

Научная статья
УДК 597.2/5-15(262.5)
EDN ZFXLJK

Ихтиопланктон у берегов Крыма и его трофические связи в планктонном сообществе в период смены гидрологических сезонов (октябрь 2022 года)

Т. Н. Климова^{1*}, А. А. Субботин¹, Б. Е. Аннинский¹,
И. В. Вдодович¹, Д. А. Забродин¹, Т. Н. Петрова², Н. А. Дацык¹

¹ ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей
имени А. О. Ковалевского РАН», Севастополь, Россия

² Карадагская научная станция им. Т. И. Вяземского – природный заповедник РАН –
филиал ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей
имени А. О. Ковалевского РАН», Феодосия, Россия

* e-mail: tnklim@ibss-ras.ru

Аннотация

Исследования ихтиопланктона в Черном море осенью 2022 г. были проведены в продолжение ранее выполненных работ в целях изучения адаптации воспроизведения природных популяций рыб в условиях региональных изменений гидрологического режима, обусловленных потеплением климата. В статье представлены данные о видовом составе и пространственном распределении ихтио-, мезо- и желетелого макропланктона в прибрежных, шельфовых и глубоководных районах у Крымского полуострова, собранные в 124-м рейсе НИС «Профессор Водяницкий» с 2 по 19 октября 2022 г. Идентифицированы икра и личинки 12 видов тепловодных и 4 видов умеренно-водных рыб. Средняя численность икры составляла $2.34 \text{ экз.} \cdot \text{м}^{-2}$, личинок – $2.55 \text{ экз.} \cdot \text{м}^{-2}$, а максимальная – 16 и 18 экз. $\cdot \text{м}^{-2}$ соответственно. Большое количество видов в ихтиопланктоне в осенне межсезонье и слабо выраженное доминирование (индекс доминирования 0.17) способствовали развитию ихтиопланкtonных комплексов с высоким индексом видового разнообразия (3.03), богатства (20.31) и выравненности (0.77). Благоприятные температурные условия сформировали зоопланктонные сообщества с преобладанием мелких тепловодных Сорерода – основных объектов питания, как личинок рыб, так и желетелого макропланктона. Желетелый макропланктон, будучи пищевым конкурентом личинок рыб, не оказывал существенного влияния на их выживание. Пространственное распределение желетелого макропланктона было мозаичным и зависело от межпопуляционных трофических отношений – хищничества и конкуренции в самом макропланктонном сообществе. Наиболее вероятной причиной региональных различий в видовом составе и численности ихтио-, мезо- и макропланктона являлись условия формирования термодинамической структуры

© Климова Т. Н., Субботин А. А., Аннинский Б. Е., Вдодович И. В.,
Забродин Д. А., Петрова Т. Н., Дацык Н. А., 2025



Контент доступен по лицензии Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0
International (CC BY-NC 4.0)
This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0
International (CC BY-NC 4.0) License

вод на фоне плавного сезонного выхолаживания верхнего слоя моря и перестройки летнего типа поверхностной циркуляции на зимнюю. В районе исследований наблюдалось опережающее выхолаживание вод мелководного Юго-Восточного Крыма по сравнению с глубоководным, защищенным от холодных северных ветров районом Южного берега Крыма.

Ключевые слова: иктиопланктон, мезопланктон, макропланктон, питание личинок рыб, видовое разнообразие, пространственное распределение, гидрологический режим, Черное море

Благодарности: работа выполнена в рамках госзадания ФИЦ ИнБЮМ по темам госзадания № 124022400148-4 «Биоразнообразие как основа устойчивого функционирования морских экосистем, критерии и научные принципы его сохранения»; № 124030100137-6 «Функциональные, метаболические и молекулярно-генетические механизмы адаптации морских организмов к условиям экстремальных экотопов Черного и Азовского морей и других акваторий Мирового океана»; № 124030100100-0 «Изучение фундаментальных характеристик морских гидробионтов, обеспечивающих их функционирование в экосистемах и служащих основой их рационального использования и сохранения».

Для цитирования: Иктиопланктон у берегов Крыма и его трофические связи в планктонном сообществе в период смены гидрологических сезонов (октябрь 2022 года) / Т. Н. Климова [и др.] // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. 2025. № 4. С. 97–116. EDN ZFXLJK.

Ichthyoplankton off the Coast of Crimea and its Trophic Relationships in Plankton Community During the Changing Hydrological Seasons (October 2022)

**T. N. Klimova¹*, A. A. Subbotin¹, B. E. Anninsky¹, I. V. Vdodovich¹,
D. A. Zabrodin¹, T. N. Petrova², N. A. Datsyk¹**

¹ A. O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS, Sevastopol, Russia

² T. I. Vyazemsky Karadag Scientific Station – Nature Reserve of RAS, Branch of A. O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas RAS, Feodosiya, Russia

* e-mail: tnklim@ibss-ras.ru

Abstract

As a continuation of research on the adaptation of reproduction of natural fish populations to regional changes of hydrological regime, ichthyoplankton studies were performed in the Black Sea in the autumn of 2022. The paper provides data on species composition and spatial distribution of ichthyo-, meso- and gelatinous macroplankton in coastal, shelf, and deep-sea areas near the Crimean Peninsula, obtained within 2–19 October during cruise 124 of R/V *Professor Vodyanitsky*. We identified eggs and larvae of 12 warm-water fish species and 4 temperate-water fish species. The average abundance of eggs was $2.34 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-2}$, whereas the average abundance of larvae was $2.55 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-2}$, with the maximum abundance of 16 and 18 $\text{ind} \cdot \text{m}^{-2}$ for eggs and larvae, correspondingly. A high number of species and low dominance (dominance index was 0.17) favoured the development of ichthyoplankton complexes with a high species diversity index (3.03), high richness index (20.31) and high evenness index (0.77). Optimal temperature conditions induced the formation of zooplankton communities dominated by small warm-water copepods, which are the primary food source

for both the fish larvae and the gelatinous macroplankton. In spite of their trophic competition, gelatinous macroplankton apparently did not influence the survival of fish larvae. The spatial distribution of gelatinous macroplankton was mosaic and it was presumably caused by interpopulational trophic relationships, such as predation and competition, inside the macroplankton community. The most probable cause of the regional differences in species composition and abundance of ichthyo-, meso- and macroplankton were the conditions for the formation of the thermodynamic water structure, coinciding with the gradual seasonal cooling of the upper layer of the sea and the transition of surface circulation from summer-type to winter-type. Within the study region, the shallow waters of the southeastern coastal area experienced earlier cooling than the deeper areas near the South Coast of Crimea, which were well-protected from the cold northerly wind.

Keywords: ichthyoplankton, mesoplankton, macroplankton, fish larva feeding, species diversity, spatial distribution, hydrological regime, Black Sea

Acknowledgements: This work was carried out under the state research assignments of IBSS “Biodiversity as the basis for the sustainable functioning of marine ecosystems, criteria and scientific principles for its conservation” (no. 124022400148-4); “Functional, metabolic, and molecular-genetic mechanisms of adaptation of marine organisms to the conditions of extreme ecotopes of the Black Sea and the Sea of Azov, and other regions of the World Ocean” (no. 124030100137-6) and “Investigation of the fundamental characteristics of marine hydrobionts that ensure their functioning in ecosystems and provide the foundation for their rational use and conservation” (no. 124030100100-0).

For citation: Klimova, T.N., Subbotin, A.A., Anninsky, B.E., Vdodovich, I.V., Zabrodin, D.A., Petrova, T.N., and Datsyk, N.A., 2025. Ichthyoplankton off the Coast of Crimea and its Trophic Relationships in Plankton Community During the Changing Hydrological Seasons (October 2022). *Ecological Safety of Coastal and Shelf Zones of Sea*, (4), pp. 97–116.

Введение

Сравнительно высокая биопродуктивность шельфовых вод Черного моря способствует формированию широкого видового разнообразия ихтиофауны, насчитывающей около 200 видов и играющей ключевую роль в трофических взаимоотношениях. В 2000–2016 гг. в ихтиопланктоне было идентифицировано 69 видов рыб¹⁾ [1].

