа	ПС		ТК		ХПС	
	Численность млн кл./м ³	Биомасса, мг/м ³	Численность млн кл./м ³	Биомасса, мг/м ³	Численность млн кл./м ³	Биомасса, мг/м ³
Сyanobacteria	0,11	0,09	0,07	0,21	0,06	0,03
Bacillariophyta	1,75	38,11	0,68	4,38	0,44	0,20
Dinoflagellata	7,64	63,05	11,46	82,60	1,44	6,18
Euglenophyceae	0,04	0,09	0,04	0,03	–	–
Haptophyta	230,71	15,10	230,99	15,18	1,50	0,10
Прочие	0,32	0,47	0,07	0,08	–	–
Всего	240,57	116,91	243,31	102,48	3,44	6,51

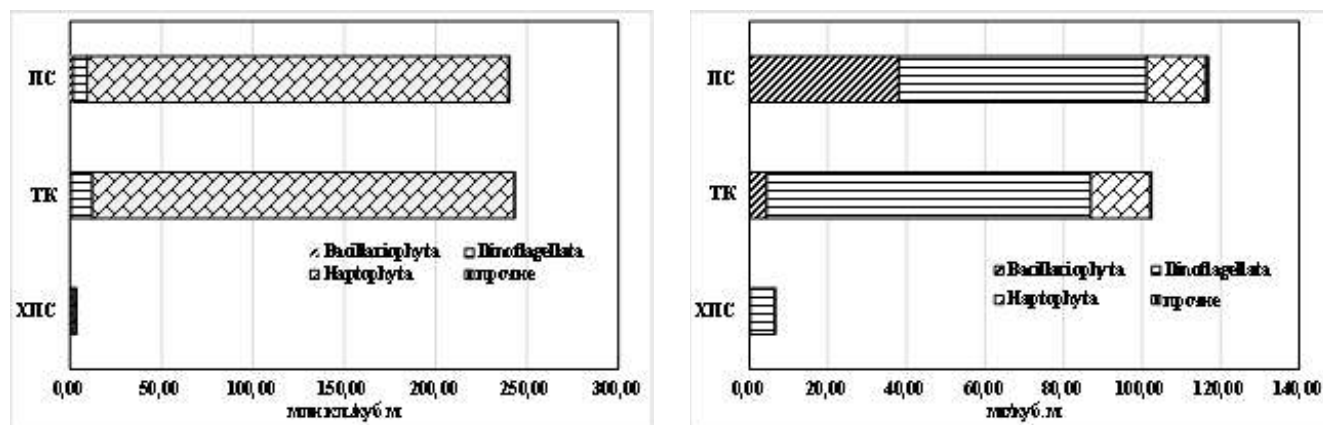


Рис. 2. Вертикальное распределение фитопланктона

ВЫВОДЫ

В летний период 2019 г. в составе фитопланктона Прикерченского района Черного моря ядро видового обилия создавали динофлагелляты. Видовой состав и комплекс доминирующих видов был характерен для летнего сезона. Наибольшее видовое разнообразие планктона и наибольшие количественные показатели отмечены в поверхностном слое и слое термоклина. Основу численности на этих горизонтах формировала кокколитофориды *Emiliana huxleyi*, основу биомассы — динофлагелляты. Холодный перемешанный слой населен малопродуктивными альгоценозами с низкой численностью и биомассой.

БЛАГОДАРНОСТЬ

Авторы считают своим долгом выразить благодарность сотрудникам Федерального исследовательского центра института биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН за помощь в отборе проб в полевых условиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Морозова-Водяницкая Н.В. Фитопланктон Черного моря. Ч. 2 // Труды Севастопольской биологической станции. 1954. Т. 8. С. 11–99.
2. Белогорская Е.В., Кондратьева Т.М. Распределение фитопланктона в Черном море. Исследования планктона Черного и Азовского морей. К.: Наукова думка, 1965. С. 36–68.
3. Георгиева Л.Г. Видовой состав и динамика фитоценоза. Планктон Черного моря. К.: Наукова думка, 1993. С. 31–55.
4. Ясакова О.Н. Фитопланктон северо-восточной части Черного моря : автореф. дис. ... канд. биол. наук. Мурманск, 2013. 30 с.
5. Микаэлян А.С. Временная динамика фитопланктона глубоководного бассейна Черного моря : дисс. ... д-ра биол. наук. М., 2018. 218 с.
6. Иванов В.А., Белокопытов В.Н. Океанография Черного моря. Севастополь, 2011. 212 с.
7. Залесный В.Б., Гусев А.В., Мошонкин С.Н. Численная модель гидродинамики Черного и Азовского морей с вариационной инициализацией температуры и солености // Известия РАН. Физика атмосферы и океана. 2013. Т. 49, № 6. С. 699–716.
8. Абакумов В.А. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений. Л., 1983. 239 с.
9. Студеникина Е.И. Мирзоян З.А., Мартынюк М.Л., Сафронова Л.М., Фроленко Л.Н., Шляхова Н.А., Афанасьев Д.Ф. Методы сбора и обработки гидробиологических проб // Методы рыбохозяйственных исследований в Азово-Черноморском бассейне. Краснодар, 2005. С. 50–78.
10. Паутова Л.А., Микаэлян А.С., Силкин В.А. Структура планктонных фитоценозов шельфовых вод северо-восточной части Черного моря в период массового развития *Emiliana huxleyi* в 2002–2005 гг. // Океанология. 2007. Т. 47, № 3. С. 408–417.
11. Селифонова Ж.П., Ясакова О.Н. Фитопланктон акваторий портовых городов северо-восточной части шельфа Черного моря // Морской экологический журнал. 2012. 11(4). С. 67–77.

СОСТОЯНИЕ ЗООПЛАНКТОНА ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ЗАЛИВА СИВАШ В ЛЕТНИЙ ПЕРИОД 2019 Г.

А. С. Терентьев, Н. Б. Заремба

*Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»),
Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»), Ростов-на-Дону
E-mail: terentiev_a_s@azniirkh.ru*

Аннотация. Залив Сиваш расположен в западной части Азовского моря и отделен от него косой Арабатская стрелка. Перекрытие канала в 2014 г. привело к повышению солёности залива и изменению биоты Сиваша. В период распреснения залив являлся важным районом нереста и нагула молоди рыб Азовского моря, основным кормом для которых является зоопланктон. Повышение солёности залива не могло не сказаться на его состоянии. Показано, что в северной, наиболее опресненной, части наблюдались наиболее высокие показатели уровня развития зоопланктона, а в южной, наиболее солёной, — низкие. При этом, в июле в северной части численность зоопланктона была в 1,2–1,4 раза, а биомасса в 2,7–2,9 раза меньше, чем в июне. В южной, наиболее солёной части, средняя численность зоопланктона в июле, по сравнению с июнем, уменьшилась в 2,1–4,4 раза, а биомасса — в 1,5–4,1 раза. Также здесь практически полностью отсутствовали коловратки и равноногие раки, не были отмечены нематоды и плоские черви. Результаты исследования показали, что при дальнейшем осолонении залив Сиваш может снова стать гипергалинным водоемом. В этом случае видовое богатство зоопланктона значительно сократится, а в его составе будут преобладать ультрагалинные виды. Целью данной работы было изучение состояния зоопланктонного сообщества в летний период (июнь–июль) 2019 г.

Ключевые слова, зоопланктон, голопланктон, меропланктон, копеподы, осолонение, залив Сиваш

STATUS OF THE ZOOPLANKTON IN THE CENTRAL SYVASH BAY IN THE SUMMER SEASON OF 2019

A. S. Terentyev, N. B. Zarembo

*Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (FSBSI “VNIRO”),
Azov-Black Sea Branch of the FSBSI “VNIRO” (“AzNIIRKH”), Rostov-on-Don
E-mail: terentiev_a_s@azniirkh.ru*

Abstract. The Syvash Bay is located in the Western Azov Sea and is separated from it by the Arabat Spit. After the channel was shut off in 2014, the water salinity in the bay gradually increased, which leads to the changes in the Syvash biota. During the desalinization period, the bay served as an important spawning and feeding ground for the juveniles of the Azov Sea fish species that mainly feed on zooplankton. The increase in salinity has inevitably influenced its state. It is shown that the highest indices of zooplankton development have been recorded in the northern part, the most desalinated one, and the lowest values have been observed in the southern part, characterized by the highest salinity. That said, in the northern part of the bay, zooplankton abundance was 1.2–1.4 and biomass was 2.7–2.9 times lower in July than in June. At the same time, in the southern part of the bay, characterized by the highest salinity, the average abundance of zooplankton in July was 2.1–4.4 times lower as compared to June, and for zooplankton biomass, this value was 1.5–4.1 times lower. Furthermore, rotifers and isopods were virtually absent in this area, and no nematodes and flatworms were recorded. The study has shown that, as the result of the further salinization, the Syvash Bay has the possibility to become a hypersaline water body again. In this case, the species richness of zooplankton will deteriorate considerably, and ultrasaline species will

be prevalent in its species composition. This work was aimed at the investigation of the status of the zooplanktonic community in the summer season (June–July) of 2019.

Keywords: zooplankton, holoplankton, meroplankton, copepods, salinization, Syvash Bay

ВВЕДЕНИЕ

Залив Сиваш расположен в западной части Азовского моря и отделен от него косой Арабатская стрелка. До 1970 г. залив Сиваш относился к гипергалинным водоемам, соленость в его центральной части была более 120 ‰ [1]. С началом эксплуатации Северо-Крымского оросительного канала и со сбросом пресных вод в залив началось его опреснение. К 1989 г. соленость уже снизилась до 22,60 ‰. Перекрытие Северо-Крымского канала в 2014 г. привело к осолонению залива, уменьшению его объема и переходу в условно-естественное состояние [2]. С 2015 по 2019 г. соленость в заливе увеличилась до 60,00–80,00 ‰, а в его южной части достигла 92–93 ‰ [3, 4], в июле 2019 г. она в среднем равнялась 82,75 ‰ [5].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование зоопланктона на фоне повышения солености были выполнены в летний период (июнь–июль) 2019 г. в центральной части залива на участке протяженностью 42 км. Пробы отбирали над глубинами от 0,8 до 2,5 м с помощью сети Апштейна, через которую фильтровали 100 л воды. Всего было выполнено 25 станций: 11 — в июне и 14 — в июле. В северной части в июне и июле было выполнено по 5 станций, в южной части в июне — 4, в июле — 7. В центральной части выполнено в июне и июле по 2 станции (рис. 1).

Пробы фиксировали 4%-ным нейтрализованным формалином. Изучали качественный состав и количественные характеристики зоопланктона. Подсчет организмов проводили в счетной камере Богорова под световым микроскопом МБС-9. Малочисленные формы просчитывали во всей пробе, а массовые (после концентрирования пробы до 25 мл) в 1 мл при трехкратной повторности [6].

Пробы обрабатывали счетно-весовым методом. Для расчета биомассы зоопланктона использовали стандартный вес планктонных организмов [7]. Определение видов осуществляли по определителю фауны Черного и Азовского морей (т. I и II) с поправкой таксономических изменений по WoRMS [8–10]. Соленость определяли на солемере ГМ — 2007.

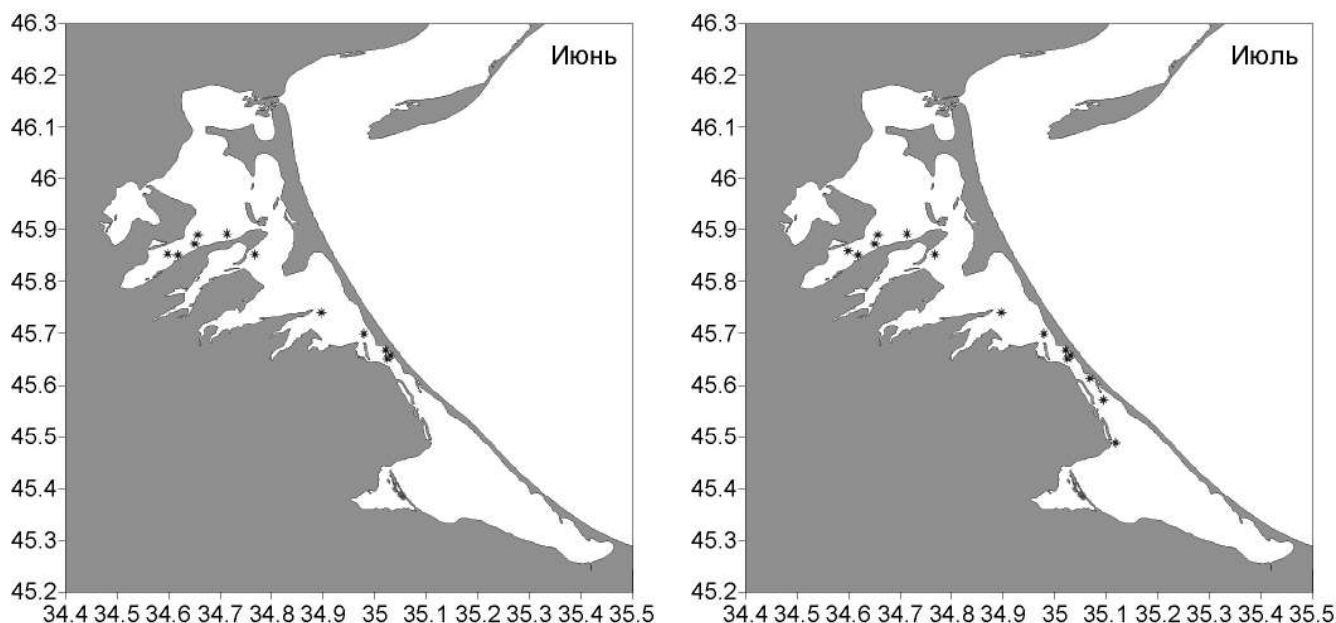


Рис. 1. Схема станций отбора проб зоопланктона в заливе Сиваш в 2019 г.

Степень влияния сезонности оценивали с помощью дисперсионного анализа [11, 12]. Для расчета силы и направления зависимости численности и биомассы зоопланктона от солености использовали коэффициент корреляции Пирсона.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В зоопланктоне залива Сиваш в период исследования обнаружены виды, относящиеся к голопланктону и меропланктону (табл. 1). Голопланктон был представлен копеподами: *Acartia (Acartiura) clausi* Giesbrecht, 1889, *Acartia (Acanthacartia) tonsa* Dana, 1849, *Centropages ponticus* Karavaev, 1895; прибрежными видами циклопид (Cyclopoida) и гарпактицид (Harpacticoida), коловратками (Rotifera), ракушковыми ракообразными (Ostracoda) и фораминиферами (Foraminifera). Меропланктон представлен личинками плоских червей (Platyhelminthes), нематод (Nematoda), полихет (Polychaeta), брюхоногих моллюсков (Gastropoda), двустворчатых моллюсков (Bivalvia), а также ракообразных — морских желудей *Amphibalanus improvisus* (Darwin, 1854) и равноногих *Idotea ostroumovi* Sowinsky, 1895.

В июне среди копепод наиболее часто встречались *A. clausi* и гарпактициды, в июле — *A. tonsa* и гарпактициды. В июне высокие показатели развития зоопланктона формировала в основном *A. clausi*, в то время как *A. tonsa* представляли в небольших количествах взрослые особи и копеподиты старших возрастных групп. В июле *A. clausi* не была обнаружена в планктоне, а *A. tonsa* представляли науплеусы и младшие копеподитные стадии.

Из меропланктона как в июне, так и в июле чаще всего отмечались личинки брюхоногих и двустворчатых моллюсков, а также полихет. В течение всего периода исследования не были обнаружены амфиподы и мизиды, которые ранее были массовыми видами в заливе [13].

В июне соленость на исследованной акватории колебалась от 30,3 до 65,2 ‰, средняя численность суммарного зоопланктона равнялась 7600 ± 1100 экз./м³, биомасса — 105 ± 23 мг/м³. По сравнению с июнем, в июле соленость возросла и варьировала от 32,4 до 86,3 ‰, численность в среднем равнялась 5800 ± 2300 экз./м³, (3500 ± 2800 экз./м³), средняя биомасса уменьшились в 2,7–2,9 раза и равнялись 37 ± 12 мг/м³.

В июне минимальная численность наблюдалась в центре исследованного района, а максимальная отмечалась на северной периферии, в среднем равнялась 9600 ± 1700 экз./м³. На южной периферии численность была ниже, равнялась в среднем 6500 ± 1000 экз./м³ (рис 2).

В июле минимальная численность наблюдалась на южной периферии — 1970 ± 630 экз./м³. Участки с наиболее высокой численностью были зафиксированы в центре при средней 19000 ± 11000 экз./м³. На северной периферии численность зоопланктона колебалась от 4020 до 9000 экз./м³ (в среднем 6060 ± 920 экз./м³).

В июне низкая биомасса отмечалась в центре района со средним значением $52,0 \pm 46,0$ мг/м³, на южной периферии она изменялась от 38,9 до 91,5 мг/м³, в среднем равнялась $64,0 \pm 12,0$ мг/м³. Наиболее высокая биомасса зоопланктона наблюдалась на северной периферии, где ее значение в среднем равнялось $158,0 \pm 35,0$ мг/м³.

В июле минимальная биомасса была отмечена на южной периферии района (в среднем $22,7 \pm 9,9$ мг/м³). На северной периферии биомасса была относительно невысокой и варьировала в пределах 20,6–51,6 мг/м³, составляя в среднем $34,7 \pm 6,1$ мг/м³. В центре биомасса зоопланктона была наиболее высокой — $94,0 \pm 81,0$ мг/м³.

Одним из основных факторов, влияющих на состояние зоопланктонного сообщества в заливе Сиваш, является соленость. В июне данный показатель солености в среднем равнялся $45,7 \pm 4,9$ ‰, в июле — $56,7 \pm 5,8$ ‰. По сравнению с июнем в июле соленость увеличилась в среднем на 9–13 ‰. В зависимости от уровня солености в районе исследования были выделены три части: северная, центральная и южная. Уровень солености как в июне, так и в июле повышался в южном направлении.

В июне в северной части залива Сиваш соленость воды варьировала от 30,29 до 32,32 ‰, в среднем составляя $31,32 \pm 0,39$ ‰. В июле она находилась в пределах 32,38–34,55 ‰ (в среднем $33,42 \pm 0,42$ ‰).

В северной части численность зоопланктона в июне колебалась от 6730 до 13960 экз./м³, биомасса — от 70,2 до 237,2 мг/м³. В июле эти параметры изменялись, соответственно, в пределах 4020–9000 экз./м³

Таблица 1. Видовой состав, численность и биомасса зоопланктона в центральной части залива Сиваш в июне–июле 2019 г.