В конце 1980-х гг. в результате увеличения антропогенной нагрузки экосистема черноморского шельфа деградировала на всех трофических уровнях. Вселение и массовое развитие гребневика *Mnemropsis leidyi* A. Agassiz, 1865 привело к изменению структуры планктонного сообщества и обеднению кормовой базы как личинок, так и взрослых рыб-планктофагов. В начале 1990-х гг. произошло катастрофическое снижение видового разнообразия и численности ихтиопланктона, обладающего повышенной чувствительностью к изменениям биотических и абиотических факторов внешней среды. Одновременно снизились уловы массовых промысловых видов рыб. Восстановление кормовой базы планктоядных рыб началось только в конце 1990-х гг. благодаря вселению в море гребневика *Beroe ovata* Bruguière, 1789, питающегося исключительно гребневиками планктофагами, в том числе и *M. leidyi* [2, 3].

¹⁾ Рacc T. C. Регион Черного моря и его продуктивность // Вопросы ихтиологии. 2001. Т. 41, № 6. С. 742–749.

Увеличение уловов промысловых рыб, как и восстановление тепловодных ихтиопланктонных комплексов, началось только с 2000-х гг. и происходило на фоне климатических изменений гидрологического режима Черного моря²⁾, которые отмечаются с середины 1990-х гг. [1, 3–6]. Наиболее значимыми последствиями климатических изменений в гидрологическом режиме Черного моря являются: устойчивое повышение среднегодовой температуры деятельного слоя моря, трансформация холодного промежуточного слоя (ХПС) и изменение параметров гидрологических сезонов, прежде всего зимнего (ЗГС) и летнего (ЛГС)²⁾ [7, 8]. Биологические циклы гидробионтов, в том числе фенология нереста умеренноводных и тепловодных видов рыб, периоды массового развития кормового зоопланктона и в итоге трофические взаимоотношения в планктонном сообществе, определяются сроками начала и окончания гидрологических сезонов^{3), 4), 5)}.

Осенний гидрологический сезон (ОГС) обычно отличается максимальными временными градиентами температуры верхнего слоя моря и характеризуется перестройкой системы поверхностных течений от летнего типа циркуляции к зимнему [7, 9, 10]. Как успешность выживания весенней генерации сцифомедузы *Aurelia aurita* (Linnaeus, 1758), так и степень элиминации особей гребневика *M. leidyi* в результате хищничества гребневика *B. ovata* определяются в период ОГС. Для ряда видов мезопланктона (*Oithona daviseae* Ferrari F. D & Orsi, 1984; *Paracalanus parvus* Claus, 1863 и другие) ОГС является временем активного роста и размножения. Характер взаимодействия между различными звенями трофической цепи в эпипелагических комплексах, их сезонная и межгодовая изменчивость влияют как на эффективность нереста, так и выживание рыб на ранних стадиях развития, которые определяют успех пополнения будущих поколений рыб [6, 11–14].

Целью проведенных исследований является изучение адаптации ихтиопланктона к структурным изменениям в планктонном сообществе в связи с особенностями гидрологического режима Черного моря в условиях потепления климата.

Материал и методика

Ихтио-, мезо- и желетельный макропланктон собирали в 124-м рейсе НИС «Профессор Водяницкий» с 2 по 19 октября 2022 г. на 56 станциях у Крымского п-ова (Черное море) над глубинами от 21 до 2000 м. Съемка проходила в реверсном режиме от Векового разреза в западной части исследуемой акватории до Феодосийского залива и обратно. Основное количество выполненных станций (за исключением станций Векового разреза) находилось

²⁾ Белокопытов В. Н. Климатические изменения гидрологического режима Черного моря : автореф. дис. ... д-ра геогр. наук. Севастополь, 2017. 42 с.

³⁾ Дехник Т. В. Ихтиопланктон Черного моря. Киев : Наукова думка, 1973. 235 с. URL: <https://repository.marine-research.ru/handle/299011/5654> (дата обращения: 10.12.2024).

⁴⁾ Дехник Т. В. Павловская Р. М. Сезонные изменения видового состава, распределения и численности ихтиопланктона / под ред. В. Н. Грэз. Киев : Наукова думка, 1979. С. 268–272. URL: <https://repository.marine-research.ru/handle/299011/8059> (дата обращения: 10.12.2024).

⁵⁾ Одум Ю. Экология. Москва : Мир, 1986. Т. 2. 376 с.

в двух физико-географических районах с индивидуальными для прибрежно-шельфовой зоны Крыма региональными гидрологическими режимами: у Южного берега Крыма (ЮБК) (от б. Ласпи до района Алушты) и Юго-Восточного Крыма (от района Судака до Феодосийского залива), которые отличаются узким шельфом (глубина бровки шельфа близка к 100 м) [7, 15, 16, 19]. Дополнительно 1 и 13 октября в режиме вертикальных и пятиминутных горизонтальных поверхностных ловов сетью ИКС-80 были выполнены 14 ихтиопланкtonных станций в прибрежной акватории Карадагского заповедника над глубинами от 3 до 20 м. При анализе состояния ихтиопланкtonных комплексов и сопутствующих данных оба района выделяются как западный и восточный секторы. С учетом последовательности выполнения отдельных этапов съемки в массив данных по западному сектору вошли станции, выполненные со 2 по 7 октября и с 14 по 19 октября, а в восточный – с 9 по 13 октября.

Сбор ихтио- и макропланктона осуществляли обратно-конической сетью БР-80/113 и конической сетью ИКС-80 с площадью входного отверстия 0.5 м² и размером ячеи сита 400 мкм, а мезопланктона – стандартной сетью Джеди (площадь входного отверстия 0.1 м², ячей сита 112 мкм) в режиме вертикальных ловов. На глубоководных станциях облавливали слой от нижней границы кислородного слоя ($\sigma_t = 16.2$, по данным зонда *Sea-Bird 911plus*) до поверхности, а на шельфовых – от дна до поверхности. Ихтиопланктон идентифицировали до вида по монографиям^{3), 6)}. Индексы разнообразия рассчитывали согласно монографии⁵⁾. Первичная обработка проб желетелого макропланктона (определение таксономического состава, численности и размеров особей более 5 мм) производилась на борту судна. Массу тела особей рассчитывали по ранее установленным линейно-весовым соотношениям. Данные по ранним стадиям развития гребневиков (менее 5 мм) и эфирам *A. aurita* и гидромедуз корректировали после микроскопии фиксированных сетных проб в стационарных лабораториях. Все сетные пробы фиксировали в 4%-ном нейтрализованном формалине и обрабатывали под МБС-9 в стационарных условиях в течение двух месяцев после сбора. В каждой из проб идентифицировали видовой и размерно-возрастной составы, а также подсчитывали численность выловленных организмов. Массу тела мезо- и макропланктона находили по линейно-весовым соотношениям [14], а общую биомассу рассчитывали с учетом численности организмов. К кормовому зоопланктону были отнесены все планктонные организмы, за исключением желетелых форм и ночесветки *Noctiluca scintillans* Macartney, 1810. Видовые названия гидробионтов даны по WoRMS⁷⁾. Питание личинок рыб изучали по методике⁸⁾. Общую длину (англ. *total length, TL*) личинок рыб измеряли с помощью окуляр-микрометра. Массу (англ. *weight, W*) тела личинок рыб измеряли на торсионных весах, а молодь – на электронных весах *AXIS ADG500C*.

⁶⁾ Russell F. R. S. The Eggs and Planktonic Stages of British Marine Fishes. Family Gadidae. London ; New York ; San Francisco : ACADEMIC PRESS, 1976. P. 94–178.

⁷⁾ URL: <http://www.marinespecies.org> (дата обращения: 01.12.2023).

⁸⁾ Дука Л. А., Синюкова В. И. Руководство по изучению питания личинок и мальков морских рыб в естественных и экспериментальных условиях. Киев : Наукова думка, 1976. 134 с. URL: <https://repository.marine-research.ru/handle/299011/7900> (дата обращения: 01.11.2023).

Гидрологический режим анализировали по экспедиционным данным вертикальных зондирований *STD*-зондом *Sea-Bird 911plus*. В качестве дополнительной информации привлекали материалы спутниковых наблюдений за температурой поверхности моря (ТПМ)⁹⁾.

Результаты и обсуждение

Гидрологический режим. В 2022 г. в районе исследований ОГС начался в третьей декаде сентября после резкого понижения ТПМ от 24.5–25.0 до 22.5–23.0 °C в течение второй декады месяца на заключительной фазе ЛГС. Ход выполнения работ осложнялся короткими периодами активной циклонической деятельности над всей акваторией Черного моря. Большую часть времени волнение моря составляло 2 балла, кратковременно увеличиваясь до 3–4 баллов.

В начале съемки пространственное распределение ТПМ характеризовалось повышенными значениями (22.0–22.5 °C) в прибрежно-шельфовой зоне ЮБК и пониженными (21.0–21.5 °C) – в Судакско-Феодосийском районе (рис. 1, a). Сезонное радиационное выхолаживание и ветро-волновое перемешивание привели к понижению ТПМ в конце съемки до 19.5–20.0 °C в районе ЮБК и до 18.0–18.5 °C – в прибрежно-шельфовой зоне Юго-Восточного Крыма (рис. 1, b). Следует отметить, что последующее медленное понижение ТПМ отмечалось до конца октября (17.5–17.0 °C)⁹⁾. Таким образом, период съемки соответствовал начальной фазе ОГС.

Циркуляция поверхностных вод в северной части Черного моря, прилегающей к Крымскому п-ову, отличалась неустойчивостью Основного Черноморского течения (ОЧТ), характерной для перехода от летнего типа к зимнему в процессе усиления ОЧТ и его внедрения в прибрежно-шельфовую зону. Усиление ветров северной четверти (от северо-западного до северо-восточного направления) в течение всего сентября привело к блокированию струи ОЧТ

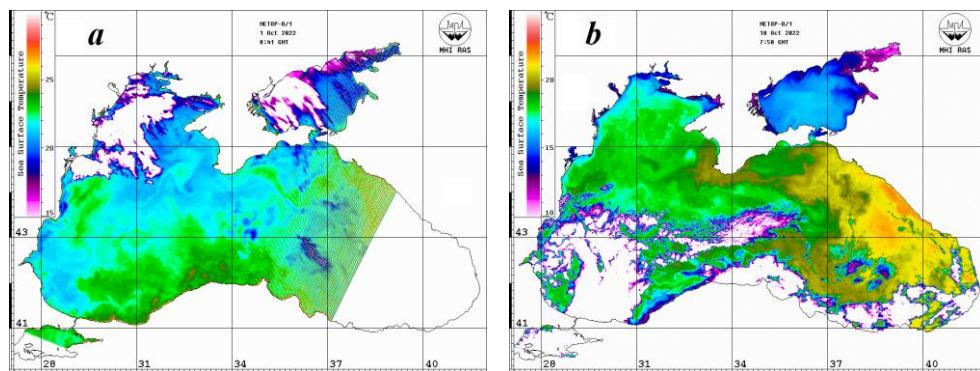


Рис. 1. Спутниковые карты распределения ТПМ в период выполнения ихтиопланктонных станций в начале, 01.10.2022 г. (a), и в конце, 18.10.2022 г. (b), съемки

Fig. 1. Satellite maps of sea surface temperature distribution during the ichthyoplankton sampling: 01.10.2022 (a); 18.10.2022 (b)

⁹⁾ URL: http://dvs.net.ru/mp/index_ru.shtml (дата обращения: 01.12.2023).

в северо-восточной части Черного моря и ее активному меандрированию вдоль свала глубин до юго-западной оконечности Крымского п-ова. Особенности текущей структуры поверхностной циркуляции явились два циклонических меандра ОЧТ: один в прибрежно-шельфовой зоне к юго-востоку от Керченского пролива, второй – в прибрежно-шельфовой зоне от района Алушты до Гераклейского п-ова. В глубокой ложбине между этими меандрами от Керченской предпроливной зоны до Судака отмечалась антициклоническая завихренность, существовавшая в данном районе с середины сентября по конец октября⁹⁾. Следует отметить высокую вероятность возникновения этого динамического образования при смене гидрологических сезонов: весеннего на летний и летнего на осенний при усилении северных и северо-восточных ветров над Восточным Крымом и северо-восточной частью Черного моря [17]. Анализ космических снимков за предшествующий период показал, что данная завихренность явила следствием образования вихревого диполя в прибрежной зоне от Анапы до Геленджика и его дальнейшей трансформации на Керченский шельф⁹⁾ [18]. Области в пределах циклонических меандров ОЧТ характеризовались повышенными значениями ТПМ, а в районе антициклонической завихренности – пониженными, что в значительной степени поддерживалось поступлением холодных вод Азовского моря вдоль берега Юго-Восточного Крыма (рис. 1, *a, b*).

Толщина верхнего квазиоднородного слоя (ВКС) в целом соответствовала характерным для данного сезона значениям [19] и изменялась в зависимости от степени ветрового волнения и положения станции относительно соответствия выполненных станций определенным термодинамическим образованиям в процессе съемки [9]. В первой декаде октября при волнении моря два балла толщина ВКС на шельфе и над континентальным склоном изменялась от 13–22 м в наиболее прогретых водах ОЧТ до 23–27 м в узкой прибрежной зоне от м. Сарыч до Алушты. После шторма (7 октября) толщина ВКС в водах ОЧТ увеличилась до 26–31 м. В восточном секторе, в пределах антициклонической завихренности, толщина ВКС колебалась от 27–35 м на периферии до 35–43 м в центральной части. В конце съемки после усиления ветрового волнения (15–16 октября) до 3–4 баллов толщина ВКС в прибрежно-шельфовой зоне ЮБК увеличилась до 37–57 м. В период съемки ХПС в классическом виде с границами по изотерме 8 °C не наблюдался. По всей акватории минимальные значения температуры в толще вод изменялись в узком диапазоне 8.16–8.30 °C при региональной изменчивости глубины залегания ядра ХПС от 53 до 92 м.

Пространственное распределение солености поверхностных вод характеризовалось повышенными значениями (18.74–18.84 ‰) в открытых водах на станциях векового разреза и в водах ОЧТ в западном секторе, пониженными (18.56–18.66 ‰) – в узкой прибрежной зоне у ЮБК и в акватории Феодосийского залива.

Ихтиопланктонные исследования. В последние годы, благодаря устойчивой тенденции к пролонгации ЛГС до конца сентября, в первой и второй декадах октября все еще продолжался результативный нерест тепловодных рыб [13, 20]. Видовой состав и численность ихтиопланктона зависели от интенсивности выхолаживания верхнего слоя моря при переходе температурного режима от заключительной фазы ЛГС к развитому ОГС.

Всего в прибрежных, шельфовых и глубоководных районах исследований в октябре 2022 г. у Крымского п-ова были идентифицированы 16 видов рыб из 12 семейств (12 видов из 9 семейств тепловодных и 4 вида из 3 семейств умеренноводных рыб).

Прибрежная акватория Карадага находилась в зоне антициклонической завихренности, характеризующейся пониженными значениями ТПМ вследствие опережающего радиационного выхолаживания и поступления холодных вод Азовского моря вдоль берегов Юго-Восточного Крыма. В октябре 2022 г. ТПМ не превышала 18 °С. Нерест был безрезультативным, личинки в пробах отсутствовали. В ихтиопланктоне встречена только икра одного вида умеренноводных рыб – *Gaidropsarus mediterraneus* (Linnaeus, 1758) и шести видов тепловодных рыб: *Engraulis encrasicolus* Linnaeus, 1758; *Chelon saliens* (Risso, 1810); *Callionymus* sp.; *Trachinus draco* Linnaeus, 1758; *Uranoscopus scaber* Linnaeus, 1758; *Pegusa nasuta* (Pallas, 1814). Все виды, кроме *P. nasuta*, были отмечены и в открытых водах у Крымского п-ова. В первой декаде октября в горизонтальных поверхностных ловах была идентифицирована икра всех семи видов. В вертикальных ловах была отмечена икра только тепловодной *E. encrasicolus* и умеренноводного *G. mediterraneus*. Икра этих двух видов встречалась и во второй декаде октября, когда нерест остальных видов здесь уже завершился. Средняя численность икры в первой декаде октября составляла 0.9 экз.·м⁻², а во второй декаде она снизилась до 0.5 экз.·м⁻².

В отличие от прибрежной акватории Карадага, в открытых водах в октябре 2022 г. наблюдались повышенные значения ТПМ от 21.0–22.5 °С в начале съемки до 18.5–20.5 °С – в конце. В ихтиопланктоне были идентифицированы икра и личинки 11 видов из восьми семейств тепловодных рыб, а под слоем термоклина – 4 вида из трех семейств умеренноводных рыб. Благодаря довольно большому для осеннего сезона количеству видов в ихтиопланктоне и слабо выраженному доминированию отдельных видов (индекс доминирования 0.17), в ихтиопланктонном комплексе наблюдались высокие индексы разнообразия. Индекс видового разнообразия составил 3.03, видового богатства – 20.31 и выровненности – 0.77⁵⁾.