Показатели	Июнь			Июль		
	Численность, экз./м ³	Биомасса, мг/м ³	Встречаемость, %	Численность, экз./м ³	Биомасса, мг/м ³	Встречаемость, %
Голопланктон						
<i>Acartia (Acartiura) clausi</i>	4980,00±980,00	72,000±23,000	100	0,00	0,000	0
<i>Acartia (Acanthacartia) tonsa</i>	28,00±21,00	0,330±0,230	22–51	1010,00±250,00	0,840±0,200	86–99
<i>Centropages ponticus</i>	0,00	0,000	0	2,10±1,50	0,011±0,009	5–23
Cyclopoida	0,00	0,000	0	1,43±0,38	0,001±0,001	1–14
Harpacticoida	1700,00±440,00	28,200±7,400	100	1370,00±570,00	18,700±5,300	100
Ostracoda	29,00±23,00	1,500±1,300	14–41	121,00±68,00	7,300±4,100	37–64
Rotifera	0,00	0,000	0	16,40±7,50	0,038±0,017	30–56
Foraminifera	87,00±43,00	0,220±0,110	82–99	39,00±13,00	0,096±0,033	59–84
Всего	6800,00±1100,00	102,000±23,000		2560,00±830,00	27,000±8,200	
Меропланктон						
<i>Amphibalanus improvisus</i>	3,30±1,90	0,016±0,012	7–30	1,43±0,97	0,009±0,006	5–24
<i>Idotea ostroumovi</i>	0,00	0,000	0	1,43±0,38	0,143±0,038	1–14
Nematoda	3,30±0,82	0,109±0,003	1–18	15,70±2,50	0,063±0,010	10–32
Platyhelminthes	0,00	0,000	0	2,10±1,50	0,006±0,004	5–24
Polychaeta	87,00±31,00	0,500±0,190	59–86	290,00±120,00	1,720±0,740	37–63
Gastropoda	400,00±190,00	0,990±0,480	70–93	1060,00±500,00	2,600±1,200	51–77
Bivalvia	250,00±120,00	0,920±0,360	59–86	1900,00±1600,00	5,600±4,600	59–84
Всего	740,00±300,00	2,430±0,860		3200,00±1600,00	10,200±4,700	
Итого	7600,00±1100,00	105,000±23,000		5800,00±2300,00	37,000±12,000	

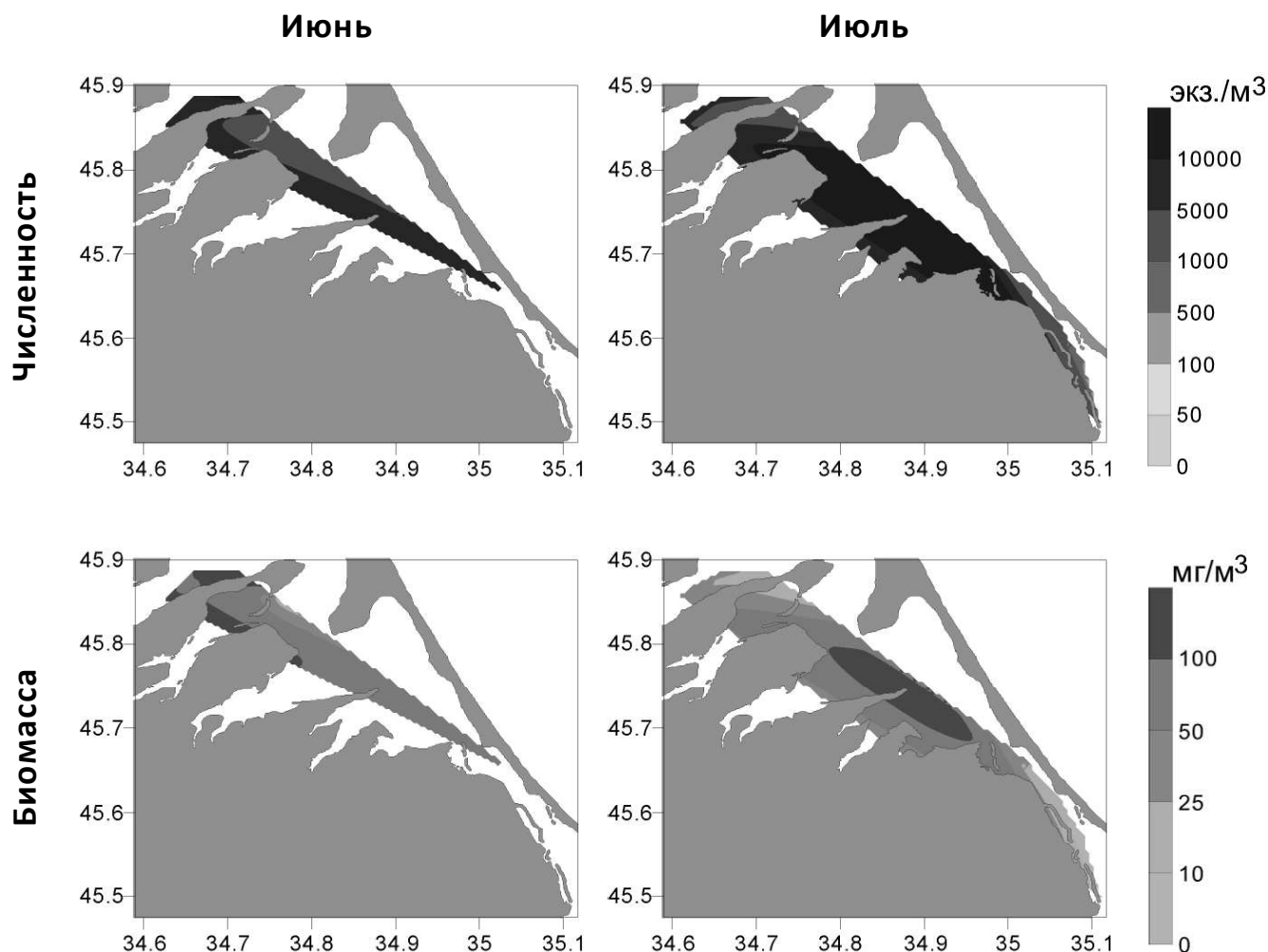


Рис. 2. Численность и биомасса зоопланктона в центральной части залива Сиваш в летний период 2019 г.

и 5,2–33,2 мг/м³. Средняя численность зоопланктона в июле была в 1,5–2,3, а биомасса в 3,3–5,9 раза ниже, чем в июне (табл. 2).

Численность голопланктона в июле в среднем уменьшилась в 4,2–6,9, биомасса — в 4,8–10 раз.

В июне как по численности, так и по биомассе лидировали копеподы, доминирующим среди них была *A. clausi*. На ее долю приходилось 77–98 % общей численности и 73–96 % общей биомассы зоопланктона. Субдоминантами являлись гарпактициды.

В июле доминировали гарпактициды (48–67 % общей численности и 86–98 % общей биомассы), тогда как субдоминантом стала *A. tonsa* (29–50 % и 3,5–6,9 %, соответственно). Среди меропланктона как в июне, так и в июле лидировали личинки брюхоногих моллюсков (Gastropoda).

В июне в центральной части обследованной акватории залива соленость воды колебалась от 37,91 до 55,68 ‰, в июле она находилась в пределах 41,70–57,51 ‰. Таким образом, данный показатель увеличился на 2,1–3,5 ‰. По сравнению с северной частью в июне соленость в центральной части в среднем была выше на 12,5–18,4 ‰, а в июле — на 13,6–18,8 ‰.

Численность зоопланктона в июне варьировала в пределах 12–48 экз./м³, биомасса — в пределах 18,5–81,3 мг/м³. В июле численность изменялась от 64 до 68 экз./м³, биомасса — от 37,9 до 49,8 мг/м³. По сравнению с июнем, средняя численность и биомасса зоопланктона возросли в июле в 2,3–8,5 в 1,5–2,1 раза, соответственно. Увеличение численности зоопланктона произошло в основном за счет массового размножения двустворчатых моллюсков. Численность голопланктона в июле увеличилась в 1,3–3,1 раза (табл. 3).

Таблица 2. Численность и биомасса зоопланктона в северной части залива Сиваш в летний период 2019 г.

Таксон	Июнь		Июль	
	Численность, экз./м ³	Биомасса, мг/м ³	Численность, экз./м ³	Биомасса, мг/м ³
Голопланктон				
<i>Acartia (Acartiura) clausi</i>	8800,00±1500,00	130,000±34,000	0,00	0,000
<i>Acartia (Acanthacartia) tonsa</i>	83,00±42,00	0,720±0,460	710,00±140,00	1,080±0,220
Harpacticoida	1060,00±440,00	22,800±8,900	1030,00±280,00	19,200±5,400
Ostracoda	2,00±0,89	0,120±0,054	6,00±4,00	0,360±0,240
Rotifera	0,00	0,000	36,00±16,00	0,083±0,037
Всего	9900,00±1700,00	154,000±36,000	1800,00±310,00	20,800±5,500
Меропланктон				
<i>Idotea ostroumovi</i>	0,00	0,000	4,00±1,80	0,400±0,180
Nematoda	0,00	0,000	12,00±5,40	0,048±0,021
Platyhelminthes	0,00	0,000	4,00±1,800	0,012±0,005
Polychaeta	227,00±47,00	0,970±0,280	730,00±240,00	4,400±1,400
Gastropoda	1080,00±350,00	2,010±0,860	2910,00±950,00	7,300±2,400
Bivalvia	500,00±210,00	1,550±0,640	600,00±71,00	1,800±0,210
Всего	1810,00±490,00	4,500±1,400	4250,00±920,00	13,500±2,200
Итого	11760,00±1670,00	158,000±35,000	6060,00±920,00	34,700±6,100

По сравнению с северной частью в июне средняя численность зоопланктона в центральной части была в 2,3–4,3 раза, а биомасса в 2–4 раза меньше. В июле средняя численность увеличилась в 2,6–3,6, биомасса — в 1,6–3,9 раза.

В июне как по численности, так и по биомассе доминировали гарпактициды. На их долю в среднем приходилось 38–58 % общей численности и 50–79 % общей биомассы зоопланктона. Субдоминантным видом была *A. tonsa* (10–38 % общей численности и 7,9–24,8 % биомассы зоопланктона). В июле по численности доминировали личинки двустворчатых моллюсков (35–89 %), по биомассе — гарпактициды (21–66 %) и двустворчатые моллюски (18–53 %). Доминантами второго порядка по численности являлись Harpacticoida и *A. tonsa*.

В июне в южной части залива Сиваш соленость воды варьировала в пределах 60,63–65,22 ‰ и в среднем равнялась 63,2±1,1 ‰, в июле — 65,50–86,28 ‰ со средним значением 75,4±2,7 ‰. Соленость в июле увеличилась на 11,7–12,7 ‰. По сравнению с северной частью соленость в июне была выше на 31,2–32,6 ‰, а с центральной — на 13,3–19,5 ‰; в июле — на 40,4–43,6 и 21,6–30,0 ‰, соответственно.

Численность зоопланктона в южной части в июне колебалась от 4990 до 9510 экз./м³, биомасса — от 38,9 до 91,5 мг/м³. В июле численность изменялась от 20 до 4560 экз./м³, биомасса — от 0,4 до 77,1 мг/м³ (табл. 4).

По сравнению с июнем средняя численность зоопланктона в южной части в июле уменьшилась в 2,1–4,4 раза, а биомасса — в 1,5–4,1 раза.

В отличие от северной части, в июне в южной части средняя численность зоопланктона была в 1,4–2,2, а биомасса — в 1,8–3,2 раза ниже, в июле — в 2,0–4,2 и 1,2–1,9 раза, соответственно.

Если сравнивать с центральной частью, в июне в южной части залива статистически достоверного различия как по численности, так и по биомассе не наблюдалось. В июле численность зоопланктона в южной части была в 6,5–12,8, биомасса — в 2,1–6,2 раз ниже, чем в центральной.

Таблица 3. Численность и биомасса зоопланктона в центральной (обследованной) части акватории залива Сиваш летом 2019 г.

Таксон	Июнь		Июль	
	Численность, экз./м ³	Биомасса, мг/м ³	Численность, экз./м ³	Биомасса, мг/м ³
Голопланктон				
<i>Acartia (Acartiura) clausi</i>	840,00±470,00	8,500±5,200	0,00	0,000
<i>Acartia (Acanthacartia) tonsa</i>	0,00	0,000	1800,00±1000,00	1,720±0,700
<i>Centropages ponticus</i>	0,00	0,000	10,00±7,10	0,018±0,012
Cyclopoida	0,00	0,000	10,00±7,10	0,010±0,007
Harpacticoida	1700,00±1100,00	34,000±21,000	4400,00±2900,00	41,000±26,000
Ostracoda	130,00±84,00	7,800±5,100	240,00±160,00	14,400±9,700
Rotifera	0,00	0,000	25,00±17,00	0,058±0,041
Foraminifera	280,00±150,00	0,700±0,390	70,00±35,00	0,175±0,088
Всего	2900,00±1800,00	51,000±32,000	6600,00±4100,00	58,000±36,000
Меропланктон				
<i>Amphibalanus improvisus</i>	0,00	0,000	5,00±3,50	0,030±0,021
Nematoda	15,00±10,00	0,060±0,042	80,00±28,00	0,320±0,110
Platyhelminthes	0,00	0,000	5,00±3,50	0,015±0,010
Polychaeta	40,00±14,00	0,240±0,085	190,00±130,00	1,110±0,780
Gastropoda	125,00±88,00	0,310±0,220	130,00±14,00	0,325±0,035
Bivalvia	380,00±85,00	1,140±0,250	11500,00±7200,00	35,000±21,000
Всего	560,00±150,00	1,750±0,350	11900,00±7400,00	37,000±22,000
Итого	3500,00±2000,00	52,000±33,000	19000,00±1100,00	94,000±58,000

Таблица 4. Численность и биомасса зоопланктона в южной части залива Сиваш летом 2019 г.

Таксон	Июнь		Июль	
	Численность, экз./м ³	Биомасса, мг/м ³	Численность, экз./м ³	Биомасса, мг/м ³
1	2	3	4	5
Голопланктон				
<i>Acartia (Acartiura) clausi</i>	4210,00±650,00	31,000±13,000	0,00	0,000
<i>Acartia (Acanthacartia) tonsa</i>	0,00	0,000	1000,00±370,00	0,420±0,150
<i>Centropages ponticus</i>	0,00	0,000	1,43±0,54	0,017±0,006
Harpacticoida	2190,00±930,00	32,000±14,000	740,00±190,00	11,900±3,200
Ostracoda	0,00	0,000	170,00±120,00	10,200±7,300
Foraminifera	0,00	0,000	43,00±21,00	0,107±0,054
Всего	6400,00±1000,00	63,000±12,000	1950,00±620,00	22,600±9,900
Меропланктон				
<i>Amphibalanus improvisus</i>	7,50±4,70	0,045±0,028	1,43±0,54	0,009±0,003

Таблица 4 (окончание)

1	2	3	4	5
Polychaeta	5,00±2,50	0,030±0,015	1,43±0,54	0,009±0,003
Gastropoda	18,00±11,00	0,044±0,028	2,90±1,80	0,007±0,004
Bivalvia	5,00±2,50	0,015±0,007	12,90±6,40	0,039±0,019
Всего	35,00±19,00	0,134±0,078	18,60±9,10	0,063±0,032
Итого	6400,00±1000,00	63,000±12,000	1970,00±630,00	22,700±9,900

Численность голопланктона в июле снизилась в 2,1–4,5 раза, биомасса — в 1,5–4,2 раза. Численность и биомасса меропланктона уменьшилась, соответственно, в 1,2–2,5 и 1,3–3,0 раза. В течение июня и июля как по численности, так и по биомассе лидировали копеподы, доминировали среди них гарпактициды: в июне на их долю в среднем приходилось 24–44 % общей численности и 35–66 % общей биомассы зоопланктона. В июле численность гарпактицид (27–48 % общей численности и 34–70 % биомассы зоопланктона) по сравнению с июнем уменьшилась в 1,5–4,4 раза, а биомасса — в 1,3–4,1 раза. В июне в меропланктоне доминировали личинки брюхоногих моллюсков. В июле роль доминанта перешла к двустворчатым моллюскам.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время наблюдается осолонение залива Сиваш. Соленость центральной части залива в течение двух летних месяцев 2019 г. в среднем увеличилась на 9,37–12,63 ‰. В то же время общая численность зоопланктона в июле уменьшилась в 1,2–1,4 раза, биомасса — в 2,7–2,9 раза.

В северной, наиболее опресненной части, где соленость повысилась на 2,06–2,13 ‰, средняя численность зоопланктона в июле была в 1,5–2,3 раза, биомасса — в 3,3–5,9 раза меньше, чем в июне.

В южной, наиболее осолоненной части, соленость в июле повысилась на 11,71–12,69 ‰, средняя численность зоопланктона в июле, по сравнению с июнем, уменьшилась в 2,1–4,4 раза, биомасса — в 1,5–4,1 раза. Кроме того, в южной части практически полностью отсутствовали коловратки и равноногие раки, также не были обнаружены нематоды и плоские черви.

В результате дальнейшего осолонения залив Сиваш может стать гипергалинным водоемом, что приведет к значительному сокращению видового богатства зоопланктонного сообщества, а в его составе будут преобладать ультрагалинные виды.

БЛАГОДАРНОСТЬ

Данные по солености центральной части залива Сиваш были любезно предоставлены зав. сектором промысловой океанографии Азово-Черноморского филиала ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»), канд. геогр. наук Р.В. Боровской.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Виноградов А.К., Богатова Ю.И., Синегуб И.А., Хуторный С.А. Экологические закономерности распределения морской прибрежной ихтиофауны (Черноморско-Азовский бассейн). Одесса: Астропринт, 2017. 413 с.
2. Совга Е.Е., Еремина Е.С., Хмара Т.В. Водный баланс залива Сиваш в условиях изменчивости природно-климатических и антропогенных факторов // Морской гидрофизический журнал. 2018. Т. 34, № 1. С. 71–81. doi: 10.22449/0233-7584-2018-1-71-81.
3. Тимошенко Т.Ю., Дьяков Н.Н., Мальченко Ю.А., Белогудов А.А., Жилиев Д.А. Гидролого-гидрохимические исследования залива Сиваш СО ФГБУ «ГОИН» в 2015–2019 гг. // Системы контроля окружающей среды — 2019 : тезисы докл. Междунар. науч.-техн. конф. (г. Севастополь, 12–13 сентября 2019 г.). Севастополь: Изд-во Института природно-технических систем, 2019. С. 88.

4. Совга Е.Е., Еремина Е.С., Латушкин А.А. Экспедиционные исследования, проведенные Морским гидрофизическим институтом в акватории залива Сиваш весной и осенью 2018 года // Морской гидрофизический журнал. 2020. Т. 36, № 2. С. 176–185. doi: 10.22449/0233-7584-2020-2-176-185.
5. Семик А.М., Саенко Е.М., Замятина Е.А. Современное состояние популяции жаброногого рачка рода *Artemia* Leach, 1819 в восточной части залива Сиваш // Водные биоресурсы и среда обитания. 2019. Т. 2, № 2. С. 45–56.
6. Инструкция по сбору и обработке планктона / Под ред. В.А. Яшнова. М.: Изд-во ВНИРО, 1971. 57 с.
7. Петипа Т.С. О среднем весе основных форм зоопланктона Черного моря // Труды Севастопольской биологической станции. 1957. Т. 9. С. 39–58.
8. Определитель фауны Черного и Азовского морей. Т. 1. Свободноживущие беспозвоночные: простейшие, губки, кишечнорастворимые, черви, щупальцевые / Под ред. Ф.Д. Мордухай-Болтовского. К.: Наукова думка, 1968. 437 с.
9. Определитель фауны Черного и Азовского морей. Т. 2. Свободноживущие беспозвоночные: ракообразные / Под ред. Ф.Д. Мордухай-Болтовского. К.: Наукова думка, 1969. 536 с.
10. WoRMS. World Register of Marine Species. 2021. URL: <http://www.marinespecies.org> (дата обращения 25.02.2021). doi: 10.14284/170.
11. Любищев А.А. Дисперсионный анализ в биологии. М.: Изд-во Московского государственного университета, 1986. 200 с.
12. Плохинский А.Н. Биометрия / 2-е изд. М.: Изд-во Московского государственного университета, 1970. 368 с.
13. Шадрин Н.В., Сергеева Н.Г., Латушкин А.А., Колесникова Е.А., Киприянова Л.М., Ануфриева Е.В., Чепыженко А.А. Трансформация залива Сиваш (Азовское море) в условиях роста солености: изменения мейобентоса и других компонентов экосистемы (2013–2015 гг.) // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Биология. 2016. Т. 9, № 4. С. 452–466.

АКВАКУЛЬТУРА, МАРИКУЛЬТУРА И ИСКУССТВЕННОЕ ВОСПРОИЗВОДСТВО

УДК:597-113.3/4:639.3.07

РЕЗУЛЬТАТЫ ВЫРАЩИВАНИЯ МОЛОДИ ТАРАНИ (*RUTILUS RUTILUS*, L.) В НЕРЕСТОВО-ВЫРОСТНЫХ ХОЗЯЙСТВАХ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ В 2020 Г.

Е. А. Порошина, С. Г. Сергеева, Е. В. Горбенко,
В. Н. Хорошельцева, Л. А. Бугаев

*Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»)
Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»), Ростов-на-Дону
E-mail: poroshina_e_a@azniirkh.ru*

Аннотация. В работе приводятся материалы, характеризующие количественные и качественные показатели молоди тарани, выращенной в 2020 г. в нерестово-выростных хозяйствах Краснодарского края лиманного (Восточно-Ахтарское и Черноерковское ОСП) и пойменного типа (Бейсугское и Ейское ОСП). В Восточно-Ахтарском ОСП вся покатная молодь достигла стандартной массы и характеризовалась хорошим физиологическим состоянием. В Черноерковском ОСП около 70 % выпускаемой молоди имела массу ниже нормативных значений (300 мг), физиологическое состояние ее было удовлетворительным. Плотность распределения молоди тарани в этом хозяйстве была более 40000 шт./га, что создавало высокую пищевую конкуренцию. В водоемах Бейсугского ОСП средняя масса тела выпускаемой молоди тарани соответствовала нормативной, физиологическое состояние соответствовало значениям нормы. В Ейском ОСП в связи с неудовлетворительным гидрологическим режимом в рыбоводный период эффективность воспроизводства молоди тарани была крайне низкой.

Ключевые слова: молодь тарани, нерестово-выростное хозяйство (НВХ), условия среды, эффективность воспроизводства, физиологическое состояние

RESULTS OF REARING ROACH (*RUTILUS RUTILUS*, L.) JUVENILES IN THE SPAWNING AND REARING FARMS IN THE KRASNODAR TERRITORY IN 2020

E. A. Poroshina, S. G. Sergeeva, E. V. Gorbenko,
V. N. Khorosheltseva, L. A. Bugaev

*Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (FSBSI "VNIRO"),
Azov-Black Sea Branch of the FSBSI "VNIRO" ("AzNIIRKH"), Rostov-on-Don
E-mail: poroshina_e_a@azniirkh.ru*

Abstract. This work presents the data characterizing qualitative and quantitative parameters of the roach juveniles, reared in 2020 in the spawning and rearing farms (hatcheries) of the Krasnodar Territory; the hatcheries belong both to the liman (East-Akhtarsk and Chernookovsk Hatcheries) and floodplain (Beysug and Yeysk Hatcheries) types. In the East-Akharst Hatchery, all migrating juveniles reached their standard weight and were characterized by good physiological status. In the Chernookovsk Hatchery, the weight of around 70 % of the released juveniles was lower than the normative values (300 g); their physiological status was acceptable. Density of the roach juveniles distribution in this hatchery exceeded

40,000 ind./ha, which led to high food competition. In the water bodies of the Beysug Hatchery, the average body weight and physiological status of the released roach juveniles were compliant with the normative values. In the Yeysk Hatchery, due to poor hydrological regime during the reproductive season, the efficiency of roach reproduction was extremely low.

Keywords: roach juveniles, spawning and rearing farm (hatchery), environmental conditions, reproductive efficiency, physiological status

ВВЕДЕНИЕ

В современных условиях актуальной проблемой для рыбного хозяйства юга России является сохранение рыбохозяйственного значения такого уникального водоёма, как Азовское море, запасы ценных видов рыб в котором значительно сократились. Важнейшей задачей рыбной промышленности Азовского бассейна является увеличение уловов полупроходных рыб. В настоящее время в результате интенсивного вылова и малых объемов пополнения запасы тарани находятся на крайне низком уровне [1, 2].