В глубоководной зоне идентифицированы икра и личинки девяти видов, их средняя численность составляла 1.43 и 4.56 экз.·м⁻² соответственно. В шельфовых водах икра и личинки представлены 14 видами, их средняя численность составляла 2.64 и 2.01 экз.·м⁻² соответственно. На шельфе, над глубинами от 78 до 92 м, была отмечена максимальная численность (от 10 до 16 экз.·м⁻²) икры только умеренноводных видов (*Sprattus sprattus* (Linnaeus, 1758), *Merlangius merlangus* Linnaeus, 1758 и *G. mediterraneus*). Максимальная численность личинок (от 16 до 18 экз.·м⁻²) отмечена над глубинами выше 200 м, где личинки были представлены исключительно тепловодными видами *E. encrasicolus* и *Syngnathus schmidtii* Popov, 1927 (рис. 2).

Средняя численность икры составляла 2.34 экз.·м⁻², личинок – 2.55 экз.·м⁻². В пробах уже доминировала икра трех умеренноводных видов (*S. sprattus*, *M. merlangus*, *G. mediterraneus*), составляя 81.2 % от общей численности, преобладал (51.7 %) *S. sprattus*. Доля личинок умеренноводных видов составляла 18.5 %, преобладал (13.3 %) средиземноморский вселенец *Trisopterus luscus* (Linnaeus 1758). Обычно нерест тепловодных рыб заканчивался в сентябре,

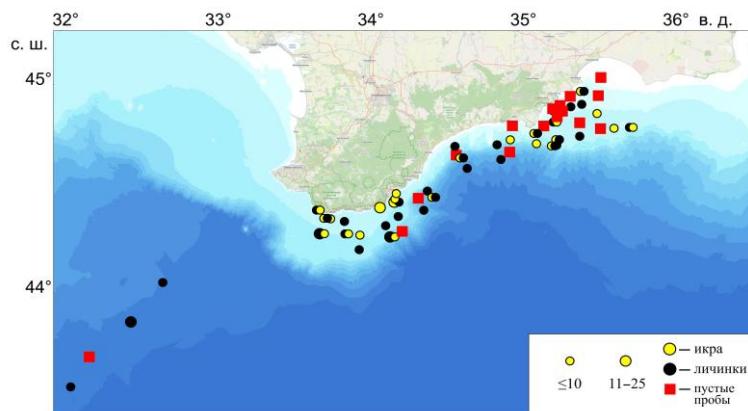


Рис. 2. Пространственное распределение ихтиопланктона (экз. \cdot м $^{-2}$) в октябре 2022 г.

Fig. 2. Spatial distribution of ichthyoplankton (ind. \cdot m $^{-2}$) in October 2022

а в октябре встречались только личинки старшей возрастной группы³⁾. В октябре 2022 г. ТПМ была все еще благоприятной для нереста трех видов тепловодных рыб, причем нерест *E. encrasiculus* и *C. saliens* был результативным. Личинки 10 видов тепловодных рыб доминировали в пробах, составляя 81.6 % от общей численности, преобладали (38 %) личинки *E. encrasiculus* (табл. 1).

Количество видов в ихтиопланктоне в западном и восточном секторах было вполне сопоставимо (по 13 видов икры и личинок рыб) (табл. 1). В западном секторе отсутствовали личинки *Pomatoschistus marmoratus* (Risso, 1810) и *T. draco*, а в восточном – личинки *Ophidion rochei* Muller, 1845 и *Gobius bucchichi* Steindachner 1870. Среди икры доминировали умеренноводные виды *S. sprattus*, *M. merlangus* и *G. mediterraneus*. Их доля в западном секторе составляла 78.2 % от общей численности икры всех идентифицированных видов, а в восточном – 82.2 %. Среди личинок доминировали тепловодные виды, составляя в западном секторе 81.4 %, а в восточном – 81.8 %. В западном секторе, где ТПМ была выше, средняя численность икры составляла 4.53 экз. \cdot м $^{-2}$, а личинок – 4.75 экз. \cdot м $^{-2}$, в то время как в восточном секторе средняя численность икры составляла всего 1.35 экз. \cdot м $^{-2}$, а личинок – 1.65 экз. \cdot м $^{-2}$ (табл. 1).

На фоне ограниченного количества наблюдений за состоянием ихтиопланктона в переходный период от ЛГС к ОГС представляет интерес сравнение полученных данных с материалами 89-го рейса НИС «Профессор Водяницкий», выполненного в первую и вторую декады октября 2016 г. В первой декаде октября 2022 г. в открытых водах западного сектора еще наблюдались повышенные показатели ТПМ (22.0–22.5 °C). В ихтиопланктоне были отмечены 15 видов икры и личинок рыб (11 тепловодных и 4 умеренноводных). Средняя численность икры составляла 4.46 экз. \cdot м $^{-2}$, а личинок – 4.62 экз. \cdot м $^{-2}$. Доминировала икра умеренноводных видов, составляя 69.5 %, и личинки тепловодных видов – 84.4 %. В начале октября 2016 г. в открытых водах западного сектора Крымского п-ова от м. Тарханкут до траверза Алупки ТПМ

Таблица 1. Структура видового состава ихтиопланктона у берегов Крыма в западном и восточном районах исследований, количество видов и средняя численность икры и личинок рыб в октябре 2022 г.

Table 1. Structure of the species composition of ichthyoplankton off the coast of Crimea in the western and eastern research areas, number of species and the average abundance of eggs and larvae of fish in October 2022

Таксономический состав / Taxonomic groups	Всего / Total	Район исследований / Study area	
		западный / western	восточный / eastern
<i>Доля в видовом составе, % / Share in species composition, %</i>			
<i>Умеренноводные виды / Temperate water fish species</i>			
Family: Clupeidae <i>Sprattus sprattus</i> (Linnaeus, 1758)	<u>51.7*</u> 1.2	<u>58.7</u> 2.3	<u>40.8</u> 0
Family: Gadidae <i>Merlangius merlangus</i> Linnaeus, 1758	<u>17.5</u> 2.8	<u>12.2</u> 4.6	<u>25.9</u> 0
<i>Trisopterus luscus</i> (Linnaeus, 1758)	<u>0</u> 13.3	<u>0</u> 11.7	<u>0</u> 152
Family: Lotidae <i>Gaidropsarus mediterraneus</i> (Linnaeus, 1758)	<u>12.0</u> 1.2	<u>7.3</u> 0	<u>18.5</u> 3.0
<i>Тепловодные виды / Warm water fish species</i>			
Family: Engraulidae <i>Engraulis encrasicolus</i> Linnaeus, 1758	<u>14.5</u> 38.0	<u>17.0</u> 46.8	<u>11.1</u> 27.3
Family: Ophidiidae <i>Ophidion rochei</i> Muller, 1845	<u>0</u> 1.2	<u>0</u> 2.3	—
Family: Syngnathidae <i>Syngnathus schmidti</i> Popov, 1927	<u>0</u> 20.4	<u>0</u> 16.2	<u>0</u> 24.2
Family: Callionymidae <i>Callionymus</i> sp.	<u>0</u> 3.9	<u>0</u> 2.3	<u>0</u> 6.1
Family: Gobiidae <i>Gobius bucchichi</i> Steindachner 1870	<u>0</u> 1.2	<u>0</u> 2.3	—
<i>Pomatoschistus marmoratus</i> (Risso, 1810)	<u>0</u> 3.9	— —	<u>0</u> 9.1
<i>P. minutus</i> (Pallas, 1770)	<u>0</u> 3.9	<u>0</u> 2.3	<u>0</u> 6.1
<i>Knipowitschia longecaudata</i> (Berg, 1916)	<u>0</u> 3.9	<u>0</u> 4.6	<u>0</u> 3.0
Family: Mugilidae <i>Chelon saliens</i> (Risso, 1810)	<u>1.3</u> 3.9	<u>2.4</u> 4.6	<u>0</u> 3.0
Family: Trachinidae <i>Trachinus draco</i> Linnaeus, 1758	<u>0</u> 1.2	— —	<u>0</u> 3.0
Family: Uranoscopidae <i>Uranoscopus scaber</i> Linnaeus, 1758	<u>3.0</u> 0	<u>2.4</u> 0	<u>3.7</u> 0

Продолжение таблицы 1 / Continued

Таксономический состав / Taxonomic groups	Всего / Total	Район исследований / Study area	
		западный / western	восточный / eastern
<i>Параметры сообщества / Community parameters</i>			
Количество видов / Number of species	15	13	13
Средняя численность, экз.· m^{-2} / Average abundance, ind.· m^{-2}	<u>2.34</u> 2.55	<u>4.53</u> 4.75	<u>1.35</u> 1.65
Стандартное отклонение / Standard deviation	<u>3.71</u> 3.82	<u>5.26</u> 5.70	<u>2.19</u> 2.11

* В числителе – показатель для икры, в знаменателе – для личинок.

* The numerator – values for eggs, the denominator – those for larvae.

была ниже, чем в 2022 г. (19.0–21.5 °C), но система циркуляции поверхностных вод все еще соответствовала летней. Были идентифицированы икра и личинки 10 видов рыб. Средняя численность (икра 3.4 экз.· m^{-2} , личинки 4.7 экз.· m^{-2}) и структура видового состава (доминировала икра умеренноводных видов рыб, составляя 61.8 %, и личинки тепловодных видов – 85.1 %) были вполне сопоставимы с данными первой декады октября 2022 г. [13].

Во второй декаде октября 2022 г. продолжение сезонного выхолаживания и ветро-волновое перемешивание привели к понижению значений ТПМ в прибрежно-шельфовой зоне Юго-Восточного Крыма до 18.0–18.5 °C, что соответствовало начальной фазе ОГС. Ихиопланктон в открытых водах восточного сектора Крымского п-ова был представлен 10 видами (4 вида умеренноводных и 6 видов тепловодных рыб). Средняя численность икры составляла 1.06 экз.· m^{-2} , а личинок – 1.4 экз.· m^{-2} . Доминировали икра умеренноводных видов (94.3 %) и личинки тепловодных видов (75.7 %) рыб. Во второй декаде октября 2016 г. в восточном секторе Крымского п-ова от Алупки до Керченского п-ова после сильного шторма ТПМ в среднем была на 2 °C ниже, чем в 2022 г., и составляла всего 16.0–16.5 °C, что соответствовало развитому ОГС. Были идентифицированы икра и личинки пяти видов умеренноводных рыб и семи видов личинок старших возрастных групп тепловодных рыб. Средняя численность икры (2.76 экз.· m^{-2}) и личинок (2.55 экз.· m^{-2}) была вдвое выше, чем в октябре 2022 г., вследствие доминирования в пробах умеренноводных видов: доля их икры составляла 100 %, а личинок – 54.5 % [13].

Питание личинок и молоди рыб. В первой декаде октября 2022 г. в западном секторе преобладали личинки *E. encrasiculus*. Их доля на желточном типе питания составляла 50 %, на смешанном типе питания – 19 %, на внешнем питании – 31 %. Высокая доля личинок на желточном типе питания свидетельствовала о результивном нересте *E. encrasiculus*. По данным

работ^{3), 10)}, в Черном море икринки и личинки *E. encrasiculus* на ранних стадиях развития в этот период обнаруживались крайне редко. Продолжался нерест и других тепловодных видов рыб. Длина (TL) пойманной над глубиной 1336 м личинки бычка *P. minutus* не превышала 2.4 мм, что соответствовало суточному возрасту. Остальные представители сем. Gobiidae представлены крупными экземплярами с TL 17–40 мм, весом (W) 1–240 мг. На глубоководных станциях выловлены ювенильные особи и молодь *S. schmidti* с TL 26–33 мм, весом 2.5–58 мг и *Callionymus sp.* с TL 6 мм. Над глубиной 123 м была поймана единственная личинка кефали *C. saliens* с TL 4.2 мм. Из умеренноводных видов в начале октября отмечены предличинки сем. Gadidae. Единственный экземпляр молоди *S. sprattus* с TL 26 мм, W 348 мг пойман над глубиной 1773 м. В восточном секторе сборы проводились только над глубинами от 40 до 98 м. По данным работы¹⁰⁾, в восточном секторе моря нерест тепловодной *E. encrasiculus* завершался раньше, чем в западном. Мы также зафиксировали в основном крупные экземпляры личинок теплолюбивых видов рыб. TL личинок *E. encrasiculus* варьировалась от 6.7 до 9.9 мм, личинок сем. Gobiidae от 6.3 до 39.0 мм. Обнаружена также личинка *T. draco* TL 6.1 мм.

Анализ данных о размерно-массовой структуре ихтиопланктона во второй декаде октября показал устойчивое затухание нереста тепловодных видов и увеличение доли умеренноводных. Выловлены только крупные экземпляры личинок и молоди рыб: *E. encrasiculus* с TL 14.2 мм в восточном секторе и TL 34 мм в западном. В обоих районах отмечены ювенильные и созревающие особи *S. schmidti* с TL 26–34 мм. В восточном секторе на мелководных станциях в пробах идентифицированы разноразмерные представители сем. Gobiidae с TL 3.8–6.3 мм и *C. saliens* TL 4.8 мм. Умеренноводные виды в ихтиопланктоне были представлены сем. Gadidae, среди которых доминировали личинки средиземноморского вселенца – *T. luscus* с TL 6.5–7.6 мм. В пищевых комках личинок и молоди рыб идентифицированы копеподы Calanoida (половозрелые и ювенильные особи). Количество кормовых объектов в их кишечниках варьировало от 1 до 56 экземпляров, что свидетельствовало о хорошей кормовой базе и благоприятных условиях для их выживания.

Мезопланктон. В мезопланктоне Черного моря в октябре 2022 г. доминировали взрослые особи и копеподиты обычных для этого времени видов Copepoda: *Acartia clausi* Giesbricht, 1889; *A. tonsa* Dana, 1849; *Calanus euxinus* Hulsemann, 1991; *Pseudocalanus elongatus* Boek, 1865; *Paracalanus parvus* Claus, 1863; *Centropages ponticus* Karavaev, 1895; *Oithona davisae* Ferrari F. D & Orsi, 1984 и *Oithona similis*. Кроме них, в значительных количествах встречались также хетогнаты *Parasagitta setosa* J. Müller, 1847 и аппендикулярии *Oikopleura (Vexillaria) dioica* Fol, 1872 (табл. 2).

Общая численность мезопланктона составляла в среднем 626.3 ± 79.2 тыс. экз. \cdot м $^{-2}$ в глубоководной части моря и 739.2 ± 128.1 тыс. экз. \cdot м $^{-2}$ на внешнем шельфе; биомасса – 11.8 ± 0.5 г \cdot м $^{-2}$ и 11.3 ± 0.4 г \cdot м $^{-2}$ соответственно.

¹⁰⁾ Дехник Т. В. Размножение хамсы и кефали в Черном море // Труды ВНИРО. 1954. Т. XXVIII. С. 34–48. URL: <https://repository.marine-research.ru/handle/299011/13706> (дата обращения: 15.09.2023).

Таблица 2. Численность (тыс. экз. \cdot м $^{-2}$) и биомасса (г \cdot м $^{-2}$) массовых видов мезопланктона в Черном море в октябре 2022 г.

Table 2. Abundance (ind. \cdot m $^{-2}$) and biomass (g \cdot m $^{-2}$) of mass mesoplankton species in the Black Sea in October 2022

Видовой состав мезопланктона / Species composition of mesoplankton	Внешний шельф / Outer shelf		Глубоководная часть / Deep water part	
	Численность / Abundance	Биомасса / Biomass	Численность / Abundance	Биомасса / Biomass
<i>Acartia sp.</i>	49.5	0.54	39.4	0.5
<i>Calanus euxinus</i>	3.2	0.8	5.1	3.8
<i>Pseudocalanus elongatus</i>	10.7	0.2	30.8	0.7
<i>Paracalanus parvus</i>	274.5	1.8	129.6	0.9
<i>Centropages ponticus</i>	23.2	0.5	51.0	0.7
<i>Oithona similis</i>	14.8	0.06	29.9	0.1
<i>Oithona davisae</i>	157.0	0.7	77.7	0.3
<i>Noctiluca scintillans</i>	3.5	0.4	5.4	0.6
<i>Parasagitta setosa</i>	21.9	3.5	14.5	2.0
<i>Oikopleura dioica</i>	39.5	1.2	38.8	1.0
Cladocera	40.0	1.3	28.0	0.8
Суммарный зоопланктон / Total zooplankton	739.2	11.3	626.3	11.8
Кормовой зоопланктон / Forage zooplankton	735.2	10.9	620.9	11.2

По численности как на шельфе, так и на глубоководных участках моря доминировали копеподы *P. parvus* и *O. davisae*, которые являются основными пищевыми объектами личинок и молоди рыб. По численности всюду доминировали *P. parvus* и *O. davisae*, а по биомассе – *C. euxinus* и *P. setosa*, особенно в глубоководной части моря. Биомасса щетинкочелюстных возрастила от западного сектора к восточному (рис. 3).