С этой целью в Краснодарском крае ещё в середине прошлого столетия на лучших лиманных нерестилищах и в поймах рек Бейсуг и Ея были созданы нерестово-выростные хозяйства (НВХ). Нерестово-выростные хозяйства — это хозяйства, при эксплуатации которых можно управлять водоснабжением, осушать или осолонять водоемы в относительно короткие сроки, воздействовать на их ложе, формировать растительный покров и состав ихтиофауны, регулировать количество и качество производителей, приходящих на нерест, а также регулировать потребность в водных ресурсах. С 1964 г. в Краснодарском крае эксплуатируется 4 НВХ: 2 — лиманного типа (Восточно-Ахтарское и Черноерковское) и 2 — пойменного типа (Бейсугское и Ейское). Общая проектная площадь НВХ составляет более 40 тыс. га. На нерестилищах выращивается молодь тарани до покатной IV стадии развития. Мощность предприятий по выпуску выращенной молоди тарани — 5,44 млрд экз. в год.

Вклад НВХ в воспроизводство тарани в период их эксплуатации существенно изменяется по годам, что в значительной степени зависит от периодов осолонения Азовского моря, поскольку из-за повышения солености уменьшается площадь распресненных зон, благоприятных для нагула молоди тарани, ухудшения экологических условий, сокращения продуктивных площадей и недостаточной численности производителей в популяции, которая может обеспечить высокую урожайность [3].

Целью настоящей работы является оценка результатов выращивания молоди тарани по материалам исследований 2020 г.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования в 2020 г. проводились в нерестовых водоёмах Бейсугского НВХ филиала ФГБУ «Главрыбвод» на обособленных структурных подразделениях (ОСП): Черноерковское, Восточно-Ахтарское и Бейсугское. Отбор ихтиологических проб в Ейском ОСП не осуществлялся. Сбор материала проводился во второй и третьей декаде июня, когда молодь уже была сформирована и готова к скату с нерестилищ в море. Ихтиологический материал собран на 78 станциях. Обловы воспроизводственных водоёмов проводились мальковой волокушей. Проанализировано более 2000 экз. молоди тарани.

Для определения урожайности молоди тарани применялся метод площадей путем прямого учета [4–6]. При расчетах численности сеголеток перед началом их ската в море применялась формула:

$$P = \frac{Si \times C}{Sn \times K}, \text{ где}$$

P — количество рыбы на данной площади, шт.

Si — площадь исследуемой акватории, га

Sn — площадь облова волокушей за одно или несколько притонений, га

K — коэффициент уловистости (0,1 и 0,3)

C — количество рыб на площади облова, шт.

Площадь облова в данной формуле определяется в зависимости от способа проведения облова и длины мальковой волокуши.

Для проведения физиолого-биохимического анализа пробы отбирали из боковой мышцы тела. Содержание белка в мышцах определяли по методике Лоури с использованием бычьего сывороточного альбумина в качестве стандарта, количества влаги — весовым методом, массовой доли липидов — непрерывной экстракцией по методу Сокслета [7, 8]. Результаты исследований обработаны статистически и выражены в форме $M \pm m$ (средняя величина \pm ошибка средней), определены коэффициенты вариации CV (%). Расчеты проводились с помощью программы Excel Microsoft Office 2010.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Одним из основных показателей эффективности воспроизводства полупроходных рыб является динамика их запасов в море, которая определяется урожайностью поколений. Показателем урожайности является численность молоди, скатившейся с нерестилищ. Анализ многолетних данных показывает, что высокий уровень запаса тарани в море обеспечивала численность молоди в 30 млрд экз. [9]. В 2020 г. по официальным данным общее количество молоди тарани, выращенной Бейсугским НВХ, составило порядка 5,0 млрд экз.

В нерестово-выростных водоёмах, особенно в современный период, складывается очень сложный, специфический для каждого нерестилища комплекс условий, влияющий на нерест, время ската молоди в море, ее размерность и качество. Количество и плотность распределения молоди в обследованных хозяйствах значительно отличаются и не всегда зависят от площади нерестилищ. Наибольшая плотность молоди тарани в 2020 г. отмечена в водоемах Черноерковского ОСП (табл. 1).

Величина ежегодного пополнения запаса тарани Азовского моря определяется не только количеством скатившейся с нерестилищ молоди, но и ее качеством, в частности размерно-массовым составом, который является наиболее традиционным способом оценки качества покатной молоди, а также ее физиологическим состоянием.

Бейсугское ОСП. Длина тела молоди тарани на этапе выпуска варьировала от 20,2 до 34,5 мм, масса — от 123 до 582 мг. Высокие значения коэффициента вариации размерных показателей молоди свидетельствуют о значительной ее разнокачественности. Большая часть выращенной молоди достигла нормативной массы 300 мг. Содержание белка и жира в теле молоди тарани было невысоким (95 мг/г и 1,3 %, соответственно), содержание влаги составляло 80,0 % (табл. 2).

Черноерковское ОСП. Была обследована молодь из лиманов — Горький (Горьковская группа), Б. Кущеватый и Восточный (Жестерская группа). Длина тела молоди тарани в этих лиманах варьировала от 17,5 до 33,1 мм, масса — от 70 до 390 мг. Около 70 % молоди перед выпуском из водоемов не достигла стандартной массы для покатной молоди. Высокие значения коэффициента вариации (14,3–41,4 %) свидетельствовали о значительной разнокачественности молоди. Молодь тарани характеризовалась низкими показателями упитанности, составляющими 1,28–1,47. Содержание жира в теле не превышало 1,2 %, белка — 82–88 мг/г. Содержание влаги было высокое — 79,8–80,1 % (табл. 3).

Таблица 1. Плотность распределения молоди в НВХ в 2020 г.

Тип водоема	Название ОСП	Проектная площадь хозяйства, га	Плотность распределения молоди, шт./га	Объем выпуска молоди, млрд экз.
Лиманный	Восточно-Ахтарское	9370	6600	0,439
	Черноерковское	12000	40500	0,895
Пойменный	Бейсугское	19800	34000	3,756
	Ейское	5880	–	0,174

Таблица 2. Характеристика молоди тарани из Бейсугского ОСП

Показатели	Значения	CV, %
Длина тела, мм	$\frac{26,3 \pm 0,3}{20,2-34,5}$	26,4
Масса тела, мг	$\frac{330,7 \pm 10,4}{123-582}$	9,3
Коэффициент упитанности	$\frac{1,78 \pm 0,02}{1,42-2,19}$	7,5
Белок, мг/г	95	–
Влага, %	80,0	–
Жир, % на сырую массу	1,3	–

Примечание: Числитель — среднее значение; знаменатель — min, max

Таблица 3. Характеристика молоди тарани из Черноерковского ОСП

Показатели	л. Восточный		л. Б. Кущеватый		л. Горький	
	значения	CV, %	значения	CV, %	значения	CV, %
Длина тела, мм	$\frac{22,2 \pm 0,2}{20,0-25,9}$	6,5	$\frac{22,3 \pm 0,3}{17,5-25,6}$	7,6	$\frac{22,0 \pm 0,5}{19,0-33,1}$	41,4
Масса тела, мг	$\frac{158 \pm 5}{120-245}$	17,6	$\frac{152 \pm 6}{70-240}$	24,3	$\frac{141 \pm 10}{80-390}$	36,3
Коэффициент упитанности	$\frac{1,47 \pm 0,03}{1,21-1,97}$	11,0	$\frac{1,34 \pm 0,03}{0,98-1,66}$	12,6	$\frac{1,28 \pm 0,03}{0,90-1,61}$	14,3
Белок, мг/г	88		82		85	
Влага, %	79,8		80,1		80,0	
Жир, % на сырую массу	1,2		1,0		1,2	

Примечание: Числитель — среднее значение; знаменатель — min, max

Восточно-Ахтарское ОСП. Была обследована молодь из трех лиманов — Чумяный, Комковатый и Ахтарские озера. Длина тела молоди тарани перед выпуском варьировала от 24 до 43 мм, масса — от 200 до 1300 мг, что значительно выше, чем у молоди из двух других хозяйств. Высокие значения коэффициента вариации (5,7–36,3 %) свидетельствовали о значительной разнокачественности молоди. Средняя масса тарани из трех лиманов этого хозяйства составила 512–685 мг. Следует отметить, что у более крупной молоди из Восточно-Ахтарского ОСП, по сравнению с молодь из других обследованных хозяйств, содержание жира в теле было выше и составляло 1,5–2,6 %, содержание белка — 95–102 мг/г, содержание влаги — 77,5–79,0 % (табл. 4).

Значительная разнокачественность молоди тарани зависит от условий среды, складывающихся в каждом водоеме. При неблагоприятных условиях в водоеме размах вариаций увеличивается: и длина молоди на более позднем этапе развития может оказаться меньше длины на более раннем этапе. В одновозрастной выборке часть молоди, отставшая в развитии, переходит на следующий этап позже. Таким образом возникает разнокачественность (разноэтапность), одновозрастная группа оказывается состоящей из молоди, находящейся на разных этапах развития.

На разнокачественность молоди в значительной степени оказывают влияние состояние и различные сроки нереста производителей. Холодная затяжная весна 2020 г. обусловила поздний и растянутый нерест производителей тарани (середина марта – вторая декада апреля) [10].

Интенсивность роста молоди и ее физиологическое состояние зависят от гидрохимических условий, особенностей формирования кормовой базы, качества и количества корма. В период подращивания молоди (май–июнь) соленость в выростных водоемах трех обследованных хозяйств была благоприятной и изменялась в пределах 0,3–2,5 г/дм³. Оптимальной для подращивания молоди тарани считается соленость воды 4–5 г/дм³ [11, 12].

В 2020 г. на нерестово-выростных площадях Ейского ОСП сложилась критическая ситуация для жизнедеятельности молоди тарани. Маловодность р. Ей привела к отсутствию возможности поступления пресной воды на нерестово-выростные площади этого хозяйства, поэтому уровни воды в рыбоводный период поддерживались регулируемым поступлением соленой воды из Ейского лимана. В период выращивания молоди соленость в водоемах ЕОСП достигала критических показателей для молоди — 10,0 г/дм³. В результате сложившейся ситуации резко сократилась площадь, пригодная для нереста производителей и роста молоди тарани. Большая часть молоди в таких условиях погибла на начальных этапах развития [13].

Выпуск молоди из выростных водоемов следует осуществлять по достижении ею нормативной массы 300 мг. Молодь, задерживаемая в условиях НВХ, в дальнейшем имеет более низкий темп роста и выживаемость. К тому же, если молодь задерживается на этапе G в водоеме, то она утрачивает инстинкт ската и может длительное время не скатываться в море.

Важным условием получения качественной молоди в водоемах является степень обеспеченности ее определенными видами корма. Для личинок и ранней молоди тарани нужны коловратки и мелкие формы ветвистоусых рачков. Излюбленным её кормом является *Chydorus sphaericus* [14].

Биомасса зоопланктонных организмов в выростных водоемах обследованных хозяйств в 2020 г. варьировала от 44,1 до 418,4 мг/м³, однако на долю кормовых организмов приходилась меньшая часть биомассы (табл. 5).

Таблица 4. Характеристика молоди тарани из водоемов Восточно-Ахтарского ОСП

Показатели	л. Чумяной		л. Ахтарские озера		л. Комковатый	
	значения	CV, %	значения	CV, %	значения	CV, %
Длина тела, мм	$\frac{31,1 \pm 0,4}{27-43}$	9,8	$\frac{33,3 \pm 0,3}{27-38}$	8,0	$\frac{31,9 \pm 0,4}{24-43}$	11,7
Масса тела, мг	$\frac{512 \pm 16}{380-1130}$	25,2	$\frac{685 \pm 21}{320-990}$	25,8	$\frac{576 \pm 23}{200-1300}$	36,3
Коэффициент упитанности	$\frac{1,68 \pm 0,01}{1,35-1,95}$	6,9	$\frac{1,81 \pm 0,01}{1,63-1,96}$	4,5	$\frac{1,70 \pm 0,01}{1,45-1,97}$	5,7
Белок, мг/г	95		102		98	
Влага, %	79,0		77,5		78,8	
Жир, % на сырую массу	1,5		2,6		1,8	

Примечание: Числитель — среднее значение; знаменатель — min, max

Таблица 5. Биомасса зоопланктонных организмов в нерестовых водоёмах ОСП в июне 2020 г., мг/м³

Название ОСП	Коловратки	Ветвистоусые	Веслоногие	Прочие	Всего
Черноерковское	не обнаружены	0–7,1	18,4–506,6	0,2–49,3	301,5
Восточно-Ахтарское	0–4,6	3,0–11,3	25,5–49,2	0,2–0,5	44,1
Бейсугское	не обнаружены	8,5–13,8	105–490	–	418,4

Из данных табл. 5 видно, что к началу ската молоди тарани коловратки в водоемах Черноерковского и Бейсугского ОСП не обнаружены. Это свидетельствует об активном выедании и нехватке этого вида кормовых организмов на более ранних этапах развития молоди. Крупные формы ветвистоусых рачков и веслоногих, присутствующих в водоемах НВХ в значительном количестве, молодь тарани не потребляет [9].

Таким образом, физиологическое состояние молоди из разных хозяйств свидетельствует о том, что наиболее благоприятные кормовые условия для молоди сложились в лиманах ВАОСП, где и плотность распределения молоди была в 5–6 раз меньше, чем на БОСП и ЧОСП.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты выращивания молоди тарани в нерестово-выростных хозяйствах Краснодарского края в 2020 г. показали, что размерно-массовый состав покатной молоди тарани из обследованных хозяйств гетерогенный. В обследованных выборках отмечались особи длиной от 20 до 43 мм и массой от 70 до 1300 мг. Наименьшие показатели средней массы молоди тарани (150,3 мг) на этапе выпуска и упитанность (1,36) отмечались в водоемах Черноерковского ОСП, куда на нерест весной 2020 г. зашли наиболее мелкие самки (100 % двухгодовики) массой 48,4 г и длиной 14,0 см. Плотность молоди тарани в нерестовых водоёмах этого хозяйства была наибольшей — 40500 шт./га, что создавало высокую пищевую конкуренцию у молоди, особенно на поздних этапах развития. Количество кормового зоопланктона было низким.

Наиболее крупная молодь на этапе выпуска, отличающаяся хорошим физиологическим состоянием, отмечалась на Восточно-Ахтарском ОСП. Это хозяйство — единственное из обследованных, которое не испытывало в 2020 г. дефицита воды. Плотность выращивания в водоемах этого хозяйства была невысокая и составляла 6600 шт./га.

Хорошие результаты по объему выпуска молоди тарани (более 3,7 млрд экз.) получены на Бейсугском ОСП. Средняя масса выпускаемой молоди соответствовала нормативной, содержание белка и общих липидов в мышцах было в пределах нормы. Плотность молоди тарани в нерестовых водоемах составляла 34000 шт./га.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жердев Н.А., Власенко Е.С., Гуськова О.С. Распределение молоди тарани *Rutilus rutilus*, леща *Abramis brama*, рыбца *Vimba vimba*, судака *Sander lucioperca* в Нижнем Дону в маловодный 2017 год // Водные биоресурсы и среда обитания. 2020. Т. 3, № 1. С. 42–53. DOI: 10.47921/2619-1024_2020_3_1_42.
2. Чередников С.Ю., Власенко Е.С., Жердев Н.А., Кузнецова И.Д., Лукьянов С.В. Лимитирующие факторы абиотической среды и биологические особенности важнейших промысловых мигрантов Азовского моря // Водные биоресурсы и среда обитания. 2020. Т. 3, № 1. С. 27–41. DOI: 10.47921/2619-1024_2020_3_1_27.
3. Порошина Е.А. Характеристика естественного воспроизводства судака и тарани в кубанских лиманах в современный период // Вопросы рыболовства. 2011. Т. 12, № 145. С. 127–137.
4. Лапицкий И.И. Учет численности эксплуатируемых стад сазана, леща и других промысловых рыб Цимлянского водохранилища // Труды зон. совещ. по типологии. Кишинев, 1962. С. 305–312.
5. Лапицкий И.И. Метод учета численности рыб в Цимлянском водохранилище // Труды Волгоградского отделения ГосНИОРХ. 1967. Т. 3. С. 117–130.
6. Аксютин З.М., Волкова А.И., Таманская Г.Г. Методика по бонитировочному учету молоди рыб на нерестово-выростных хозяйствах. М.: Изд-во ВНИРО, 1969. 61 с.
7. Цуникова Е.П. Методы оценки масштабов естественного воспроизводства судака и тарани в Азово-Кубанских лиманах // Методы рыбохозяйственных и природоохранных исследований в Азово-Черноморском бассейне : сб. науч.-метод. работ / Азовский науч.-исследоват. ин-т рыб. хоз-ва. Краснодар, 2005. С. 130–140.
8. Физиолого-биохимические и генетические исследования ихтиофауны Азово-Черноморского бассейна / Методическое руководство. Ростов-н/Д.: Эверест, 2005. 100 с.
9. Цуникова Е.П. Водоемы Восточного Приазовья — рыбохозяйственное значение и оптимизация их использования. Ростов-н/Д.: Медиаполис, 2006. 225 с.

10. Пятинский М.М., Козоброд И.Д., Чередников С.Ю., Жердев Н.А. Биологическая характеристика и пространственное распределение молоди тарани (*Rutilus rutilus heckelii*) и леща (*Abramis brama*) в р. Дон в 2020 г. // Водные биоресурсы и среда обитания. 2021. Т. 4, № 2. С. 18–30. DOI: 10.47921/2619-1024_2021_4_2_18.
11. Лещинская А.С. Выживание икры, личинок и мальков кубанской тарани в азовской воде различной солености / Реконструкция рыбного хозяйства Азовского моря : Сб. науч. тр. ВНИРО. 1955. Т. 31, вып. 2. С. 97–107.
12. Залуми Г.Г. Эффективность размножения судака и тарани в Ахтарском нерестово-выростном хозяйстве // Реконструкция рыбного хозяйства Азовского моря : Сб. научн. тр. ВНИРО. 1955. Т. 31. Вып. 2. С. 230–248.
13. Хорошельцева В.Н., Горбенко Е.В., Полуян А.Я., Медведева А.А., Волошина М.В. Результаты воспроизводства молоди полупроходных рыб в пойменных нерестово-выростных хозяйствах Азово-Кубанского района в 2020 г. // Водные биоресурсы и среда обитания, 2021. Т. 4, № 2. С. 40–49. DOI: 10.47921/2619-1024_2021_4_2_40.
14. Цуникова Е.П. (Теплова). Эффективность размножения тарани в Ахтарско-Гривенских лиманах // Труды АзНИИРХ. 1966. Вып. IX. С. 63–75.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСКУССТВЕННОГО ВОСПРОИЗВОДСТВА МОЛОДИ РЫБЦА (*VIMBA VIMBA*) В АЗОВО-ДОНСКОМ РАЙОНЕ

Л. И. Зипельт, Е. В. Горбенко, А. А. Павлюк

*Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»),
Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»), Ростов-на-Дону
E-mail: gorbenko_e_v@azniirkh.ru*

Аннотация. Пополнение популяции рыба (*Vimba vimba natio carinata* (Pall.)) Азовского бассейна молодь осуществляется в т. ч. и за счет искусственного воспроизводства. В работе представлены результаты многолетних исследований по оценке искусственного воспроизводства молоди рыба в Азово-Донском районе. Дана оценка качества выпускаемой в естественный водоем молоди по морфометрическим показателям и показателям химического состава мышц. Определены критерии оценки качества по содержанию жира, белка, золы. Выявлена корреляционная зависимость между морфо-биологическими показателями и плодовитостью, выведены формулы для определения отдельных показателей, таких как вес гонад, расчетная рабочая плодовитость. Представлен объем пополнения водных биологических ресурсов молодь рыба за последние 7 лет (2015–2021).

Ключевые слова: рыба, производители, личинки, молодь, масса, промысловая длина, плодовитость, гонады, коэффициент зрелости, размерный состав ооцитов, вариационный ряд, жир, белок, влага

RESULTS OF ARTIFICIAL REPRODUCTION OF VIMBA BREAM (*VIMBA VIMBA*) JUVENILES IN THE AZOV SEA AND DON RIVER REGION

L. I. Zipel't, E. V. Gorbenko, A. A. Pavlyuk

*Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (FSBSI "VNIRO"),
Azov-Black Sea Branch FSBSI "VNIRO" ("AzNIIRKH"), Rostov-on-Don
E-mail: gorbenko_e_v@azniirkh.ru*

Abstract. Recruitment to the vimba bream (*Vimba vimba natio carinata* (Pall.)) population with juveniles in the Azov Sea Basin occurs through both natural and artificial reproduction. This work presents the results of long-term studies aimed at the assessment of artificial reproduction and rearing the juveniles of vimba bream in the Azov Sea and Don River Region. The quality of the juveniles released into a natural water body has been assessed based on their morphometric characteristics and the chemical composition of their muscle tissue. The criteria for quality assessment based on the fat, protein, and ash content have been established. The correlation between morphobiological characteristics and fecundity has been identified; the equations for calculation of some parameters, such as weight of the gonads and estimated operational fecundity, have been derived. The recruitment to the stocks of aquatic biological resources with vimba bream juveniles for the last 7 years (2015–2021) is presented.

Keywords: vimba bream, breeders, larvae, juveniles, weight, fishing length, fecundity, gonadosomatic index, oocyte size composition, variational series, fat, protein, moisture

ВВЕДЕНИЕ

Запасы ценных видов рыб в Азовском море остаются на чрезвычайно низком уровне. В современных экологических условиях одним из источников пополнения запасов ценных промысловых рыб молодью является искусственное воспроизводство.

Искусственное воспроизводство молоди рыба в Азовском бассейне ежегодно реализуется на рыбоводном предприятии ФГБУ «Аксайско-Донской рыбноводный завод». Заготовка производителей для искусственного воспроизводства рыба осуществляется ежегодно. Основное количество производителей (80–95,0 %) предприятие заготавливает во время весеннего нерестового хода на ихтиологической площадке Кочетовского гидроузла, на тоневах участках Нижнего Дона — во время осеннего и весеннего нерестового хода. Результаты многолетних исследований показывают, что для сохранения генофонда популяции при искусственном разведении важно использовать в воспроизводственном процессе и производителей осеннего нерестового хода, несмотря на их меньшую численность в сравнении с весенними мигрантами [1].

В период 2015–2017 гг. количество ежегодно выпускаемой молоди рыба в р. Дон составляло около 8,5 млн экз., в период 2018–2021 гг. объемы выпуска варьировали от 0,051 до 6,212 млн экз. Выпуск молоди в минимальном объеме (0,051 млн экз.) связан с нарушениями технологии заполнения водой выростных прудов, когда в пруды попала сорная рыба, приведя к потере выращиваемой молоди рыба. Последние 2 года (2020–2021) объемы выпускаемой молоди рыба снизились почти в 2 раза (до 4,8–4,63 млн экз.), что связано с началом работ по проведению реконструкции рыбноводного завода и соответственно сокращением части производственных площадей.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Сбор материала осуществлялся на базе рыбноводного завода «Аксайско-Донской рыбноводный завод» Азово-Донского филиала ФГБУ «Главрыбвод». Искусственное разведение молоди рыба осуществляется заводским методом с элементами экологического (без использования гипофизарных инъекций) [2]. Поскольку рыба относится к порционно нерестующим рыбам, в отдельные годы из-за недостаточного количества производителей использовали получение также и второй порции икры [2]. Процесс инкубации и выдерживания личинок до стадии перехода на смешанное питание (заполнение плавательного пузыря воздухом) осуществлялся в аппаратах П.С. Ющенко. Выращивание молоди рыба до средней массы 300 мг и выше проходило в течение 66–78 суток в монокультуре в выростных прудах площадью 4,0 га. Плотность посадки варьировала от 300 тыс. шт. до 500 тыс. шт./га [3].

Производители для воспроизводственных работ отбирались в разные периоды нерестового хода (осень, весна). Для оценки репродуктивного потенциала рыб определялись морфо-биологические показатели: масса, длина, коэффициент упитанности по Фультону, плодовитость по трем порциям икры, коэффициент зрелости, распределение ооцитов по порциям в вариационном ряду (%), расчетная рабочая плодовитость [4–6].

Функциональное состояние молоди рыба, выпускаемой в естественный водоем, оценивалось по морфометрическим, морфо-биологическим показателям, исследовался химический состав мышц молоди следующих массовых групп: до 300 мг, 300–400 мг и выше 400 мг.

Химический состав мышц на содержание влаги, жира, золы определяли в соответствии с общепринятой методикой [7, 8]. Содержание влаги определяли высушиванием навески сырого вещества (мышц) при 105 °С, жира — по обезжиренному остатку в аппарате Сокслета (метод Ружковского), золу определяли методом сжигания сухого остатка в муфельной печи. Данные анализы позволяют приблизительно установить содержание белка вычислением разности между сухим веществом, содержанием жира и золы. При расчетах все величины выражались в процентах к сырому веществу.

Полученные результаты исследований обрабатывались статистически с применением программы «Excel».

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты рыбоводно-биологического анализа производителей рыбаца представлены в табл. 1. Производители рыбаца в исследуемый период сохраняли репродуктивный потенциал на среднемноголетнем уровне. Следует отметить, что морфометрические показатели (масса, промысловая длина) производителей осеннего нерестового хода были выше, чем производителей весеннего хода, а коэффициент зрелости ниже. За период длительной резервации (зимовки) у осенних мигрантов происходит созревание гонад.

Среднемноголетние данные по распределению ооцитов у самок рыбаца в вариационном ряду в разные периоды миграционного хода представлены тремя вершинами (три порциями икры) (рис. 1).

Первая порция икры рыбаца в осенний период составляла 26,1 % (диаметр ооцитов от 0,9 до 1,2 мм), в весенний период — 36,2 % (диаметр ооцитов от 0,8 до 1,2 мм). Вторая порция ооцитов у самок рыбаца осеннего и весеннего миграционного хода самок рыбаца составляла 67,2 % (от 0,4 до 0,9 мм) и 54,0 % (от 0,4 до 0,8 мм), соответственно [9]. Зависимость веса гонад от массы самок рыбаца в преднерестовый период прямолинейна, распределение эмпирических точек определяется коэффициентом корреляции этих показателей, который равен $r=0,723699$ (рис. 2).

Определение веса гонад самок рыбаца в преднерестовый период проводили по формуле $y=0,1032x-4,7572$, затем определяли коэффициент зрелости. Промысловую длину самок рыбаца определяли по формуле $y=0,024x+17,989$ (рис. 3). Зависимость показала, что с увеличением промысловой длины самок увеличивается их масса. Коэффициент корреляции указанных показателей равен $r=0,876798$.

Зависимость плодовитости самок рыбаца от массы в преднерестовый период определяли по формуле $y=0,1718x+7,2114$. Как видно из рис. 4, с увеличением массы самок увеличивается плодовитость, коэффициент корреляции составляет $r=0,749674$.

Установленная прямолинейная зависимость по эмпирическим точкам таких показателей как вес гонад и масса самок, промысловая длина и масса самок, вес гонад и плодовитость позволяет теоретически рассчитать для различных массовых групп взрослых рыб и их промысловой длины массу гонад и плодовитость. Теоретическая расчетная плодовитость в зависимости от массы и длины самок представлена в табл. 2.

Таблица 1. Морфо-биологические показатели производителей рыбаца разных периодов заготовки

Показатели	Осенний период		Весенний период	
	Самки	Самцы	Самки	Самцы
Средняя масса, г	$333 \pm 10,26$ 271–393	$276,5 \pm 30,8$ 208–369	$297,0 \pm 19,5$ 230–444	$223,4 \pm 23,9$ 148–385
Промысловая длина, см	$25,6 \pm 0,27$ 23,6–27,0	$24,5 \pm 0,66$ 22,9–26,7	$24,9 \pm 0,35$ 23,8–27,3	$24,9 \pm 0,35$ 23,8–27,3
Коэффициент зрелости, %	$5,2 \pm 0,19$ 3,1–6,6	$1,75 \pm 0,23$ 0,81–2,4	$8,65 \pm 0,54$ 5,3–11,1	$4,6 \pm 0,3$ 3,0–6,4
Плодовитость по трем порциям икры, тыс. шт.	$65,2 \pm 2,9$ 47,3–85,6	–	$60,5 \pm 3,1$ 41,1–80,0	–
Коэффициент упитанности по Фультону, %	$2,00 \pm 0,02$ 1,8–2,1	$1,8 \pm 0,05$ 1,6–2,0	$1,9 \pm 0,04$ 1,7–2,2	$1,65 \pm 0,05$ 1,5–1,9
Содержание первой порции икры, %	26,1		36,2	
Расчетная рабочая плодовитость, тыс. шт.	17,0		21,9	

Примечание: Числитель — среднее значение, знаменатель — min, max

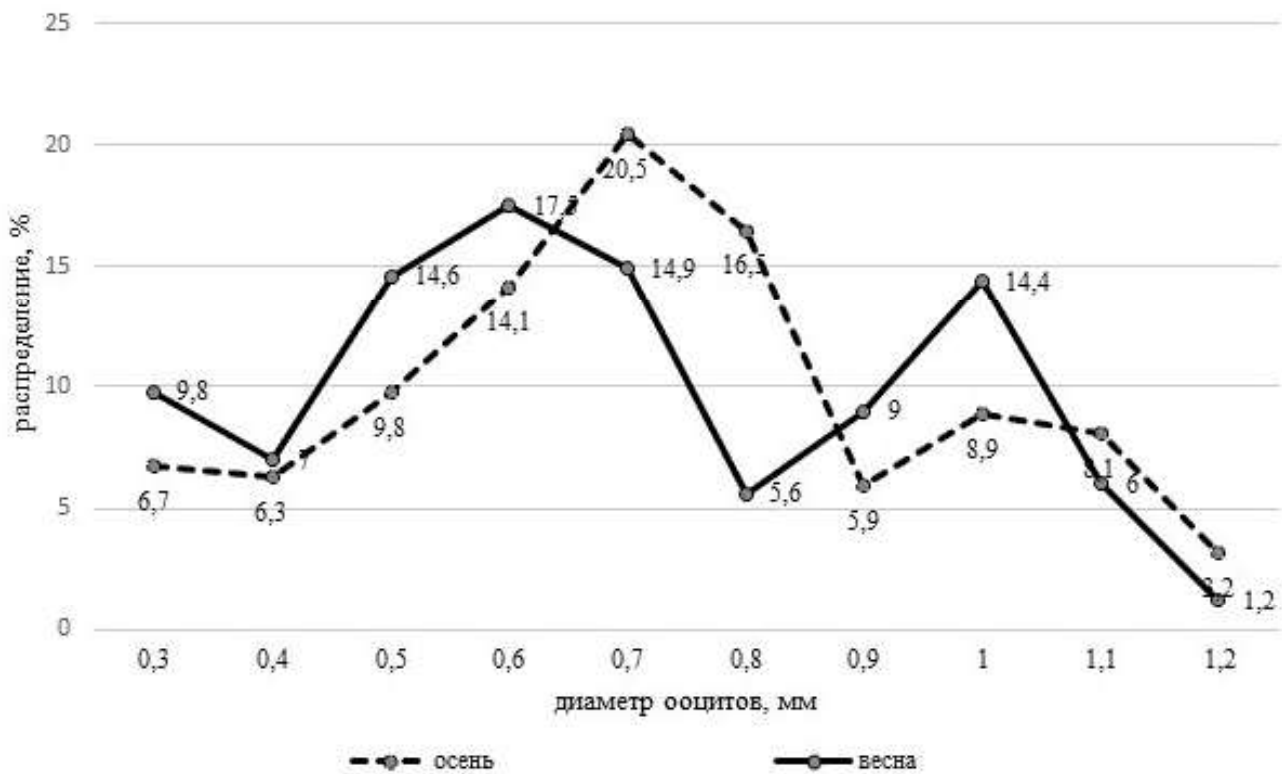


Рис. 1. Динамика распределения ооцитов у рыбаца разных периодов нерестовой миграции, %

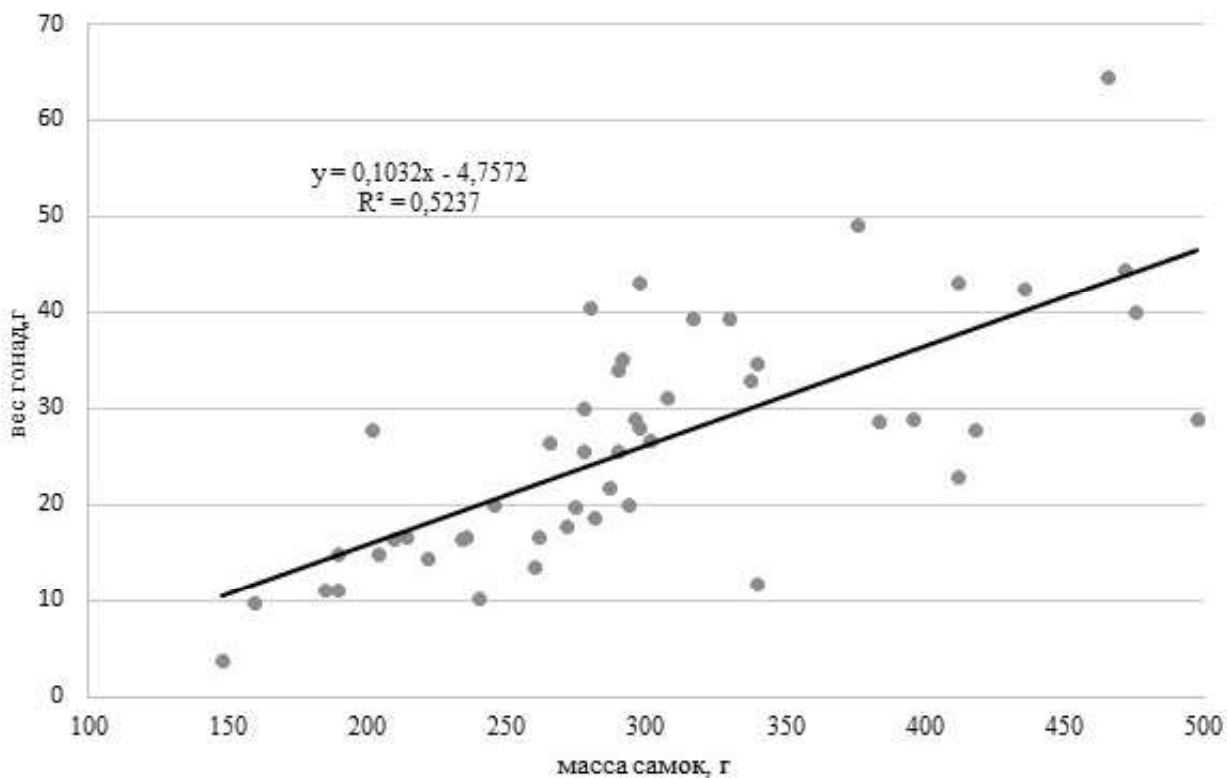


Рис. 2. Зависимость показателей веса гонад от массы самок

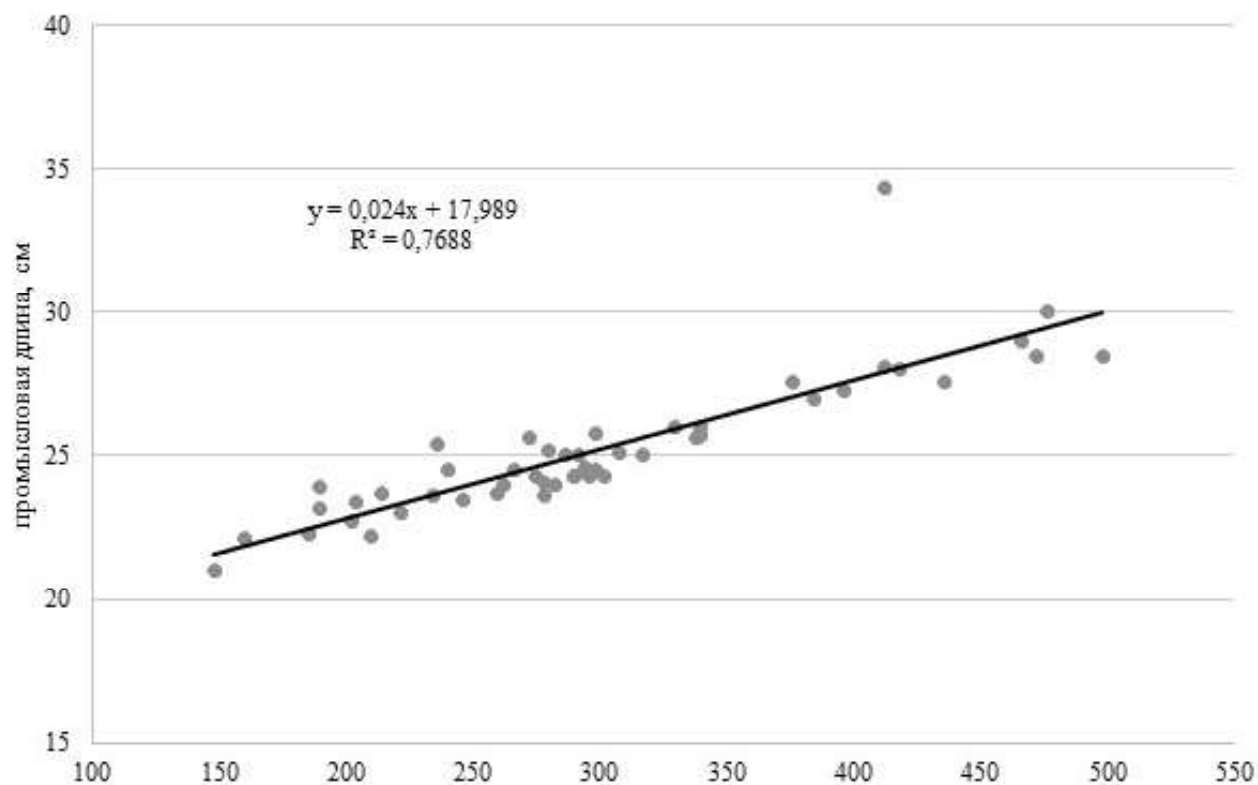


Рис. 3. Зависимость массы самок рыбца от промысловой длины

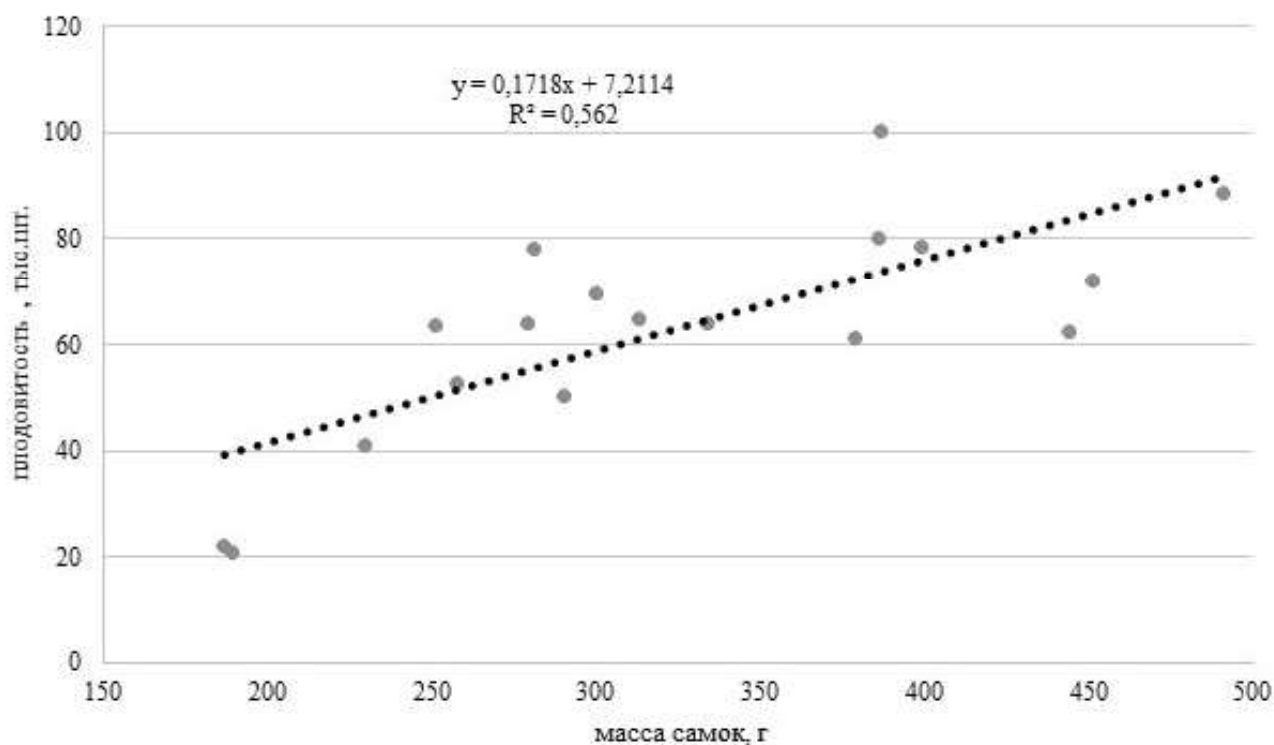


Рис. 4. Зависимость плодовитости самок рыбца от массы в преднерестовый период

Таблица 2. Расчетные морфо-биологические показатели самок рыба

Показатели	Размерная группа, г				
	200,0–250,0	300,0–330,0	350,0–380,0	400,0–450,0	500,0
Масса, г	200,0–250,0	300,0–330,0	350,0–380,0	400,0–450,0	500,0
Длина, см	22,8–24,0	25,2–25,9	26,4–27,1	27,6–28,8	30,0
Вес гонад, г	15,8–21,0	26,0–29,3	31,3–34,4	36,5–41,7	46,8
Плодовитость, тыс. шт.	41,5–50,2	58,7–63,9	67,3–72,5	75,9–84,5	93,1

При эколого-заводском методе в период созревания зрелые самки рыба выходят на течение в нерестовые канавки. По мере их выхода проходит отбор зрелых самок, от которых методом сцеживания получают икру и проводят ее оплодотворение. Инкубация икры осуществляется в аппаратах Ющенко, выживаемость эмбрионов за период инкубации составила 70,0 %, выживаемость личинок за период выдерживания в инкубационных аппаратах — 75,0–80,0 %, что соответствует биотехническим нормативам [10]. Выращивание личинок осуществлялось в прудах. Пруды к рыбоводному сезону были подготовлены в соответствии с ветеринарно-санитарными правилами и рыбоводными требованиями. В осенний период для формирования естественной кормовой базы по ложу прудов были внесены органические удобрения в виде навоза. В период выращивания молоди в пруды вносили гидролизные дрожжи в количестве 1 кг/га. Также поддерживали гидрохимические условия на благоприятном уровне за счет своевременного доливания воды до технологического уровня в прудах. За период выращивания температура воды в прудах составляла 19–24 °С, рН среды — 7,2–7,6, содержание органических веществ постепенно возрастало от 6,4 до 20,0 мг O₂/л, соотношение биогенных веществ азота к фосфору сохранялось на уровне 4:1. Биомасса зоопланктона в прудах в среднем составляла 1,6 (0,4–4,8) г/м³. Качественный состав зоопланктона был представлен следующими видами: кладоцеры — 57,9 %, копеподы — 38,7 %. Коловратки составляли в общей биомассе 3,3 %, личинки хирономид 0,1 %. На завершающем этапе выращивания молодь рыба потребляла ветвистоусых и веслоногих рачков.