В сравнении с биомассой мезозоопланктона в открытом море в аналогичный период 2019 г. (110-й рейс НИС «Профессор Водяницкий») биомасса большинства видов выросла в полтора раза и более. В частности, биомасса *C. euxinus* возросла с 2.8 до 3.8 г \cdot м $^{-2}$, *P. elongatus* – с 0.4 до 0.7 г \cdot м $^{-2}$, *O. davisae* – с 0.1 до 0.3 г \cdot м $^{-2}$, а хетогнаты *P. setosa* – с 0.2 до 2.0 г \cdot м $^{-2}$. Среди Сорепода особенно сильно увеличилась биомасса мелких тепловодных видов, тогда как у холодноводных (*C. euxinus*, *P. elongatus* и *O. similis*) она все же не достигла среднемноголетнего уровня. Такой характер межгодовой популяционной динамики мезопланктона видов может быть связан с продолжающимся потеплением верхнего слоя моря и ХПС²⁾ [14]. Таким образом, зоопланктональные сообщества кардинально изменились: биомасса мезозоопланктона и всех

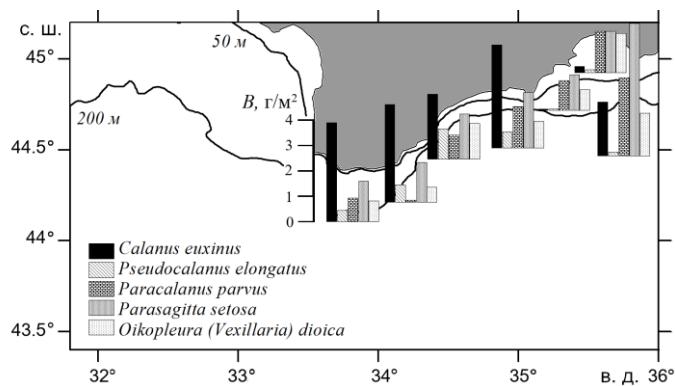


Рис. 3. Распределение биомассы B некоторых видов мезозоопланктона на внешнем шельфе и в открытых районах Черного моря вблизи ЮБК в октябре 2022 г.

Fig. 3. Biomass B distribution of some mesozooplankton species on the outer shelf and in deepwater areas of the Black Sea near Southern Coast of Crimea in October 2022

желетелых резко снизилась, а общая численность мезозоопланктонаемых организмов возросла за счет большего количества в планктоне науплиусов копепод – мелких циклопоидных раков (*O. davisae* и *O. similis*) и аппендикулярии *Oikopleura (Vexillaria) dioica* [14]. Увеличение численности мелкоразмерных кормовых организмов, по-видимому, способствовало пролонгированию сроков массового результативного нереста как тепловодных, так и умеренно-водных видов на начальную фазу ОГС [13, 20].

Желетелый макропланктон в период исследований был представлен преимущественно разноразмерными и разновозрастными особями сцифомедузы *A. aurita* и трех видов гребневиков: *B. ovata*, *M. leidyi* и *P. pileus*. При этом *A. aurita* и *P. pileus* встречались на 55 планктонных станциях, *B. ovata* – на 53 и *M. leidyi* – на 35 (табл. 3).

Количественное распределение всех этих видов было в большей или меньшей степени мозаичным ($\sigma^2 > M$) и, очевидно, зависело от собственной температурной толерантности, региональных термодинамических образований и межпопуляционных трофических отношений (хищничества и конкуренции) в самом макропланктонном сообществе и эпипелагической биоте в целом (рис. 4). Значимой связи между распределением медузы *A. aurita* и особенностями гидрологического режима моря не выявлено. Численность была заметно выше в районе северной периферии Западного циклонического круговорота, а биомасса – в районе конвергенции на внешней границе циклонического меандра ОЧТ, где нередки скопления мезопланктона. Возможно, кормовой зоопланктон был определяющим вектором распределения *A. aurita*, которая чаще наблюдалась на внешнем шельфе и в районах глубоководной эпипелагии. Ранние планктонные стадии медузы – эфиры (диаметром до 9 мм) единично наблюдались на девяти станциях шельфа (табл. 3, рис. 4, а).

Таблица 3. Численность (числитель), экз. \cdot м $^{-2}$, и биомасса (знаменатель), г \cdot м $^{-2}$, желетелого макропланктона у ЮБК в октябре 2022 г.

Table 3. Abundance (numerator), ind. \cdot m $^{-2}$, and biomass (denominator), g \cdot m $^{-2}$, of gelatinous macroplankton near Southern coast of Crimea in October 2022

Вид / Species	Шельф / Shelf		Глубоководные районы (> 200 м) / Deep water areas (> 200 m) n = 18
	внутренний (< 50 м) / inner (< 50 m) n = 8	внешний (> 50 м) / outer (> 50 m) n = 30	
<i>A. aurita</i>	<u>3.2 ± 1.1</u> 29.3 ± 16.8	<u>10.0 ± 1.2</u> 178.3 ± 28.2	<u>7.5 ± 1.2</u> 177.1 ± 38.1
<i>P. pileus</i>	<u>8.7 ± 3.3</u> 0.4 ± 0.2	<u>54.5 ± 9.0</u> 4.4 ± 1.4	<u>119.4 ± 14.0</u> 20.9 ± 3.1
<i>M. leidyi</i>	<u>≤ 0.1</u> < 0.1	<u>4.4 ± 1.1</u> 12.2 ± 4.9	<u>8.8 ± 1.5</u> 18.2 ± 5.9
<i>B. ovata</i>	<u>20.1 ± 4.3</u> 20.2 ± 7.9	<u>17.7 ± 2.7</u> 15.3 ± 3.4	<u>10.6 ± 2.5</u> 16.1 ± 4.8

Примечание: n – количество определений; даны средние ± ошибки средних.

Note: n – number of determinations; the average ± errors of the averages are given.

Гребневик *P. pileus* в своем распределении был более привязан к глубоководным районам (рис. 4, b). С заглублением термоклина этот вид встречался в достоверно меньших количествах. Его численность и биомасса возрастили в направлении от внутреннего шельфа к внешнему и далее к глубоководной части моря. Распределение особей было мозаичным и только в глубоководных районах приближалось к однородному.

Распределение *M. leidyi* в море в основном соответствовало особенностям пространственного распределения температуры верхнего слоя моря. Этот вид был отмечен преимущественно в пределах наиболее прогретых вод ОЧТ и в меньшей степени – в зоне антициклонической завихренности (рис. 4, c). Численность гребневика была позитивно связана с температурой поверхности моря ($r = 0.62$; $p < 0.001$), тогда как для биомассы связь была значительно слабее ($r = 0.22$; $p > 0.05$). Такой характер распределения *M. leidyi*, вероятно, связан с хищничеством *B. ovata*, который в выборе жертв ориентируется на более сильные химические сигналы крупных особей, а молоди чаще удается избегать внимания хищника. Выеданием можно объяснить и минимальное присутствие *M. leidyi* на внутреннем шельфе, откуда ежегодно развивается сезонная экспансия *B. ovata*. Численность и биомасса *M. leidyi* возрастили от внутреннего шельфа к глубоководным районам, где численность достигала в среднем 8.8 ± 1.5 экз. \cdot м $^{-2}$, а биомасса – 18.2 ± 5.9 г \cdot м $^{-2}$.