На этапе выпуска проводилась оценка качества молоди рыба: определялись масса, длина, химический состав мышц на содержание влаги, жира, золы и белка. Распределение молоди рыба по массе на этапе выпуска из прудов представлено на рис. 5. Формирование в выростных прудах благоприятного кормового и гидрохимического режима способствовало тому, что за оптимальный срок выращивания (65–77 дней) молодь достигала массы более 300 мг. Группа молоди массой тела более 400 мг на этапе выпуска составила 46,0 % общей численности.

Среднегодовалые результаты распределения выпускаемой молоди рыба по морфо-биологическим показателям в вариационном ряду представлены в табл. 3.

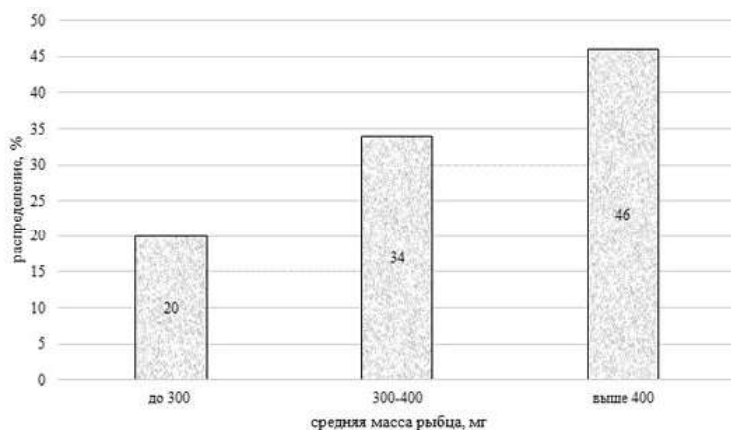


Рис. 5. Распределение молоди рыба по массе на этапе выпуска

Средняя масса выпускаемой в естественный водоем молоди в вариационном ряду составляла 375,0±11,1 мг при вариативности от 160,0 до 1070,0 мг, коэффициент упитанности по Фульто-ну — 1,32±0,08(1,0–1,6) %. С увеличением массы молоди рыба от 160 мг до 1070 мг увеличивалась соответственно и длина от 22 до 43 мм. Прямая пропорциональная взаимосвязь между длиной и массой представлена в виде формулы $y=0,0238x+21,072$ ($r=0,958$) (рис. 6).

Химический состав мышц определялся для трех групп молоди: массой до 300, 300–400, 400 мг и выше (табл. 4).

Таблица 3. Морфо-биологические показатели молоди рыба на этапе выпуска из прудов

Показатели	Размерная группа, мг		
Средняя масса, мг	<u>246,0±5,29</u> 160,0–290,0	<u>353,6±3,3</u> 310–400,0	<u>528,0±14,86</u> 410,0–1070,0
Распределение по массе, %	20,0	34,0	46
Длина, мм	<u>26,9±0,27</u> 22,0–30,0	<u>30,03±0,16</u> 28,0–33,0	<u>33,2±0,51</u> 30,0–43,0
Коэффициент упитанности по Фультону, %	<u>1,26±0,01</u> 1,0–1,4	<u>1,3±0,01</u> 1,0–1,6	<u>1,4±0,01</u> 1,2–1,6

Примечание: Числитель — среднее значение, знаменатель — min, max

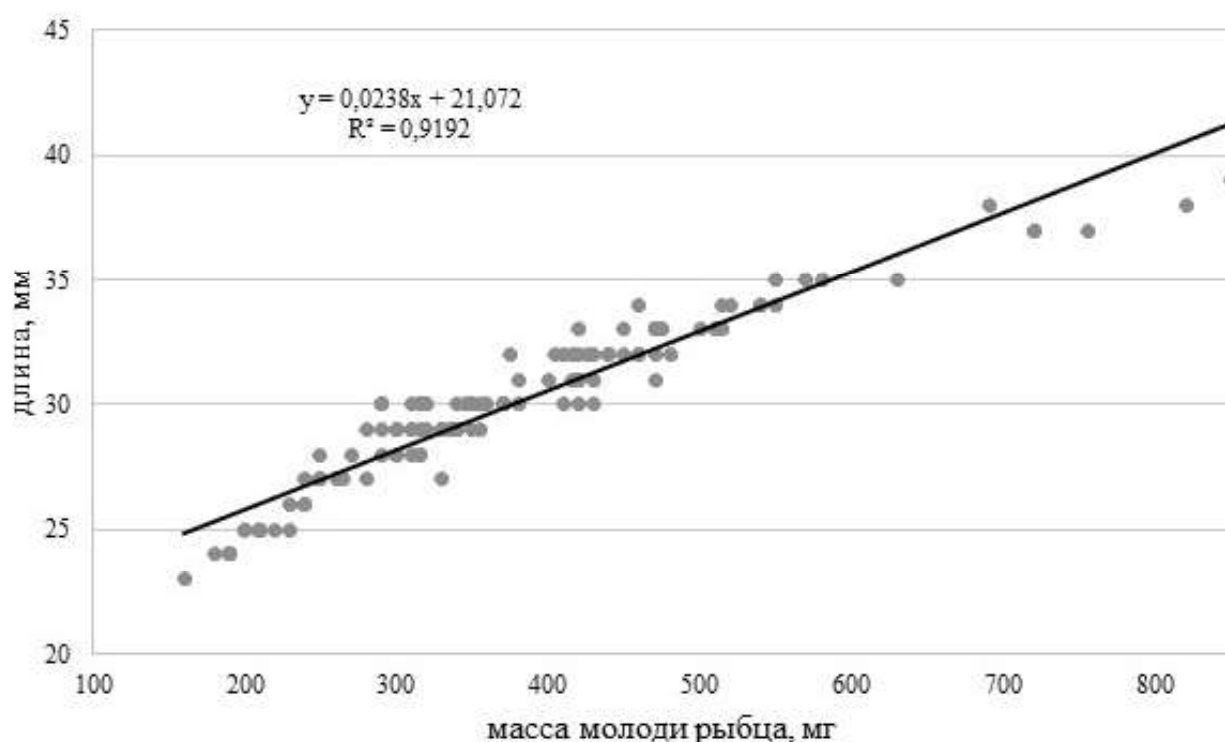


Рис. 6. Зависимость морфометрических показателей длины от массы молоди рыба

Таблица 4. Показатели химического состава мышц молоди рыба, % (в сыром веществе)

Массовая группа, мг	Значения, %			
	сухое вещество	жир	зола	белок
До 300	<u>21,2±0,12</u> 20,9–21,4	<u>0,47±0,034</u> 0,4–0,56	<u>1,74±0,04</u> 1,68–1,86	<u>19,0±0,15</u> 18,6–19,2
300–400	<u>21,2±0,2</u> 20,6–21,8	<u>0,57±0,076</u> 0,36–0,78	<u>1,66±0,03</u> 1,50–1,70	<u>19,0±0,23</u> 18,4–19,8
Выше 400	<u>22,6±0,18</u> 22,1–23,0	<u>0,82±0,02</u> 0,74–0,85	<u>1,64±0,11</u> 1,30–1,90	<u>20,2±0,17</u> 19,6–20,5

Примечание: Числитель — среднее значение, знаменатель — min, max

Полученные данные показывают, что с увеличением массы молоди увеличивается содержание жира и сухого вещества в среднем от 0,4 до 0,82 % и от 21,2 до 22,6 %, соответственно. Статистическая обработка полученных данных показывает, что для групп молоди массой до 300 и 300–400 мг достоверность различий по содержанию жира и белка невысокая ($p > 0,05$). Для молоди массой тела 400,0 мг и более достоверность оказалась выше ($p < 0,05$).

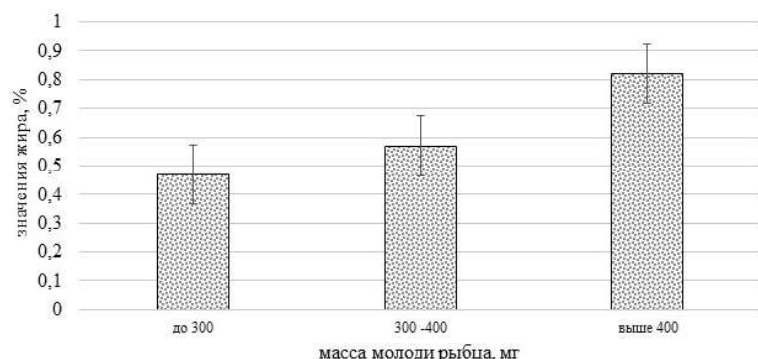


Рис. 7. Содержание жира в мышцах молоди рыбца в зависимости от массы тела

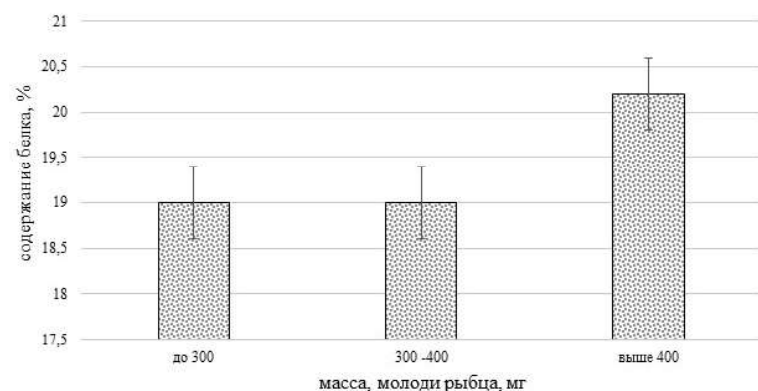


Рис. 8. Содержание белка в мышцах молоди рыбца в зависимости от массы тела

достоверность оказалась выше ($p < 0,05$). Для молоди рыбца массой тела 400 мг и более значения показателей жира и белка были выше, чем для молоди из двух других групп (рис. 7, 8).

Зависимость содержания жира от сухого вещества представлена на рис. 9. Коэффициент корреляции по полученным эмпирическим точкам равен $r = 0,790172$. Зависимость содержания жира и сухого вещества определяется по формуле $y = 0,1073x - 1,5775$. Определив содержание сухого вещества, можно рассчитать какую долю в процентном выражении может составить содержание жира.

Объемы выпускаемой молоди рыбца за период 2015–2021 гг. представлены в табл. 5. За этот период для заводского воспроизводства молоди рыбца были использованы в разные годы весенние и осенние мигранты общей численностью 26890 экз., количество выращенной и выпущенной в естественный водоем молоди составило 41,0 млн экз. В 2015 г., 2016 г. для воспроизводства рыбца были использованы производители только весеннего нерестового хода. В 2016 г. в нерестовых работах участво-

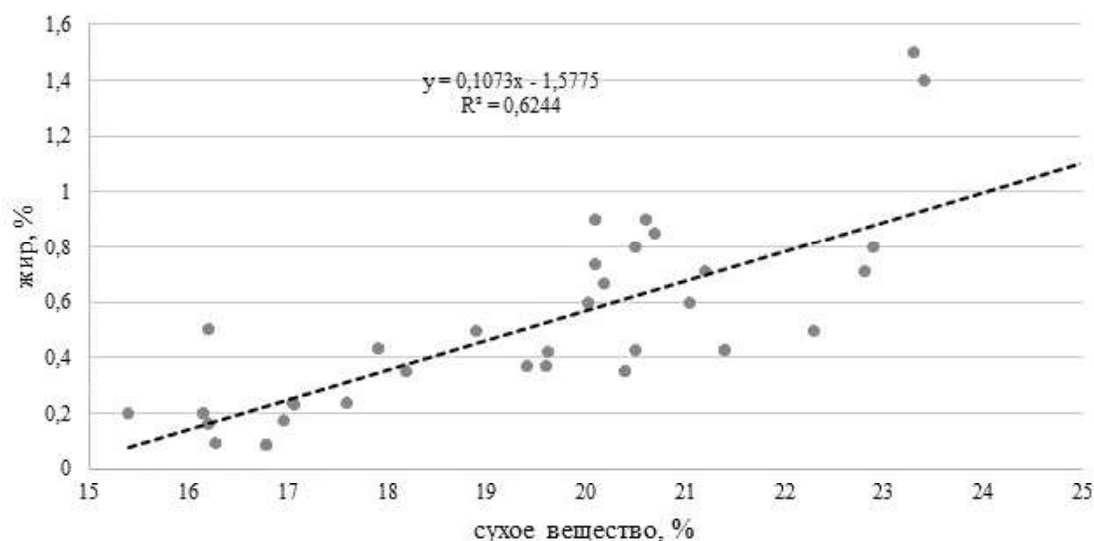


Рис. 9. Динамика взаимосвязи сухого вещества и жира

Таблица 5. Количество заготовленных производителей и объемы выпуска молоди в 2015–2021 гг.

Год	Рыбец	
	Количество производителей, экз.	Количество молоди, млн экз.
2015	4051	8,40
2016	2457	8,42
2017	6049	8,479
2018	3307	0,0506
2019	4994	6,212
2020	3008	4,808
2021	3030	4,63
Всего	26890	41,0

вало минимальное количество производителей, однако использование второй порции икры позволило предприятию выполнить план по объему выпуска молоди.

В 2020 и 2021 гг. из-за отсутствия зимовального водоема на базе рыбоводного завода провести длительную резервацию производителей осеннего хода не представилось возможным, и в рыбоводном процессе использовались только производители весеннего хода.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты искусственного воспроизводства молоди рыба в Азово-Донском районе в период 2015–2021 гг. показали, что производители рыба продолжают сохранять хороший репродуктивный потенциал.

Установленная корреляционная зависимость отдельных показателей (морфо-биологических, морфометрических) самок рыба в преднерестовый период позволяет теоретически получать расчетную величину плодовитости самок в зависимости от массы тела.

Графическая зависимость по эмпирическим точкам отдельных морфо-биологических значений самок рыба в преднерестовый период позволяет теоретически получать расчетные величины отдельных показателей.

Молодь рыба массой тела выше 400 мг имеет более высокие показатели по химическому составу мышц (жир, белок), что позволяет прогнозировать более высокую ее выживаемость в естественном водоеме.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Переверзева Е.В., Карпенко Г.И. Оптимизация аквакультуры донского рыба // Рыбное хозяйство. 2005. № 4. С. 31–33
2. Карпенко Г.И., Переверзева Е.В., Корниенко Г.Г. Оптимизация промышленного разведения популяции рыба *Vimba vimba natio carinata* (Pall.) — ценного биологического ресурса Азовского бассейна. Ростов н/Д.: АзНИИРХ, 2010. С. 228.
3. Карпенко Г.И., Шевцова Г.Н., Переверзева Е.В. Технологическая инструкция «Промышленное разведение рыба в рыбоводных хозяйствах комплексного назначения». Ростов н/Д., 2004. С. 48.
4. Алексеева Е.В. Созревание и резорбция яйцеклеток рыба // Вопросы ихтиологии. 1964. Т. 4. Вып. 2(31). С. 304–314.
5. Лакин Г.Ф. Биометрия. Учебное пособие для биол. спец. вузов, 4-е изд., перераб. и доп. М.: Высшая школа, 1990. С. 352.
6. Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб. М.: Пищевая промышленность, 1966. С. 376.
7. Инструкция по физиолого-биохимическим анализам рыбы. ВНИПРХ, 1980. 50 с.

8. Шульман Г.Е. Соотношение между содержанием жира и воды в теле рыб, и методика вычисления жирности рыб в полевых условиях // Труды АзЧерНИРО. 1961. Вып. 19. С. 36–44.
9. Карпенко Г.И. Переверзева Е..В., Головки Г.В. Зипельт Л.И. Ретроспективный анализ исследовательских работ по воспроизводству рыбца и шемаи. Ростов н/Д., 2017. С. 295.
10. Приказ Министерства сельского хозяйства РФ от 30.01.2015 г. № 25 «Об утверждении Методики расчета объема добычи (вылова) водных биологических ресурсов, необходимого для обеспечения сохранения водных биологических ресурсов и обеспечения деятельности рыбоводных хозяйств, при осуществлении рыболовства в целях аквакультуры (рыбоводства)».

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА УЛОВИСТОСТИ УЧЕТНОЙ ВОЛОКУШИ ПО ОТНОШЕНИЮ К МОЛОДИ САЗАНА И РАСТИТЕЛЬНОЯДНЫХ ВИДОВ РЫБ (БЕЛЫЙ ТОЛСТОЛОБИК, БЕЛЫЙ АМУР) ДЛЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ БОНИТИРОВОЧНОГО МЕТОДА УЧЕТА МОЛОДИ ОБЪЕКТОВ ИСКУССТВЕННОГО ВОСПРОИЗВОДСТВА В АЗОВО-ЧЕРНОМОРСКОМ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОМ БАССЕЙНЕ

А. М. Стафикопуло, Я. И. Горбатюк

*Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»),
Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»), Ростов-на-Дону
E-mail: stafikopulo_a_m@azniirkh.ru*

Аннотация. В статье рассмотрены основные результаты научно-экспериментальных работ по определению коэффициентов уловистости учетной мальковой волокуши по отношению к молоди сазана и растительноядных видов рыб (белый толстолобик, белый амур), проведенных в период 2019–2020 гг. в выростных прудах НЦА «Взморье» с целью совершенствования бонитировочного метода учета рыб. Описаны факторы, влияющие и определяющие коэффициент уловистости учетных орудий лова. Указаны методики проведения бонитировочного способа учета молоди рыб. В соответствии с разработанной авторами методикой проведения научно-экспериментальных работ и определения расчетного коэффициента уловистости учетной волокуши получены и обработаны исходные данные, по которым определены коэффициенты уловистости учетной волокуши размером 15×2 м по отношению к молоди сазана средней массой 10 г и 40–85 г, рассмотрена возможность применения и определены коэффициенты уловистости учетной мальковой волокуши по отношению к молоди растительноядных видов рыб (белый толстолобик средней массой 10 г, белый амур средней массой 15–25 г). Опытным путем рассмотрена возможность применения в качестве учетного орудия лова более длинной волокуши размером 302 м для учета растительноядных видов рыб (белый толстолобик). Получены результаты, показывающие непригодность волокуши 15×2 м при бонитировочном методе учета молоди растительноядных рыб (белого толстолобика, белого амура) в выростных прудах Азово-Донского района в осенний период при подпорном уровне воды 0,6–1,2 м.

Ключевые слова: НЦА «Взморье», коэффициент уловистости, учетная волокуша, молодь сазана, молодь белого амура, молодь белого толстолобика, бонитировочный метод учета

DETERMINATION OF THE CATCHABILITY COEFFICIENT OF A SURVEY DRAGNET FOR THE JUVENILES OF COMMON CARP AND HERBIVOROUS FISH SPECIES (SILVER CARP, GRASS CARP) WITH THE PURPOSE OF IMPROVING THE APPRAISING METHOD FOR THE JUVENILES OF THE SPECIES TARGETED BY ARTIFICIAL REPRODUCTION IN THE AZOV AND BLACK SEA FISHERY BASIN

A. M. Stafikopulo, Ya. I. Gorbatyuk

*Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (FSBSI "VNIRO"),
Azov-Black Sea Branch of the FSBSI "VNIRO" ("AzNIIRKH"), Rostov-on-Don
E-mail: stafikopulo_a_m@azniirkh.ru*

Abstract. This article considers the main results of experimental research work aimed at determination of the catchability coefficients of a fingerling survey dragnet for the juveniles of common carp and herbivorous fish species (silver carp, grass carp), conducted in the rearing ponds of the Aquaculture Research Center "Vzmorye" ("Seacoast") in 2019–2020 with the purpose of improving the appraising method for fish assessment. The factors influencing and determining the catchability coefficient of the survey fishing gear are discussed. The methods for conducting the appraisal surveys of fish juveniles are presented. According to the methodology developed by the authors for conducting experimental research work and for determination of the calculated catchability coefficient for a survey dragnet, the source data were collected and processed; based on those data, the catchability coefficients for a survey dragnet, size 15×2 m, targeting the common carp juveniles weighted 10 g and 40–85 g, have been evaluated. The possibility of using a fingerling survey dragnet for the juveniles of herbivorous fish species (silver carp of the average weight 10 g, and grass carp of the average weight 15–25 g) has been considered, and its catchability coefficients have been identified. The possibility of using a longer dragnet, of the size 302 m, in the appraising surveys of herbivorous fish species (silver carp) has been evaluated experimentally. The results showing the unfitness of the 15×2 m dragnet for the appraisal surveys of the juveniles of herbivorous fish species (silver carp, grass carp) in the rearing ponds of the Azov Sea and Don River Region upon a headwater level 0.6–1.2 m have been obtained.

Keywords: Aquaculture Research Center "Vzmorye", catchability coefficient, survey dragnet, common carp juveniles, grass carp juveniles, silver carp juveniles, appraising survey method

ВВЕДЕНИЕ

Учет рыбоводной продукции на предприятиях по воспроизводству молоди и выращиванию рыб имеет исключительно важное значение и представляет собой трудоемкий и ответственный процесс. От правильного учета в конечном итоге зависят показатели эффективности искусственного воспроизводства рыб.

Для качественного учета в разное время разрабатывались методы, инструкции и методики проведения учета. Согласно различным методикам, определение количества молоди, выпускаемой рыбоводными предприятиями, в разное время проводилось следующими основными методами: сплошным (весовым, объемным, поштучным), повременным (весовым, объемным), бонитировочным и расчетным (применяемым для тихоокеанских лососей) [1–3]. Все эти методы учета имеют свои достоинства и недостатки и применяются, в основном, те, которые лучше всего подходят к практическому применению на конкретном водном объекте и наиболее точно установят требуемый учет.

В азовских лиманах, больших водоемах НВХ целесообразно проводить учет молоди рыб бонитировочным методом. Этот метод используется также на ОРЗ.

Бонитировочный учет молоди культивируемых карповых и других видов рыб на НВХ, ОРЗ и более мелких объектах воспроизводства и выращивания рыб проводился в разные периоды в соответствии с «Методикой по бонитировочному учету молоди рыб на нерестово-выростных хозяйствах», утвержденной Главрыбводом 7 апреля 1969 г., «Инструкцией по проведению бонитировочного учета молоди осетровых в прудах рыбоводного завода», утвержденной Главрыбводом 6 января 1970 г. (Минрыбхоза СССР), Инструкцией о порядке учета рыбоводной продукции, выпускаемой организациями Российской Федерации в естественные водоемы и водохранилища, утвержденной Роскомрыболовством 29 октября 1994 г. В настоящее время действующей является «Методика учета водных биологических ресурсов, выпускаемых в водные объекты рыбохозяйственного значения», утвержденная приказом Минсельхоза России от 7 мая 2015 г. № 176.

Обязательным условием при проведении бонитировочного метода учета молоди рыб является определение улавливающей способности учетного орудия лова по отношению к рыбе, учет которой необходимо провести. Основным показателем уловистости орудий лова — абсолютный коэффициент уловистости. Этот коэффициент является относительным показателем промыслового усилия, равным отношению улова к количеству рыбы в зоне облова за цикл лова.

Недостатком применения бонитировочного метода учета молоди рыб в настоящее время является несовершенство действующей методики учета водных биологических ресурсов, выпускаемых в водные

объекты рыбохозяйственного значения, в которой указаны коэффициенты уловистости учетных орудий лова только по отношению к четырем видам осетровых рыб — белуге, осетру, севрюге и стерляди.

Ранее, по данным проведенных в 1967–1968 гг. опытов, были получены так же некоторые коэффициенты уловистости учетной волокуши при облове тарани, леща, судака [1].

В связи с этим, Управлением «Аквакультуры» Росрыболовства с 2019 г. предложена для выполнения «АзНИИРХ» прикладная тема «Совершенствование бонитировочного метода учета молоди водных биоресурсов, выпускаемой в водные объекты рыбохозяйственного значения», результатом которой на 2019–2020 гг. планировалось определение коэффициента уловистости учетной волокуши по отношению к молоди сазана и растительноядных видов рыб (белый толстолобик, белый амур).

На коэффициент уловистости влияют различные факторы. Коэффициент уловистости зависит от вероятности ухода рыбы из обловленного пространства, условий внешней среды и поведения рыбы [4]. Коэффициент уловистости может значительно колебаться при различных условиях. С учетом значительных колебаний величину коэффициента уловистости рекомендуют оценивать так же отдельно в различное время суток, сезон лова, район промысла [5].

Коэффициент уловистости зависит от зоны влияния (пространство, в котором сказывается влияние на поведение рыбы неподвижного или движущегося орудия лова) и зоны действия орудия лова (пространство, в котором рыбы подвергаются улавливающему действию орудия лова) [6]. В зоне влияния по мере приближения орудия лова наступает такой момент, когда рыба начинает реагировать на это. Она может остановиться, прийти в движение, если стояла, может, испугавшись, уйти из данного участка или прореагировать каким-либо другим образом. Размеры зоны влияния зависят от вида рыбы, ее биологического состояния, внешних факторов (прозрачность и цвет воды, цвет материалов орудия лова и др.). Зона действия, как правило, является составной частью зоны влияния. Зона действия часто зависит от технологического процесса лова и его качественного проведения.

Кроме абсолютного коэффициента уловистости, улавливающую способность и промысловое усилие характеризуют относительным коэффициентом уловистости [7, 8]. Часто относительный коэффициент уловистости, как показатель промыслового усилия, принимают равным отношению уловов сравниваемых орудий лова, работающих в одинаковых условиях.

Для определения коэффициента уловистости применялись различные экспериментальные и математические методы, статистические модели уловистости [4, 8, 9], определение через относительный коэффициент уловистости с использованием экспериментальных данных и метода регрессивного анализа [10, 11] и др. Для различных рыб и различных водных объектов используют такие учетные орудия лова, которые бы наиболее эффективно могли облавливать водный объект и иметь соответствующий для данных условий коэффициент уловистости. Так, для учетных обловов прудов ОРЗ, занимающихся разведением молоди осетровых рыб, эффективными учетными орудиями лова являются малогабаритный донный трал с жестким входным каркасом и волокуша. Для оценки численности молоди карповых рыб, характеризующейся различным поведением, наиболее рациональным и используемым орудием лова является волокуша, способная облавливать всю толщу воды.

Мальковый (4,5-метровый) трал характеризуется следующими коэффициентами уловистости по отношению к сеголеткам рыб: воблы — 0,11, леща — 0,3. Коэффициенты уловистости 9,0-метрового придонного трала, используемого в учетных съемках, своеобразны для каждой возрастной группы воблы и леща: 2-летки воблы — 0,13, леща — 0,05; 3-летки воблы — 0,25, леща — 0,08; 4-летки воблы — 0,61, леща — 0,20; 5-летки воблы — 0,50, леща — 0,17; 6-летки воблы — 0,27, леща — 0,09; 7-летки воблы — 0,19, леща — 0,06 [12].

Из приведенных данных видно, что коэффициент уловистости учетного орудия лова зависит не только от вида объекта облова, но и, в значительной степени, от возраста рыб. Предполагается, что ориентировочно-оборонительные реакции на внешние раздражители с увеличением возраста мальков своеобразно изменяются: они становятся менее осторожными, также условия обитания откладывают отпечаток на органы и системы, ответственные за поведение рыб в водоеме [12].

Малоподвижные мальки осетровых рыб, у которых одним из ведущих рецепторов являются органы системы боковой линии, пользуются ближней ориентацией и слабо реагируют на сетное полотно. В

этом у них имеются некоторые общие черты с бычками и другими донными малоподвижными рыбами. Движения у мальков осетровых рыб плавные, больших перемещений они не совершают, держатся у дна. В отличие от молоди осетровых рыб, молодь белорыбицы при испуге образует стайку, которая, опустившись в придонные слои, совершает круговые движения. Поведение молоди сазана еще более сложно. К зрительному рецептору у них добавляются весьма чувствительные органы системы боковой линии. Они улавливают как малейшие изменения освещенности, так и незначительные стуки, шумы. Неодинаково ведет себя молодь воблы и леща. Ранняя молодь воблы непуглива и привлекается различными предметами, опущенными в воду. Косячки леща очень неустойчивы, и при испуге рыбы рассредотачиваются. Они активно обходят встречающиеся на пути препятствия и, в отличие от молоди воблы, придерживаются более глубоких слоев водоема, близко к берегу не приближаясь.

Следовательно, по оборонительному стереотипу реагирования, двигательной активности, лабильности нервных процессоров молодь исследуемых видов рыб можно отнести к различным группам по классификации Б.В. Выскребенцева [13]. Особенности поведения сазана позволяют отнести его к седьмой группе. Для лова молоди сазана наиболее эффективным будет орудие лова, создающее значительно меньше шума, чем тралы, и передвигающееся с небольшой скоростью, или же неподвижные орудия лова.

На формирование и динамику поведенческих реакций оказывают влияние: численность особей в группе, ограничение пространства, скорость движения сети, физиологическое состояние рыбы. Выявленная динамика оборонительных реакций хорошо проявляется в улавливающей способности учетных орудий лова. На коэффициент уловистости оказывают влияние плотность скопления рыбы, скорость движения волокуши, физиологическое состояние объекта. С увеличением количества рыбы в водоеме уловистость орудия возрастает [12].

В связи с вышеизложенным, можно говорить о том, что способ определения коэффициента уловистости учетного орудия лова, в первую очередь, зависит от имеющегося для его определения инструментария, а его точность — от условий получения исходных данных, максимально приближенных к естественным рабочим условиям проведения учета.

Получить исходные данные для определения коэффициента уловистости учетного орудия лова (волокуши) решено было в результате проведения экспериментально-теоретического и практического исследования.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Опытно-экспериментальные работы по получению исходных данных для определения коэффициента уловистости учетной мальковой волокуши по отношению к молоди сазана и растительноядных видов рыб (белый толстолобик, белый амур) проводились в период 2019–2020 гг. в выростных прудах научного центра аквакультуры (НЦА) «Взморье». С учетом условий выращивания и выпуска молоди сазана и растительноядных видов рыб на НЦА «Взморье», имеющихся на территории научного центра водоемов (пруды), способа использования учетного орудия лова (волокуши) при проведении бонитировочного метода учета молоди рыб в выростных прудах отделом «Керченский» Азово-Черноморского филиала ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ») разработана программа и методика получения исходных данных для определения коэффициента уловистости учетного орудия лова — волокуши, использующейся при проведении бонитировочного метода учета молоди объектов искусственного воспроизводства в выростных прудах НЦА «Взморье».

Экспериментальные работы выполнялись опытным орудием лова — учетной мальковой волокушей, применяемой при бонитировочном методе учета молоди сазана и других объектов искусственного воспроизводства на НЦА «Взморье». Мальковая волокуша длиной 15 м имеет равные крылья длиной по 6 м каждое и мотню (кутец). Крылья и мотня изготовлены из сетной дели с размером (шагом) ячеи 6,5 мм. Высота крыльев у входа в мотню (кутец) равна 2 м (2,5 м в «жгуте»). Высота крыльев у клячей равна 1 м, ширина захода в мотню составляет 3 м. Нижняя подбора волокуши оснащена грузами, верхняя подбора волокуши оснащена поплавками.

Методика выполнения экспериментальных работ зависит от того, какой метод учета (сплошной или бонитировочный) планируется применять на НЦА «Взморье» при выпуске молоди сазана и растительноядных рыб (белого толстолобика, белого амура) из выростных прудов.

Сплошной метод учета

Для проведения эксперимента используются выростные пруды, где уже содержится молодь сазана или растительноядных рыб (толстолобика, белого амура). Для получения более репрезентативных исходных данных целесообразно экспериментальные работы провести в прудах с различными условиями по степени зарастания водорослями или другой растительностью (без зарослей, с негустыми или скошенными зарослями и с густыми зарослями).

Экспериментальные работы по обловам опытной волокушей молоди сазана проводятся перед ее выпуском из выростных прудов при достижении нормативной массы 10 г и более. Экспериментальные работы по обловам опытной волокушей молоди растительноядных рыб (белого толстолобика, белого амура) проводятся перед ее выпуском из выростных прудов при достижении нормативной массы 10–25 г. Пруды должны быть наполнены водой до нормального подпорного уровня 0,6–1,2 м.

Экспериментальные работы по обловам опытной волокушей размером 15×2 м выполняются одной бригадой, состоящей из 3 человек. Обловы выполняются двумя способами замата опытной волокушей.

При первом способе замата проводят контрольные обловы волокушей в соответствии с методикой по бонитировочному учету молоди рыб на НВХ [1]. При замате вброд в начале замата волокушу вытягивают по прямой линии. Середина волокуши остается неподвижной, а концы сводятся вместе, описывая циклоиду. В облове участвуют три человека. Два человека, войдя в воду, втягивают волокушу по прямой линии и затем постепенно сводят клячи так, чтобы волокуша образовала круг. Третий человек удерживает середину волокуши, следя за правильным расположением кутца и плотным «подрезанием» dna нижними подборами крыльев волокуши. После соединения обоих клячей рыбак, удерживающий до этого середину волокуши, подходит к двум другим, подхватывает подборы (обе вместе) и подбирает их, пригружая ко дну. Два других рыбака подбирают по бокам (каждый отдельно) верхние подборы; подбор крыльев волокуши ведется так, чтобы нижние подборы шли плотно, прилегая к дну, а верхняя часть крыльев «сливала» пойманную рыбу в направлении кутца.

Вторым способом замата иногда пользуются при проведении контрольных обловов на НЦА «Взморье». В начале замата два человека вброд волокушу вытягивают по прямой линии, затем они за клячи протягивают раскрытую опытную волокушу на одинаковое расстояние 5 м. Третий человек удерживает середину волокуши, следя за правильным расположением кутца и плотным «подрезанием» dna нижними подборами крыльев волокуши. После этого рыбаки на клячах сходятся, соединяя их. После соединения обоих клячей рыбак, удерживающий до этого середину волокуши, подходит к двум другим, подхватывает подборы (обе вместе) и подбирает их, пригружая ко дну. Два других рыбака подбирают по бокам (каждый отдельно) верхние подборы; подбор крыльев волокуши ведется так, чтобы нижние подборы шли плотно, прилегая к дну, а верхняя часть крыльев «сливала» пойманную рыбу в направлении кутца. Рыба из кутца выливается в емкость и пересчитывается.

В каждом из небольших прудов (площадь около 2 га) с молодь сазана или молодь растительноядных рыб (белого толстолобика, белого амура) выполняется минимально по 5 заматов опытной волокушей каждым из двух способов. Рекомендуется в одном пруду выполнить не менее 10 заматов в течение одного дня. Заматы выполняются в разных частях пруда. На одном месте два подряд замата не выполняются. При втором способе выполнения замата путем установки вешек на расстоянии между ними 5 м определяется зона замата.

Подсчитанная после замата молодь сазана и растительноядных рыб (толстолобика, белого амура) живой сразу же до проведения следующего замата выпускается снова в пруд.

После проведения экспериментальных работ молодь сазана и растительноядных рыб (толстолобика, белого амура) с выростных прудов выпускается, при этом ее количество в пруду подсчитывается методом сплошного учета. После этого определяется ее плотность посадки в пруду.

Бонитировочный метод учета

Для проведения эксперимента используются небольшие пруды (площадь около 2 га). Для получения более репрезентативных исходных данных целесообразно экспериментальные работы провести в прудах с различными условиями по степени зарастания водорослями или другой растительностью (без зарослей, с негустыми или скошенными зарослями и с густыми зарослями). Для создания различных условий по

степени зарастания в пруд, в котором не должно быть зарослей, вода закачивается незадолго до проведения экспериментальных работ по обловам опытной волокушей. В пруды, в которых должны быть густые или негустые (скошенные) заросли, вода закачивается заранее для развития зарослей.

Экспериментальные работы по обловам опытной волокушей проводятся за неделю до проведения бонитировочного метода учета перед выпуском молоди сазана при достижении нормативной массы 10 г и более и растительноядных рыб (толстолобика, белого амура) при достижении нормативной массы 10–25 г. Пруды должны быть наполнены водой до нормального подпорного уровня 0,8–1,2 м.

Для проведения экспериментальных работ по обловам опытной волокушей проводится посадка в подготовленные пруды молоди сазана или молоди растительноядных рыб (толстолобика, белого амура) с определенной плотностью (плотность посадки зависит от ориентировочной плотности распределения молоди растительноядных рыб в выростных прудах НЦА «Взморье»). Для этого молодь сазана массой 10 г и более, молодь растительноядных рыб (толстолобика, белого амура) массой 10–25 г вылавливается из выростных прудов и пересаживается в подготовленные для эксперимента пруды.

Обловы выполняются опытной волокушей размером 15×2 м так же двумя способами замета.

В каждом из подготовленных прудов молодь сазана или молодь растительноядных рыб (толстолобика, белого амура) выполняется минимально по 5 обловов опытной волокушей каждым способом замета. При этом, между заметами необходимо делать перерывы не менее 3–5 мин, чтобы рыба успокоилась. Рекомендуются в одном пруду выполнить все 10 заматов в течение одного дня. Заметы выполняются в разных частях пруда. В одном месте два подряд замата не выполняются. При втором способе выполнения замата путем установки вешек на расстоянии между ними 5 м определяется зона замата.

Посчитанная после замата молодь сазана или растительноядных рыб (толстолобика, белого амура) сразу же живой до проведения следующего замата выпускается в пруд.

После каждого замата опытной волокушей полученные данные заносятся в таблицу.

Коэффициент уловистости определяется как отношение числа пойманной за один цикл работы опытной волокушей молоди сазана или растительноядных рыб (белого толстолобика, белого амура) к количеству оказавшейся (условно) молоди сазана или растительноядных рыб в зоне действия орудия лова:

$$k = \frac{q}{n},$$

где:

q — улов молоди сазана или растительноядных рыб (белого толстолобика, белого амура) за один цикл работы опытной волокушей, шт.;

n — количество молоди сазана или растительноядных рыб (белого толстолобика, белого амура) в зоне действия орудия лова, шт.

Количество молоди сазана или растительноядных рыб (белого толстолобика, белого амура) в зоне действия орудия лова определяется как произведение количества молоди сазана или растительноядных рыб (белого толстолобика, белого амура), условно распределенной на 1 м² на облавливаемую площадь при одном замате:

$$n = S_i \times f,$$

где:

S_i — облавливаемая площадь при одном замате, м²;

f — плотность распределения молоди сазана или растительноядных рыб (толстолобика, белого амура) в пруду, шт./м².

Облавливаемая площадь при замате первым способом (рис. 1) находится по формуле:

$$S_i = \frac{3l^2}{4\pi},$$

где:

l — длина волокуши, м.

Облавливаемая площадь при замате вторым способом (рис. 2) находится по формуле:

$$S_i = \frac{l+b}{2} \times c + b \times d,$$

где:

b — расстояние между клячами при протягивании раскрытой волокуши, м;

c — расстояние, пройденное рыбаками до принятия волокушей рабочего положения для ее протягивания, м;

d — расстояние, пройденное рыбаками до вешки при рабочем раскрытии волокуши, м.

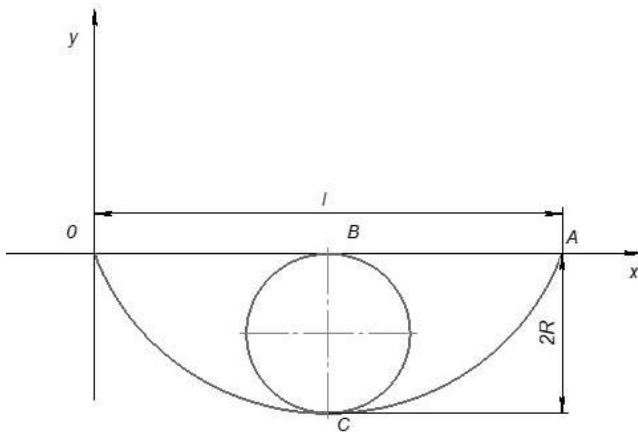


Рис. 1. Облавливаемая площадь при замете первым способом

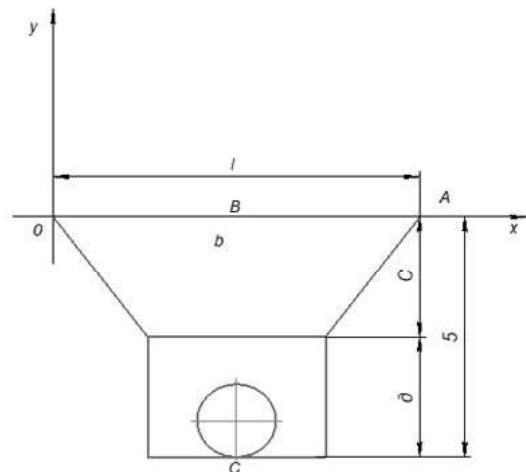


Рис. 2. Облавливаемая площадь при замете вторым способом

Коэффициент уловистости стандартной учетной волокуши при проведении бонитировочного метода учета молоди сазана и растительноядных рыб (белого толстолобика, белого амура) в выростных прудах НЦА «Взморье» определяется для различных условий по полученным данным при этих условиях. Усредненный коэффициент уловистости учетной волокуши 15×2 м рассчитывается по полученным данным для различных условий по степени зарастания выростных прудов и разных способов ее применения.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В 2019 г. на НЦА «Взморье» было решено применять метод сплошного учета выпускаемой молоди сазана из выростных прудов. Эксперимент заключался в контрольных обловах учетной волокушей площадей выростных прудов, когда плотность посадки можно будет определить после спуска молоди.

Экспериментальные работы по обловам молоди сазана опытной учетной волокушей осуществлялись в третьей декаде августа (рис. 3). Работы проводились в 3 выростных прудах. Площадь выростных прудов (без учета густых зарослей тростника по периметру пруда, где не могло быть молоди рыб) составляла: пруд № 1 — 2,01 га, пруд № 2 — 1,9 га и пруд № 3 — 1,9 га. Первый выростной пруд был без зарослей водорослей и тростника, третий — с негустыми зарослями, а во втором пруду были и густые и негустые заросли. Пруды были наполнены водой до нормального подпорного уровня 0,6–1,2 м. Дно прудов имело покатый рельеф с илистой структурой и с увеличением глубины к середине пруда до 1,5 м.