B. ovata, как и *M. leidyi*, был преимущественно распространен в более прогретой водной толще. Кроме того, численность *B. ovata* зависела от глубины залегания термоклина ($r = 0.27$; $p < 0.05$) и имела тенденцию к снижению в направлении от внутреннего шельфа (20.1 ± 4.3 экз. \cdot м $^{-2}$) к глубоководной части моря (10.6 ± 2.5 экз. \cdot м $^{-2}$) (рис. 4, d). Тем не менее численность и биомасса

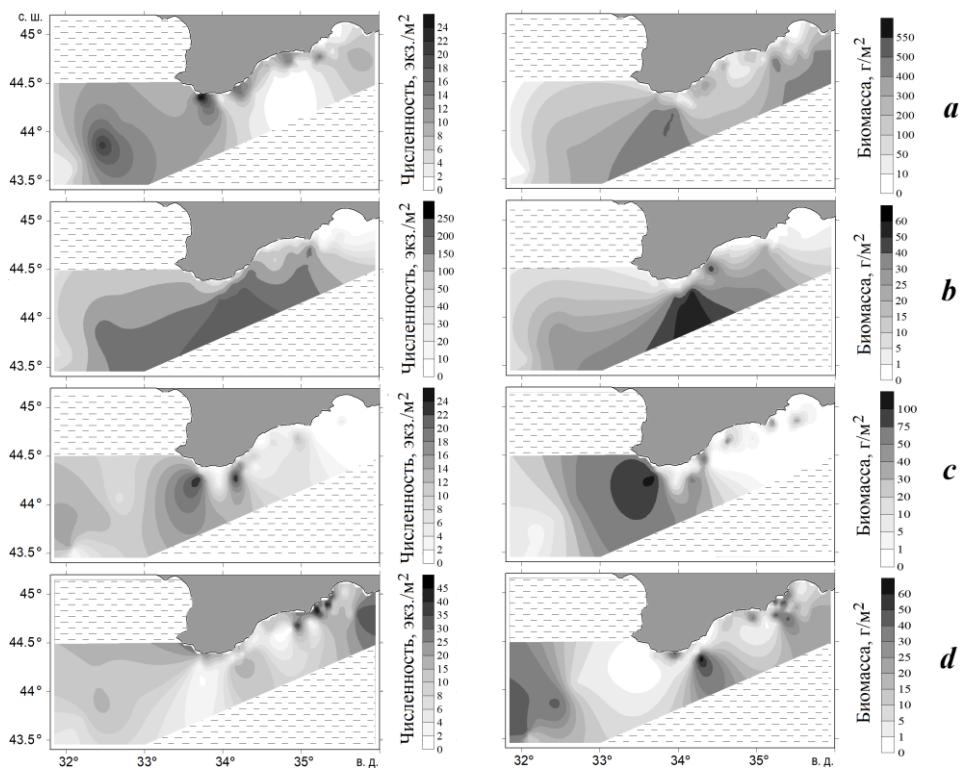


Рис. 4. Распределение численности и биомассы желетелого макропланктона у ЮБК в октябре 2022 г.: *a* – *Aurelia aurita*; *b* – *Pleurobrachia pileus*; *c* – *Mnemiopsis leidyi*; *d* – *Beroe ovata*

Fig. 4. Distribution of abundance and biomass of gelatinous macroplankton in October 2022: *a* – *Aurelia aurita*; *b* – *Pleurobrachia pileus*; *c* – *Mnemiopsis leidyi*; *d* – *Beroe ovata*

B. ovata, основным кормовым объектом которого являются гребневики-планктофаги, зависят от их пространственного распределения. Так, по сравнению с данными 2019 г., в глубоководных районах моря биомасса *B. ovata* достоверно возросла ($p < 0.001$), а у его жертв, гребневиков-планктофагов, наоборот, снизилась ($p < 0.01$) [14].

Планкtonные исследования в октябре 2022 г. показали, что на протяжении последних лет желетелый макропланктон Черного моря сохраняет неизменный видовой состав и динамически равновесную структуру, определяемую реакцией его отдельных популяций на климатические факторы, изменения в гидрологическом режиме моря и трофические условия обитания, которые развиваются в результате межпопуляционных отношений. Количество желетелый макропланктон в 2022 г. был развит умеренно без однозначного доминирования какого-либо из массовых видов. Вероятно, это среднее или типичное его состояние, отвечающее потенциалу нынешнего развития популяции *A. aurita* и степени современного контроля гребневика *B. ovata* над гребневиками-планктофагами. Из-за продолжающегося потепления в бассейне Черного

моря и ослабления конвективного перемешивания морских вод в зимние месяцы желетелое сообщество может в дальнейшем трансформироваться по пути ослабления позиций холодноводных видов (*A. aurita* и *P. pileus*) и повышения экологической валентности тепловодных гребневиков (*M. leidyi* и *B. ovata*).

Пролонгирование сроков ЛГС на конец сентября – первую половину октября сдвигает фазы развития как тепловодных, так и холодноводных видов желетелого макропланктона, формируя новые взаимоотношения в цепи хищник – жертва, характерной для осенне-зимнего межсезонья.

Заключение

На фоне устойчивой тенденции к увеличению продолжительности ЛГС в исследуемом районе на вторую – третью декады сентября результативный перест теплолюбивых видов рыб пролонгируется на первую – вторую декады октября в зависимости от интенсивности выхолаживания верхнего слоя моря при переходе температурного режима от заключительной фазы ЛГС к развитому ОГС.

В октябре 2022 г. в начальной фазе ОГС при постепенном выхолаживании верхнего слоя моря наиболее вероятной причиной региональных различий численности ихтио-, мезо- и желетелого макропланктона являлись условия формирования термической структуры в обоих районах исследований, а именно опережающее выхолаживание вод мелководного Юго-Восточного Крыма по сравнению с глубоководным, защищенным от холодных северных ветров районом ЮБК. Дополнительными факторами являлись поступление в прибрежную зону восточного сектора более холодных вод из Азовского моря и определяющее влияние теплых вод ОЧТ на термохалинную структуру прибрежных вод ЮБК.

У Крымского п-ова в октябре 2022 г. были отмечены 16 видов рыб из 12 семейств (12 видов из 9 семейств тепловодных и 4 вида из 3 семейств умеренно-холодноводных рыб). Средняя численность икры рыб составляла $2.34 \text{ экз.} \cdot \text{м}^{-2}$, а личинок – $2.55 \text{ экз.} \cdot \text{м}^{-2}$. Доминировали икра умеренно-холодноводных и личинки тепловодных видов рыб. Благодаря довольно большому для октября количеству видов и слабо выраженному доминированию (индекс доминирования 0.17) в ихтиопланктонном комплексе у Крымского п-ова наблюдались высокие индексы разнообразия: индекс видового разнообразия составил 3.03, видового богатства – 20.31 и выровненности – 0.77.