Облавливаемую площадь S_i при замете первым способом определяли по формуле:

$$S_i = \frac{3l^2}{4\pi} = 49 \text{ м}^2$$

где:

l — длина волокуши с учетом, что при работе в воде материал, из которого сделана волокуша, дает усадку, равную приблизительно 5 % ее длины [1], равна 14,25 м.

Облавливаемую площадь при замете вторым способом определяли по формуле:

$$S_i = \frac{l+b}{2} \times c + b \times d = 44 \text{ м}^2,$$

где:

b — расстояние между клячами при протягивании раскрытой волокуши равно 7 м;

c — расстояние, пройденное рыбаками до принятия волокушей рабочего положения для ее протягивания, равно 2,5 м;

d — расстояние, пройденное рыбаками до вешки при рабочем раскрытии волокуши, равно 2,5 м.

Экспериментальные работы по обловам опытной волокушей в одном пруду выполнялись в течение одного дня. Заметы выполнялись в разных частях пруда и в разных направлениях (вдоль линии берега, к берегу, к середине пруда). На одном месте два подряд замета не выполнялись. Учет пойманной молоди сазана осуществлялся сразу же в месте замета. Молодь сазана извлекалась из мотни волокуши, пересчитывалась и сразу же выпускалась в пруд. Вся пересчитанная и выпущенная молодь сазана не имела визуальных повреждений и оставалась живой.

Во время прудов определялась средняя масса молоди сазана. Для этого в мерную емкость из уловов подряд отбирались и взвешивались 100 экз. молоди.



Рис. 3. Проведение экспериментальных работ стандартной учетной волокушей 15×2 м при опытных обловах молоди сазана в третьей декаде августа 2019 г.

В первом пруду площадью 2,01 га без зарослей 21.08 было проведено 22 замета учетной волокушей (табл. 1), при этом 11 заматов проведено первым способом и 11 заматов вторым способом. Заметы первым и вторым способом проводились поочередно. Средняя масса молоди сазана в пруду составила 8 г. Уловы в этом пруду варьировали в зависимости от места замета от 4 до 186 шт. за один замет. Выпуск молоди сазана из пруда проводился с 23 по 27.08. Методом сплошного объемного учета [3] подсчитано 144 тыс. шт. выпущенной молоди сазана, при этом вся вода с прудов спускалась.

Во втором пруду площадью 1,9 га, имеющим и густые и негустые заросли, 22.08 было проведено 20 заматов учетной волокушей (табл. 2), при этом 10 заматов проведено по густым зарослям (5 заматов — первым способом и 5 заматов — вторым способом) и 10 заматов проведено по негустым зарослям (5 заматов — первым способом и 5 заматов — вторым способом). Заметы первым и вторым способом проводились поочередно. Средняя масса молоди сазана в пруду составила 12 г. Уловы во втором пруду не так сильно отличались от первого и варьировали от 5 до 97 шт. за один замет. Выпуск молоди сазана из пруда проводился 27.08. Методом сплошного объемного учета подсчитано 101 тыс. шт. выпущенной молоди сазана.

В третьем пруду площадью 1,9 га с негустыми зарослями 23.08 было проведено 10 заметов учетной волокушей (табл. 3). Средняя масса молоди сазана в пруду составила 10 г. Уловы за замет в этом пруду не имели значительных пиков по всей длине пруда и варьировали от 49 до 107 шт. Выпуск молоди сазана из пруда проводился 28.08. Методом сплошного объемного учета подсчитано 69 тыс. шт. выпущенной молоди сазана.

Средние коэффициенты уловистости опытной учетной волокуши 15×2 м при экспериментальных обловах молоди сазана в выростных прудах НЦА «Взморье» в августе 2019 г. в различных условиях представлены в табл. 4.

Усредненный коэффициент уловистости учетной волокуши 15×2 м, рассчитанный по полученным данным в 2019 г. для различных условий по степени зарастания выростных прудов, разных способов ее применения, равен 0,21.

Экспериментальные работы по обловам молоди сазана массой 40–85 г волокушей 15×2 м были проведены в 2 прудах в третьей декаде августа 2020 г. Площадь выростных прудов (без учета густых зарослей тростника по периметру пруда, где не могло быть молоди рыб) составляла: пруд № 1 —

Таблица 1. Результаты экспериментальных обловов опытной учетной волокушей 15×2 м молоди сазана средней массой 8 г при плотности ее распределения в пруду № 1 — 7,2 шт./м²

№ замета	Степень зарастания пруда*	Средняя глубина, м	Способ замета**	Площадь замета, м ²	Условное кол-во молоди в зоне действия волокуши, шт.	Улов, шт.	Коэффициент уловистости
1	1	0,8	1	49	352,8	186	0,53
2	1	0,8	2	44	316,8	173	0,55
3	1	0,8	1	49	352,8	74	0,21
4	1	1,0	2	44	316,8	30	0,09
5	1	0,9	1	49	352,8	72	0,20
6	1	0,7	2	44	316,8	39	0,12
7	1	0,7	1	49	352,8	125	0,35
8	1	0,7	2	44	316,8	16	0,05
9	1	0,7	1	49	352,8	7	0,02
10	1	0,9	2	44	316,8	32	0,10
11	1	1,0	1	49	352,8	58	0,16
12	1	1,1	2	44	316,8	41	0,13
13	1	1,1	1	49	352,8	9	0,03
14	1	0,9	2	44	316,8	16	0,05
15	1	0,7	1	49	352,8	4	0,01
16	1	0,7	2	44	316,8	8	0,03
17	1	0,7	1	49	352,8	77	0,22
18	1	0,6	2	44	316,8	29	0,09
19	1	0,6	1	49	352,8	150	0,43
20	1	0,6	2	44	316,8	39	0,12
21	1	0,6	1	49	352,8	40	0,11
22	1	0,6	2	44	316,8	72	0,23

Примечание: * 1 — без зарослей, 2 — с негустыми зарослями, 3 — с густыми зарослями; ** 1 — первый способ замета, 2 — второй способ замета

1,6 га, пруд № 2 — 1,9 га. Первый выростной пруд был зарыблен подрощенной личинкой сазана в конце мая. Пруд был наполнен водой до нормального подпорного уровня 0,6–1,2 м. Дно пруда имело покаты́й рельеф с илистой структурой с увеличением глубины к середине пруда до 1,5 м. В этом выростном пруду на момент выполнения экспериментальных работ содержалась молодь сазана средней массой 40 г.

В первом пруду 20.08 было проведено 20 заметов волокушей (табл. 5). Уловы не сильно отличались в зависимости от места замета и варьировали от 0 до 6 шт. за один замет. Во внутренней части пруда, где проводились заметы, зарослей тростника и водорослей не было.

Спуск воды из пруда и выпуск молоди сазана проводились в конце августа. Количество выпускаемой молоди сазана определялось сплошным объемным методом учета [3]. Количество выпущенной молоди сазана составило 4,5 тыс. шт., при этом вся вода из пруда спускалась.

По полученным данным экспериментальных обловов молоди сазана средней массой 40 г расчетный средний коэффициент уловистости мальковой учетной волокуши размером 15×2 м при разных способах ее применения равен 0,15.

Таблица 2. Коэффициент уловистости опытной учетной волокуши 15×2 м при экспериментальных обловах молоди сазана средней массой 12 г при плотности ее распределения в пруду № 2 — 5,3 шт./м²

№ замета	Степень зарастания пруда*	Средняя глубина, м	Способ замета**	Площадь замета, м ²	Условное кол-во молоди в зоне действия волокуши, шт.	Улов, шт.	Коэффициент уловистости
2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	0,9	1	49	259,7	32	0,12
2	2	0,9	2	44	233,2	43	0,18
3	3	0,9	1	49	259,7	42	0,16
4	3	1,0	2	44	233,2	26	0,11
5	3	1,0	1	49	259,7	51	0,20
6	3	1,0	2	44	233,2	42	0,18
7	3	1,0	1	49	259,7	41	0,16
8	2	1,0	2	44	233,2	33	0,14
9	2	1,0	1	49	259,7	5	0,02
10	3	1,1	2	44	233,2	54	0,23
11	3	1,1	1	49	259,7	34	0,13
12	2	1,2	2	44	233,2	33	0,14
13	3	1,1	1	49	259,7	97	0,37
14	3	1,0	2	44	233,2	38	0,16
15	2	1,0	1	49	259,7	65	0,25
16	3	0,9	2	44	233,2	23	0,10
17	2	0,9	1	49	259,7	55	0,21
18	2	0,8	2	44	233,2	53	0,23
19	2	0,9	1	49	259,7	78	0,30
20	2	0,8	2	44	233,2	23	0,10

Примечание: * 1 — без зарослей, 2 — с негустыми зарослями, 3 — с густыми зарослями; ** 1 — первый способ замета, 2 — второй способ замета

Во второй пруд, используемый для экспериментальных работ, была закачена вода, и перед проведением опытных обловов посажено 3,6 тыс. шт. молоди сазана средней массой 85 г. Молодь сазана была выловлена из выростных прудов, где выращивалась в поликультуре с молодью растительноядных видов рыб. Пруд был наполнен водой до подпорного уровня 0,6–1,2 м. Дно пруда имело покатый рельеф с илистой структурой с увеличением глубины к середине пруда до 1,6 м.

Во втором пруду 21.08 было проведено 20 заметов волокушей (табл. 6). Уловы в этом пруду не сильно отличались в зависимости от места замета и варьировали так же от 0 до 6 шт. за один замет. Во внутренней части пруда, где проводились заметы, имелись негустые заросли тростника, водорослей не было.

По полученным данным 20 экспериментальных обловов молоди сазана средней массой 85 г расчетный средний коэффициент уловистости мальковой учетной волокуши 15×2 м при разных способах ее применения равен 0,19.

Таблица 3. Коэффициенты уловистости опытной учетной волокуши 15×2 м при экспериментальных обловах молоди сазана средней массой 10 г при плотности ее распределения в пруду № 3 — 3,6 шт./м²

№ замета	Степень зарастания пруда*	Средняя глубина, м	Способ замета**	Площадь замета, м ²	Условное кол-во молоди в зоне действия волокуши, шт.	Улов, шт.	Коэффициент уловистости
1	2	0,7	1	49	176,4	107	0,61
2	2	0,7	2	44	158,4	99	0,63
3	2	0,8	1	49	176,4	76	0,43
4	2	0,8	2	44	158,4	67	0,42
5	2	0,8	1	49	176,4	86	0,49
6	2	0,9	2	44	158,4	90	0,57
7	2	0,9	1	49	176,4	69	0,39
8	2	0,8	2	44	158,4	83	0,52
9	2	0,9	1	49	176,4	66	0,37
10	2	0,9	2	44	158,4	49	0,31

Примечание: * 1 — без зарослей, 2 — с негустыми зарослями, 3 — с густыми зарослями; ** 1 — первый способ замета, 2 — второй способ замета

Таблица 4. Коэффициенты уловистости опытной учетной волокуши 15×2 м при экспериментальных обловах в различных условиях молоди сазана в выростных прудах НЦА «Взморье»

Параметры экспериментальных обловов		№ пруда	Кол-во заметов	Коэффициент уловистости		Усредненный коэффициент уловистости
Пруд без зарослей	1 способ замета	1	11	0,21	0,18	
	2 способ замета		11	0,14		
Пруд с негустыми зарослями	1 способ замета	2	5	0,18	0,29	
	2 способ замета		5	0,16		
	1 способ замета	3	5	0,46		
	2 способ замета		5	0,49		
Пруд с густыми зарослями	1 способ замета	2	5	0,2	0,18	

Усредненный коэффициент уловистости учетной волокуши размером 15×2 м, рассчитанный по данным экспериментальных обловов молоди сазана средней массой 40–85 г в период третьей декады августа 2020 г. при разных способах ее применения, равен 0,17.

Экспериментальные работы по обловам молоди растительноядных видов рыб (белый толстолобик, белый амур) учетной волокушей 15×2 м были проведены в 2 прудах в третьей декаде октября 2020 г. Площадь выростных прудов (без учета густых зарослей тростника по периметру пруда, где не могло быть молоди рыб) составляла: пруд № 1 — 1,8 га, пруд № 2 — 1,9 га. Для проведения данных работ молодь растительноядных рыб, подращиваемая в выростных прудах на НЦА «Взморье» в поликультуре с молодь других видов рыб (сазан), начиная с третьей декады сентября, облавливалась, разделялась и пересаживалась в наполненные перед этим до нормального подпорного уровня 0,6–1,2 м выростные пруды. Дно прудов имело покатый рельеф с илистой структурой и с увеличением глубины к середине пруда до 1,5 м. В пруд № 1 была посажена молодь белого толстолобика в количестве 304 тыс. шт. массой от 4 до 21 г (средняя масса 10 г), в пруд № 2 была посажена молодь белого амура в количестве 20 тыс. шт. массой от 7 до 40 г (средняя масса 15 г).

Таблица 5. Коэффициенты уловистости опытной учетной волокуши 15×2 м при экспериментальных обловах 20 августа 2020 г. молоди сазана средней массой 40 г при плотности ее распределения в пруду № 1 — 0,28 шт./м²

№ замета	Степень зарастания пруда*	Средняя глубина, м	Способ замета**	Площадь замета, м ²	Условное кол-во молоди в зоне действия волокуши, шт.	Улов, шт.	Коэффициент уловистости
1	1	1,1	1	49	13,72	1	0,07
2	1	1,1	2	44	12,32	3	0,24
3	1	1,0	1	49	13,72	2	0,14
4	1	0,8	2	44	12,32	3	0,24
5	1	0,8	1	49	13,72	0	0
6	1	0,9	2	44	12,32	2	0,16
7	1	0,8	1	49	13,72	1	0,07
8	1	0,7	2	44	12,32	2	0,16
9	1	0,8	1	49	13,72	2	0,14
10	1	0,9	2	44	12,32	1	0,08
11	1	0,9	1	49	13,72	1	0,07
12	1	0,9	2	44	12,32	1	0,08
13	1	0,8	1	49	13,72	2	0,14
14	1	0,7	2	44	12,32	1	0,08
15	1	0,8	1	49	13,72	0	0
16	1	0,7	2	44	12,32	3	0,24
17	1	0,6	1	49	13,72	3	0,22
18	1	0,6	2	44	12,32	6	0,49
19	1	0,6	1	49	13,72	3	0,22
20	1	0,8	2	44	12,32	2	0,16

Примечание: * 1 — без зарослей, 2 — с негустыми зарослями, 3 — с густыми зарослями; ** 1 — первый способ замета, 2 — второй способ замета

В первом пруду с молодь белого толстолобика 20.10 было проведено 20 опытных заметов волокушей (табл. 7), при этом 10 заметов проведено первым способом и 10 заметов — вторым способом (рис. 4). Уловы здесь в большинстве заметов составляли 1 шт. молоди белого толстолобика или улова не было, максимальный улов составил 20 шт. молоди за замет. При выборке волокуши при восьмом замете отмечалось штучное выпрыгивание молоди толстолобика из обметанного пространства через верхнюю подбурю. Во внутренней части пруда, где проводились заметы, имелись негустые заросли тростника.

По полученным данным 20 заметов расчетный средний коэффициент уловистости учетной волокуши 15×2 м при экспериментальных обловах молоди белого толстолобика средней массой 10 г при разных способах ее применения равен 0,002.

Во втором пруду 21.10 с молодь белого амура было проведено 20 опытных заметов волокушей (табл. 8). За 20 заметов белого амура учетной волокушей 15×2 м уловов не было ни одного раза. Во внутренней части пруда, где проводились заметы, не было ни зарослей тростника, ни водорослей.

По полученным данным 20 заметов расчетный средний коэффициент уловистости учетной волокуши 15×2 м при экспериментальных обловах молоди белого амура средней массой 15 г при разных способах ее применения равен 0.

Таблица 6. Коэффициент уловистости опытной учетной волокуши 15×2 м при экспериментальных обловах 21 августа 2020 г. молоди сазана средней массой 85 г при плотности ее распределения в пруду № 2 — 0,19 шт./м²

№ замета	Степень зарастания пруда*	Средняя глубина, м	Способ замета**	Площадь замета, м ²	Условное кол-во молоди в зоне действия волокуши, шт.	Улов, шт.	Коэффициент уловистости
1	1	1,1	1	49	9,31	1	0,11
2	1	1,1	2	44	8,36	1	0,12
3	1	1,0	1	49	9,31	1	0,11
4	1	0,8	2	44	8,36	0	0
5	2	0,8	1	49	9,31	2	0,21
6	2	1,1	2	44	8,36	0	0
7	1	1,1	1	49	9,31	2	0,21
8	2	1,0	2	44	8,36	2	0,24
9	2	0,9	1	49	9,31	1	0,11
10	1	0,8	2	44	8,36	2	0,24
11	2	0,7	1	49	9,31	1	0,11
12	1	0,6	2	44	8,36	4	0,48
13	1	0,6	1	49	9,31	1	0,11
14	2	0,7	2	44	8,36	1	0,12
15	1	0,7	1	49	9,31	6	0,64
16	1	0,7	2	44	8,36	2	0,24
17	1	0,8	1	49	9,31	2	0,21
18	1	0,8	2	44	8,36	1	0,12
19	1	0,9	1	49	9,31	2	0,21
20	1	0,8	2	44	8,36	2	0,24

Примечание: * 1 — без зарослей, 2 — с негустыми зарослями, 3 — с густыми зарослями; ** 1 — первый способ замета, 2 — второй способ замета

В первом пруду с молодь белого толстолобика 22.10 повторно для проверки предыдущего отрицательного результата было проведено 10 опытных заметов волокушей (табл. 9). Из 10 опытных заметов только один раз был улов молоди толстолобика в количестве 1 шт., в остальных заметах улова не было.

По полученным данным 30 экспериментальных обловов молоди белого толстолобика средней массой 10 г, проведенных волокушей 15×2 м 20.10 и 22.10 в пруду, расчетный средний коэффициент уловистости при разных способах ее применения равен 0,0015.

Результаты экспериментальных обловов, проведенных волокушей 15×2 м, и полученные коэффициенты уловистости волокуши при обловах молоди белого толстолобика и белого амура свидетельствуют о невозможности облавливать молодь таких видов рыб волокушей с такими параметрами и возможно нецелесообразности использования такой волокуши при бонитировочном методе учета молоди толстолобика и белого амура в выростных прудах Азово-Донского района в осенний период при определенной температуре воды (температура воды в прудах во время обловов была 14–15 °С), глубине пруда и месте лова (глубина прудов составляла от 0,5 до 1,5 м, глубина прудов в месте заметов составляла от 0,5 до 0,8 м).

Таблица 7. Коэффициенты уловистости опытной учетной волокуши 15×2 м при экспериментальных обловах 20 октября 2020 г. молоди белого толстолобика массой от 4 до 21 г (средняя масса 10 г) при плотности ее распределения в пруду № 1 — 16,89 шт./м²

№ замета	Степень зарастания пруда*	Средняя глубина, м	Способ замета**	Площадь замета, м ²	Условное кол-во молоди в зоне действия волокуши, шт.	Улов, шт.	Коэффициент уловистости
1	1	0,7	1	49	827,61	0	0
2	1	0,8	2	44	743,16	0	0
3	1	0,8	1	49	827,61	0	0
4	1	0,8	2	44	743,16	0	0
5	1	0,8	1	49	827,61	0	0
6	1	0,8	2	44	743,16	1	0,001
7	1	0,7	1	49	827,61	0	0
8	1	0,7	2	44	743,16	20	0,027
9	1	0,7	1	49	827,61	1	0,001
10	1	0,6	2	44	743,16	0	0
11	2	0,6	1	49	827,61	5	0,006
12	1	0,7	2	44	743,16	1	0,001
13	1	0,7	1	49	827,61	0	0
14	1	0,8	2	44	743,16	1	0,001
15	1	0,7	1	49	827,61	1	0,001
16	1	0,7	2	44	743,16	1	0,001
17	1	0,6	1	49	827,61	0	0
18	1	0,6	2	44	743,16	1	0,001
19	1	0,6	1	49	827,61	3	0,004
20	1	0,6	2	44	743,16	0	0

Примечание: * 1 — без зарослей, 2 — с негустыми зарослями, 3 — с густыми зарослями; ** 1 — первый способ замета, 2 — второй способ замета



Рис. 4. Выполнение замета учетной волокушей 15×2 м первым способом при опытных обловах молоди белого толстолобика в третьей декаде октября 2020 г.

Таблица 8. Коэффициент уловистости опытной учетной волокуши 15×2 м при экспериментальных обловах 21 октября 2020 г. молоди белого амура массой от 7 до 40 г (средняя масса 15 г) при плотности ее распределения в пруду № 2 — 1,05 шт./м²

№ замета	Степень зарастания пруда*	Средняя глубина, м	Способ замета**	Площадь замета, м ²	Условное кол-во молоди в зоне действия волокуши, шт.	Улов, шт.	Коэффициент уловистости
1	1	0,5	1	49	51,45	0	0
2	1	0,5	2	44	46,2	0	0
3	1	0,6	1	49	51,45	0	0
4	1	0,7	2	44	46,2	0	0
5	1	1	49	51,45	0	0	0
6	1	0,8	2	44	46,2	0	0
7	1	0,8	1	49	51,45	0	0
8	1	0,7	2	44	46,2	0	0
9	1	0,8	1	49	51,45	0	0
10	1	0,7	2	44	46,2	0	0
11	1	0,8	1	49	51,45	0	0
12	1	0,8	2	44	46,2	0	0
13	1	1	49		51,45	0	0
14	1	0,7	2	44	46,2	0	0
15	1	0,6	1	49	51,45	0	0
16	1	0,6	2	44	46,2	0	0
17	1	0,5	1	49	51,45	0	0
18	1	0,5	2	44	46,2	0	0
19	1	0,5	1	49	51,45	0	0
20	1	0,5	2	44	46,2	0	0

Примечание: * 1 — без зарослей, 2 — с негустыми зарослями, 3 — с густыми зарослями; ** 1 — первый способ замета, 2 — второй способ замета

Таблица 9. Коэффициент уловистости опытной учетной волокуши 15×2 м при экспериментальных обловах 22 октября 2020 г. молоди белого толстолобика массой от 4 до 21 г (средняя масса 10 г) при плотности ее распределения в пруду № 1 — 16,89 шт./м²

№ замета	Степень зарастания пруда*	Средняя глубина, м	Способ замета**	Площадь замета, м ²	Условное кол-во молоди в зоне действия волокуши, шт.	Улов, шт.	Коэффициент уловистости
1	1	0,8	1	49	827,61	0	0
2	1	0,8	2	44	743,16	0	0
3	1	0,8	1	49	827,61	0	0
4	1	0,9	2	44	743,16	0	0
5	1	0,9	1	49	827,61	0	0
6	1	0,9	2	44	743,16	0	0
7	1	0,9	1	49	827,61	1	0,001
8	2	0,7	2	44	743,16	0	0
9	1	0,7	1	49	827,61	0	0
10	1	0,7	2	44	743,16	0	0

Примечание: * 1 — без зарослей, 2 — с негустыми зарослями, 3 — с густыми зарослями; ** 1 — первый способ замета, 2 — второй способ замета

Известно, что коэффициент уловистости зависит от вероятности ухода рыбы из обловленного пространства, условий внешней среды и поведения рыбы [4]. Коэффициент уловистости может значительно колебаться при различных условиях. С учетом значительных колебаний величину коэффициента уловистости рекомендуют оценивать отдельно в различное время суток, сезона лова, районах промысла [5].

Коэффициент уловистости зависит от зоны влияния и зоны действия орудия лова. В зоне влияния по мере приближения орудия лова наступает такой момент, когда рыба начинает реагировать на это. Она может остановиться, прийти в движение, если стояла, может, испугавшись, уйти из данного участка или прореагировать каким-либо другим образом. Размеры зоны влияния зависят от вида рыбы, ее биологического состояния, внешних факторов (прозрачность и цвет воды, цвет материалов орудия лова и др.). Зона действия, как правило, является составной частью зоны влияния. Зона действия часто зависит от технологического процесса лова и его качественного проведения [6].

Из визуального наблюдения было видно, что прозрачность воды в выростных прудах во время проведения экспериментальных обловов в осенний период была выше, чем в августе. Следовательно, рыба видит приближающееся орудие лова раньше и лучше, зона влияния орудия лова расширяется, и рыба раньше начинает реагировать на приближающееся орудие лова. А в зоне действия орудия лова рыба видит больше путей выхода из нее.

По всей вероятности, также имеет место влияние температуры воды на физиологическое состояние и поведение рыбы. Можно предположить, что при температуре воды в прудах, которая была при обловах молоди белого толстолобика и белого амура в октябре (14–15 °С), рыба уже более активна и подвижна, чем при температуре воды в прудах в августе (24–26 °С). Для сравнения уловистости опытной волокуши в августе и октябре по отношению к одному и тому же виду рыб 22.10 были проведены 10 экспериментальных заматов в пруду площадью 1,9 га, в который была пересажена молодь сазана в количестве 130,5 тыс. шт. средней массой 10 г (табл. 10). Во внутренней части пруда, где проводились заматы, имелись очаги негустых зарослей тростника.

По полученным данным 10 экспериментальных обловов в третьей декаде октября молоди сазана средней массой 10 г учетной волокушей 15×2 м при разных способах ее применения коэффициент уловис-

Таблица 10. Коэффициенты уловистости опытной учетной волокуши 15×2 м при экспериментальных обловах 22 октября 2020 г. молоди сазана средней массой 10 г при плотности ее распределения в пруду — 6,87 шт./м²

№ замета	Степень зарастания пруда*	Средняя глубина, м	Способ замета**	Площадь замета, м ²	Условное кол-во молоди в зоне действия волокуши, шт.	Улов, шт.	Коэффициент уловистости
2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	0,7	1	49	336,63	9	0,03
2	1	0,7	2	44	302,28	6	0,02
3	1	0,7	1	49	336,63	7	0,02
4	1	0,7	2	44	302,28	0	0
5	1	0,8	1	49	336,63	2	0,01
6	1	0,8	2	44	302,28	1	0,003
7	1	0,8	1	49	336,63	2	0,01
8	1	0,7	2	44	302,28	6	0,02
9	1	0,7	1	49	336,63	8	0,02
10	1	0,6	2	44	302,28	30	0,099

Примечание: * 1 — без зарослей, 2 — с негустыми зарослями, 3 — с густыми зарослями; ** 1 — первый способ замета, 2 — второй способ замета

тости равен 0,02. Соответственно, полученный коэффициент уловистости волокуши 15×2 м при обловах молоди сазана средней массой 10 г в третьей декаде октября 2020 г. (0,02) значительно меньше, чем в третьей декаде августа 2019 г. (0,21). Поэтому можно предположить, что в период октября молодь сазана, как возможно и других видов рыб, облавливается волокушей 15×2 м намного хуже, чем в период августа.

Так же следует отметить, что при обловах молоди белого толстолобика даже рыба минимальной массы (4 г) не могла пройти через ячею волокуши размером (шагом) 6,5 мм и выйти таким образом из зоны действия орудия лова, так как периметр охвата рыбы массой 4 г в наиболее широкой части тела равен около 1,7 см, что больше размера ячеи (рис. 5).

Таким образом, возникло предположение, что при экспериментальных обловах прудов с молодью белого толстолобика и белого амура волокушей 15×2 м при температурном режиме, соответствующем периоду третьей декады октября 2020 г., для облова молоди этих видов рыб стандартная волокуша не подходит, так как, по всей вероятности, молодь белого толстолобика и белого амура, являясь более подвижной и активной рыбой, чем молодь сазана, уходит из зоны действия такого орудия лова, прежде чем концы крыльев волокуши сводятся вместе и клячи соединяются.

Для проверки этого предположения был проведен эксперимент с целью опробовать для облова более длинную волокушу. Так как мальковые волокуши большего размера для бонитировочных работ на прудах не применяются и таких волокуш не было в наличии, были соединены (сшиты) между собой две мальковые волокуши размером 15×2 м. Мотню одной из волокуш стянули. Такой нестандартной волокушей 23.10 в первом пруду с молодью толстолобика было проведено 7 опытных заметов (табл. 11). Все 7 заметов проведены первым способом.

Два человека вытягивали волокушу по прямой линии и затем постепенно сводили клячи так, чтобы волокуша образовала круг (рис. 6). Так как такая волокуша получилась неравнокрылой, то большее крыло заводили по большому полукругу, а меньшее по меньшему полукругу. Затем начинали подбирать большее крыло, пока длина обоих крыльев не сравнивалась. Далее рыбаки подбирали по бокам (каждый отдельно) верхние подборы; подбор крыльев волокуши велся так, чтобы нижние подборы шли плотно, прилегая к дну, а верхняя часть крыльев «сливала» пойманную рыбу в направлении кутца. Глубина



Рис. 5. Размеры молоди толстолобика средней массой 4 г, выловленной учетной волокушей размером 15×2 м при экспериментальных обловах в третьей декаде октября 2020 г.

Таблица 11. Коэффициенты уловистости нестандартной волокуши 30×2 м при экспериментальных обловах 23 октября 2020 г. молоди белого толстолобика массой от 4 до 21 г (средняя масса 10 г) при плотности ее распределения в пруду — 16,89 шт./м²

№ замета	Степень зарастания пруда*	Средняя глубина, м	Способ замета**	Площадь замета, м ²	Условное кол-во молоди в зоне действия волокуши, шт.	Улов, шт.	Коэффициент уловистости
1	1	0,7	1	194	3276,66	1	0,0003
2	1	0,8	2	194	3276,66	0	0
3	1	0,8	1	194	3276,66	1	0,0003
4	1	0,7	2	194	3276,66	0	0
5	1	0,8	1	194	3276,66	3	0,0009
6	1	0,7	2	194	3276,66	650	0,1984
7	1	0,6	1	194	3276,66	226	0,069

Примечание: * 1 — без зарослей, 2 — с негустыми зарослями, 3 — с густыми зарослями; ** 1 — первый способ замета, 2 — второй способ замета

пруда в месте заметов составляла от 0,6 до 0,8 м. Облавливаемую площадь при замете таким способом определяли по формуле:

$$S_i = \frac{3l^2}{4\pi} = 194 \text{ м}^2$$

где:

l — длина нестандартной волокуши (с учетом, что при работе в воде материал, из которого сделана волокуша, дает усадку, равную приблизительно 5 % ее длины) равна 28,5 м.

Из 7 опытных заметов волокушей (30×2 м) 2 замета были без уловов, в 3 заметах было по 1 шт. молоди белого толстолобика и только в 2 заметах было значительное количество молоди — 650 и 226 шт. При выполнении последних 2 заметов при подборе крыльев и подходе мотни наблюдались массовые выпрыгивания молоди толстолобика из обметанного пространства через верхнюю подбору. Средний коэффициент уловистости нестандартной волокуши за 7 проведенных заметов составил 0,04. Следует



Рис. 6. Экспериментальные работы двумя спаренными мальковыми волокушами размером 15×2 м (каждая) при опытных обловах молоди белого толстолобика в третьей декаде октября 2020 г.

отметить, что процесс осуществления заметов такой волокушей по сравнению со стандартной волокушей 15×2 м более трудоемкий и занимает больше времени.

В результате экспериментальных обловов молоди растительноядных рыб (белого толстолобика и белого амура), проведенных стандартной волокушей размером 15×2 м и нестандартной волокушей размером 30×2 м, можно сделать заключение о малоприспособности стандартной волокуши 15×2 м для бонитировочного метода учета молоди растительноядных рыб (белого толстолобика и белого амура) в выростных прудах Азово-Донского района в осенний период при определенной температуре воды (температура воды в прудах во время обловов была 14–15 °С) и при нормальном подпорном уровне воды.

Для выяснения работоспособности и пригодности использования стандартной учетной волокуши 15×2 м для обловов растительноядных рыб было решено провести еще серию экспериментальных обловов растительноядных рыб в пруду с меньшим подпорным уровнем воды (наполовину спущенным прудом) и при более низкой температуре воды.

Экспериментальные обловы волокушей 15×2 м были проведены 11.11 в первом пруду с молодью белого толстолобика (304 тыс. шт.). Перед этим в пруд было посажено еще 46 тыс. молоди белого толстолобика до общего количества 350 тыс. шт. Воду из пруда спустили 11.11 до уровня 0,6 м. В пруду было проведено 20 экспериментальных заметов (табл. 12).

Температура воды в пруду во время обловов составляла 6,7 градусов. В 8 из 20 заметов был улов молоди толстолобика. Вылов молоди толстолобика в пруду был только в местах с глубинами не менее 0,4 м. Максимальный вылов был на глубинах 0,5–0,6 м, который составил 1922 шт. молоди. При выборке волокуши не наблюдалось выпрыгивания молоди толстолобика из обметанного пространства через верхнюю подбору, что может свидетельствовать о его меньшей активности при более низких температурах.

По полученным данным 20 экспериментальных обловов молоди белого толстолобика средней массой 10 г, проведенных волокушей 15×2 м в пруду с подпорным уровнем воды 0,6 м и температурой воды 6,7 °С, средний коэффициент уловистости мальковой волокуши при разных способах ее применения равен 0,16.

Для выяснения вопроса насколько более низкая температура воды повлияет на работоспособность и пригодность использования стандартной учетной волокуши 15×2 м для обловов растительноядных рыб при нормальном подпорном уровне воды, экспериментальные обловы волокушей были проведены 12.11 во втором пруду с молодью белого амура.

Перед этим в пруд к 20 тыс. шт. было посажено еще 18 тыс. молоди белого амура средней массой 25 г до общего количества 38 тыс. шт. В пруду было проведено 12 экспериментальных заметов (табл. 13). Температура воды в пруду во время обловов была 7,6 °С. Только при одном замете был вылов 1 экз. молоди белого амура, в остальных заметах улова не было. При выборке волокуши не наблюдалось выпрыгива-

Таблица 12. Коэффициенты уловистости опытной учетной волокуши 15×2 м при экспериментальных обловах 11 ноября 2020 г. молоди белого толстолобика массой от 4 до 21 г (средняя масса 10 г) при плотности ее распределения в пруду — 19,44 шт./м²

№ замета	Степень зарастания пруда*	Средняя глубина, м	Способ замета**	Площадь замета, м ²	Условное кол-во молоди в зоне действия волокуши, шт.	Улов, шт.	Коэффициент уловистости
1	1	0,2	1	49	952,56	0	0
2	1	0,2	2	44	855,36	0	0
3	1	0,3	1	49	952,56	0	0
4	1	0,4	2	44	855,36	0	0
5	1	0,5	1	49	952,56	1	0,001
6	1	0,6	2	44	855,36	378	0,442
7	1	0,6	1	49	952,56	105	0,110
8	1	0,5	2	44	855,36	14	0,016
9	1	0,4	1	49	952,56	5	0,005
10	1	0,3	2	44	855,36	0	0
11	2	0,3	1	49	952,56	0	0
12	2	0,3	2	44	855,36	0	0
13	1	0,2	1	49	952,56	0	0
14	1	0,5	2	44	855,36	1922	2,247
15	1	0,5	1	49	952,56	123	0,129
16	1	0,5	2	44	855,36	215	0,251
17	1	0,3	1	49	952,56	0	0
18	1	0,2	2	44	855,36	0	0
19	1	0,3	1	49	952,56	0	0
20	1	0,2	2	44	855,36	0	0

Примечание: * 1 — без зарослей, 2 — с негустыми зарослями, 3 — с густыми зарослями; ** 1 — первый способ замета, 2 — второй способ замета

ния молоди белого амура из обметанного пространства через верхнюю подбору. Средний коэффициент уловистости волокуши составил 0,001.

ВЫВОДЫ

В процессе выполненных в период 2019–2020 гг. опытно-экспериментальных работ в выростных прудах НЦА «Взморье» получены следующие результаты:

Усредненный коэффициент уловистости учетной волокуши 15×2 м по отношению к молоди сазана средней массой 10 г, рассчитанный по данным 52 экспериментальных обловов (при разных способах замета), равен 0,21.

Усредненный коэффициент уловистости учетной волокуши 15×2 м по отношению к молоди сазана средней массой 40–85 г, рассчитанный по полученным данным 40 экспериментальных обловов (при разных способах замета), равен 0,17.

Средний коэффициент уловистости учетной волокуши 15×2 м по отношению к молоди белого толстолобика средней массой 10 г, рассчитанный по полученным данным 30 экспериментальных

Таблица 13. Коэффициент уловистости опытной учетной волокуши 15×2 м при экспериментальных обловах 12 ноября 2020 г. молоди белого амура массой от 5 до 35 г (средняя масса 25 г) при плотности ее распределения в пруду — 2 шт./м²

№ замета	Степень зарастания пруда*	Средняя глубина, м	Способ замета**	Площадь замета, м ²	Условное кол-во молоди в зоне действия волокуши, шт.	Улов, шт.	Коэффициент уловистости
2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	0,4	1	49	98	0	0
2	1	0,5	2	44	88	0	0
3	1	0,7	1	49	98	0	0
4	1	0,8	2	44	88	0	0
5	1	0,8	1	49	98	0	0
6	1	0,6	2	44	88	0	0
7	1	0,7	1	49	98	0	0
8	1	0,7	2	44	88	1	0,011
9	1	0,6	1	49	98	0	0
10	1	0,6	2	44	88	0	0
11	1	0,5	1	49	98	0	0
12	1	0,4	2	44	88	0	0

Примечание: * 1 — без зарослей, 2 — с негустыми зарослями, 3 — с густыми зарослями; ** 1 — первый способ замета, 2 — второй способ замета

обловов, равный 0,0015, средний коэффициент уловистости учетной волокуши 15×2 м по отношению к молоди белого амура средней массой 15 г, рассчитанный по полученным данным 20 экспериментальных обловов, равный 0, а так же средний коэффициент уловистости учетной волокуши 15×2 м по отношению к молоди белого амура средней массой 25 г, рассчитанный по полученным данным 12 экспериментальных обловов, равный 0,001, свидетельствуют о невозможности облавливать молодь указанных видов рыб волокушей 15×2 м и малопригодности такой волокуши при бонитировочном методе учета молоди растительноядных рыб (белого толстолобика и белого амура) в выростных прудах Азово-Донского района в осенний период при подпорном уровне воды 0,6–1,2 м.

В результате 7 экспериментальных обловов молоди белого толстолобика средней массой 15 г нестандартной волокушей 30×2 м (соединенные вместе две волокуши размером 15×2 м) получен коэффициент уловистости, равный 0,04. При выборке волокуши наблюдались массовые выпрыгивания молоди толстолобика из обметанного пространства через верхнюю подбору. Процесс осуществления заметов такой волокушей по сравнению со стандартной волокушей 15×2 м более трудоемкий и занимает больше времени. Однако результаты свидетельствуют о лучшей облавливаемости молоди белого толстолобика более длинной волокушей, но тем не менее малопригодности и такой волокуши при бонитировочном методе учета молоди растительноядных рыб (белого толстолобика) в выростных прудах Азово-Донского района в осенний период при подпорном уровне воды 0,6–1,2 м.

Средний коэффициент уловистости учетной волокуши 15×2 м по отношению к молоди растительноядных рыб (белого толстолобика средней массой 10 г), рассчитанный по данным 20 экспериментальных обловов (при разных способах замета), в пруду со слитой водой до максимального уровня 0,6 м и температурой воды 7 °С, равен 0,16.

На основании результатов опытно-экспериментальных работ 2019–2020 гг. по определению коэффициентов уловистости учетных орудий лова по отношению к молоди объектов искусственного воспроиз-

водства в Азово-Черноморском рыбохозяйственном бассейне предлагается внести изменения и дополнения в Методику учета водных биологических ресурсов, выпускаемых в водные объекты рыбохозяйственного значения, утвержденную приказом Минсельхоза России от 07.05.2015 №176.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аксютин З.М., Волкова А.И., Таманская Г.Г. Методика по бонитировочному учету молоди рыб на нерестово-выростных хозяйствах. Утверждена Главрыбводоом. М., 1969 г. С. 61.
2. Инструкция о порядке учета рыболовной продукции, выпускаемой организациями Российской Федерации в естественные водоемы и водохранилища. Комитет РФ по рыболовству. М., 1970. С. 3–22.
3. Методика учета водных биологических ресурсов, выпускаемых в водные объекты рыбохозяйственного значения. Приложение к приказу Минсельхоза России от 7 мая 2015 г. № 176.
4. Новожилов Е.П. Влияние коэффициента уловистости орудий рыболовства на точность определения состояния запасов гидробионтов // Известия КГТУ. Калининград, 2014. № 32. С. 250–254.
5. Мельников К.А. Оценка коэффициента уловистости орудий лова как относительная мера промыслового усилия / К.А. Мельников // Вестник АГТУ. Сер.: Рыбное хозяйство. 2011. № 2. С. 27–34.
6. Войниканис-Мирский В.Н. Техника промышленного рыболовства. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. С. 488.
7. Мельников К.А. Новая система показателей промыслового усилия для управления процессами лова рыбы // Перспективы международного рыболовства и рыболовства Каспийского бассейна : матер. Междунар. конф. Астрахань: Изд-во ООО «ЦНТЭП», 2005. С. 34–38.
8. Мельников В.Н. Биотехническое обоснование показателей орудий и способов промышленного рыболовства. М.: Пищевая промышленность, 1979. 375 с.
9. Мельников В.Н. Качество, надежность и работоспособность орудий промышленного рыболовства. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. 264 с.
10. Отчет о научно-исследовательской работе: Оценить абсолютную величину уловистости учетных донных тралов по основным промысловым видам рыб. Бердянск, 2002. 14 с.
11. Демяненко К.В., Гурьянов В.Г. Относительные коэффициенты уловистости учетных донных тралов для основных промысловых видов донных и придонных рыб Азовского моря // Рыбное хозяйство Украины. 2003. № 2. С. 31–33.
12. Кушнарченко А.И. Экологические аспекты воспроизводства промысловых рыб северного Каспия : дис. ... д-ра биол. наук : 03.00.10, Ихтиология. Астрахань, 2001. 271 с.
13. Вискребенцев Б.В. Поведение рыб в зоне действия тралящих орудий лова // Сб. : Биологические основы управления поведением рыб. М.: Наука, 1970. С. 267–302.

Научное издание

ТРУДЫ АЗНИИРХ

Том 3

Технический редактор: Е.А. Савчук

Подписано в печать 22.12.2021 г. Дата выхода в свет 28.12.2021 г.
Формат 60x84/8. Бумага офсетная. Печать офсетная. Объем 21,0 печ. л.
Тираж 300 экз. Заказ № 90080.

Учредитель: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» (ФГБНУ «ВНИРО»).

Редакция и издательство: 344002, г. Ростов-на-Дону, ул. Береговая, 21в
Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»).

Отпечатано в типографии ООО «Диапазон».
344011, г. Ростов-на-Дону, пер. Островский, 124
Лиц. ПЛД № 65-116 от 29.09.1997 г.