Желетелый макропланктон в последние годы развивался умеренно. При неизменном видовом составе и динамически равновесной структуре, определяемой гидрологическим режимом моря и трофическими межпопуляционными отношениями в октябре 2022 г. желетелый макропланктон не оказывал существенного влияния на состояние кормового мезопланктона. Преобладание в мезопланктоне мелкоразмерных фракций тепловодных *Copepoda*, являющихся основной пищей личинок как тепловодных, так и умеренно-холодноводных рыб, обеспечило им благоприятные кормовые условия для выживания и роста. В ихтиопланктоне отмечено большое разнообразие видов разноразмерных личинок на всех типах питания (от желточного до внешнего).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Klimova T. N., Podrezova P. S.* Seasonal distribution of the Black Sea ichthyoplankton near the Crimean Peninsula // *Regional studies in Marine Science*. 2018. Vol. 24. P. 260–269. <http://doi.org/10.1016/j.rsma.2018.08.013>
2. *Гордина А. Д., Климова Т. Н.* Динамика видового состава и численности ихтиопланктона в прибрежных и открытых водах Черного моря // Современное состояние ихтиофауны Черного моря / под ред. С. М. Коновалова. Севастополь : ИнБЮМ, 1996. С. 74–95. URL: <https://repository.marine-research.ru/handle/299011/8415> (дата обращения: 23.11.2025).
3. *Климова Т. Н., Вдодович И. В.* Численность, видовое разнообразие ихтиопланктона и особенности питания личинок рыб в прибрежной акватории юго-западного Крыма в 2000–2009 гг. // Промысловые биоресурсы Черного и Азовского морей / под ред. В. Н. Еремеева. Севастополь : ЭКОСИ-Гидрофизика, 2011. С. 101–116. URL: <https://repository.marine-research.ru/handle/299011/1363> (дата обращения: 23.11.2025).
4. *Turan C., Erguden D., Gürlek M.* 2016. Climate change and biodiversity effects in Turkish seas // *Natural and Engineering Sciences*. Vol. 1, iss. 2. P. 15–24. <http://doi.org/10.28978/nesciences.286240>
5. Оценка климатических полей температуры и солености вод Черного моря для современного периода (1991–2020) / Н. В. Маркова [и др.] // Морской гидрофизический журнал. 2021. Т. 37, № 4. С. 423–435. EDN KJNCPV. <http://doi.org/10.22449/0233-7584-2021-4-423-435>
6. *Шляхов В. А., Пятницкий М. М.* Оценка состояния запасов морских видов рыб Черного моря (воды России) в 2021 г. // Водные биоресурсы и среда обитания. 2023. Т. 6, № 3. С. 96–113. EDN SLTAXG. http://doi.org/10.47921/2619-1024_2023_6_3_96
7. Гидрометеорологические условия морей Украины. Т. 2 : Черное море / Ю. П. Ильин [и др.]. Севастополь, 2012. 421 с.
8. *Полонский А. Б., Новикова А. Б.* Долгопериодная изменчивость характеристик холодного промежуточного слоя в Черном море и ее причины // Метеорология и гидрология. 2020. № 10. С. 29–37. EDN YCSZMV.
9. Особенности сезонной и синоптической изменчивости структуры вод в зоне Основного Черноморского течения в осенне-зимний период 2016 г. / Ю. В. Артамонов [и др.] // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. 2018. № 1. С. 32–43. EDN XQZIGD. <https://doi.org/10.22449/2413-5577-2018-1-32-43>
10. Циркуляция вод в северной части Черного моря летом – зимой 2018 года / Ю. В. Артамонов [и др.] // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. 2020. № 1. С. 69–90. EDN CIHJZC. <https://doi.org/10.22449/2413-5577-2020-1-69-90>
11. *Климова Т. Н., Вдодович И. В., Аннинский Б. Е.* Ихтиопланктон в планктонном сообществе западного сектора Черного моря в октябре 2005 г. // Вопросы ихтиологии. 2010. Т. 50, № 3. С. 349–355. EDN MSQOEZ.
12. Влияние некоторых абиотических и биотических факторов на нерест европейского шпрота *Sprattus sprattus* (Linnaeus, 1758) в Черном море в ноябре 2016–2017 гг. / Т. Н. Климова [и др.] // Океанология. 2021. Т. 61, № 1. С. 67–78. EDN YEQEHK. <http://doi.org/10.31857/S0030157421010081>
13. Состояние ихтио-, мезо- и макропланктонных комплексов у Крымского полуострова (Черное море) в связи с особенностями гидрологического режима в октябре

- 2016 г. / Т. Н. Климова [и др.] // Морской биологический журнал. 2023. Т. 8, № 2. С. 55–73. EDN GUZSBZ.
14. Аннинский Б. Е., Финенко Г. А., Дацык Н. А. Межгодовая популяционная динамика гребневика *Beroe ovata* Bruguière, 1789 на внешнем шельфе Севастопольской бухты Чёрного моря // Российский журнал биологических инвазий. 2023. Т. 16, № 1. С. 16–30. EDN HRUBKB. <http://doi.org/10.35885/1996-1499-16-1-16-30>
 15. Троценко О. А., Субботин А. А. Гидрологические особенности / Биология Черного моря у берегов Юго-Восточного Крыма. Симферополь : ИТ «Ариал», 2018. С. 46–59.
 16. Белокопытов В. Н. Сезонный ход вертикальной термохалинной стратификации вод на Черноморском шельфе Крыма // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. 2019. № 3. С. 19–24. EDN ASAMOV. <https://doi.org/10.22449/2413-5577-2019-3-19-24>
 17. Белокопытов В. Н., Никольский Н. В. Устойчивые антициклонические вихри у южного и западного побережья Крыма // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. 2015. № 1. С. 47–53. EDN VHGRAN.
 18. Формирование прибрежного течения в Черном море из-за пространственно-неоднородного ветрового воздействия на верхний квазиоднородный слой / А. Г. Зацепин [и др.] // Океанология. 2008. Т. 48, № 2. С. 176–192. EDN IJKJEJ.
 19. Иванов В. А., Белокопытов В. Н. Океанография Черного моря. Севастополь : МГИ НАН Украины, 2011. 212 с.
 20. Ихтиопланктон северной части Черного моря в условиях пролонгирования летнего гидрологического сезона 2020 г. / Т. Н. Климова [и др.] // Биология внутренних вод. 2024. Т. 17, № 1. С. 205–216. EDN YYWORE. <https://doi.org/10.31857/S0320965224010177>

Поступила 12.02.2025 г.; одобрена после рецензирования 05.06.2025 г.;
принята к публикации 17.09.2025 г.; опубликована 30.12.2025 г.

Об авторах:

Климова Татьяна Николаевна, старший научный сотрудник, Институт биологии южных морей им. А. О. Ковалевского РАН (299011, Россия, г. Севастополь, пр. Нахимова, д. 2), кандидат биологических наук, ORCID ID: 0000-0002-4446-4646, Scopus Author ID: 7006082947, SPIN-код: 6735-8881, tnklim@ibss-ras.ru

Субботин Александр Анатольевич, старший научный сотрудник, Институт биологии южных морей им. А. О. Ковалевского РАН (299011, Россия, г. Севастополь, пр. Нахимова, д. 2), кандидат географических наук, ORCID ID: 0000-0002-4241-7459, Scopus Author ID: 7005348588, ResearcherID: AAC-8689-2022, SPIN-код: 6345-9982, subbotin@ibss-ras.ru

Аннинский Борис Евгеньевич, ведущий научный сотрудник, Институт биологии южных морей им. А. О. Ковалевского РАН (299011, Россия, г. Севастополь, пр. Нахимова, д. 2), кандидат биологических наук, ORCID ID: 0000-0001-9614-9392, Scopus Author ID: 6507371085, anninsky_be@ibss-ras.ru

Вдодович Ирина Вячеславовна, старший научный сотрудник, Институт биологии южных морей им. А. О. Ковалевского РАН (299011, Россия, г. Севастополь, пр. Нахимова, д. 2), кандидат биологических наук, ORCID ID: 0000-0001-9514-8195, Scopus Author ID: 17347145500, SPIN-код: 2535-2080, irinavdodovich@ibss-ras.ru

Забродин Дмитрий Александрович, ведущий инженер, Институт биологии южных морей им. А. О. Ковалевского РАН (299011, Россия, г. Севастополь, пр. Нахимова, д. 2), **ORCID ID: 0000-0001-8986-2237**, **Scopus Author ID: 58945582600**, zabrodin@ibss-ras.ru

Петрова Татьяна Николаевна, младший научный сотрудник, Карадагская научная станция им. Т. И. Вяземского – природный заповедник РАН – филиал Федерального исследовательского центра «Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН» (298188, Республика Крым, г. Феодосия, пгт Курортное, ул. Науки, д. 24 е), **ORCID ID: 0009-0002-4750-1171**, **SPIN-код: 9659-4575**, tanysha_07011977@mail.ru

Дацык Наталья Александровна, младший научный сотрудник, Институт биологии южных морей им. А. О. Ковалевского РАН (299011, Россия, г. Севастополь, пр. Нахимова, д. 2), **ORCID ID: 0000-0002-8113-8786**, **Scopus AuthorID: 55612375600**, **ResearcherID: JPL-4910-2023**, **SPIN-код: 8801-9914**, dacikn@ibss-ras.ru

Заявленный вклад авторов

Климова Татьяна Николаевна – постановка проблемы исследования, анализ ихтиопланктонных данных, подготовка графических материалов, редактирование рукописи, анализ и обсуждение результатов, формулирование выводов

Субботин Александр Анатольевич – постановка задачи исследования, анализ результатов гидрологических данных и их интерпретация, подготовка графических материалов, редактирование рукописи, анализ и обсуждение результатов, формулирование выводов

Аннинский Борис Евгеньевич – постановка задачи исследования, анализ данных о мезопланктоне и желетелом макропланктоне, подготовка текста статьи и графических материалов, редактирование рукописи, анализ и обсуждение результатов, формулирование выводов

Вдодович Ирина Вячеславовна – анализ данных о питании личинок и молоди рыб, подготовка текста статьи, редактирование рукописи, анализ и обсуждение результатов

Забродин Дмитрий Александрович – анализ данных об ихтиопланктоне, подготовка графических материалов, редактирование рукописи

Петрова Татьяна Николаевна – анализ данных об ихтиопланктоне, редактирование рукописи

Дацык Наталья Александровна – анализ данных о мезопланктоне и желетелом макропланктоне, редактирование рукописи

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.