

**ИХТИОПЛАНКТОН АЗОВСКОГО МОРЯ В РАЗЛИЧНЫЕ СЕЗОНЫ 2014–2020 гг. \*****Климова Т. Н., Субботин А. А.***ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН»,  
г. Севастополь, Российская Федерация,  
e-mail: [tnklim@ibss-ras.ru](mailto:tnklim@ibss-ras.ru)*

**Аннотация:** В связи с потеплением климата, в мелководном бассейне Азовского моря в последние годы произошло повышение солёности с 11 до 15 ‰, что привело к постепенной замене солоноватоводной фауны на морскую. В период с 2014 по 2020 г. в акватории Азовского моря был идентифицирован ихтиопланктон 13 видов рыб из 11 семейств, 12 из них относятся к морским видам, которые обычно размножаются в Чёрном море в весенне-летний гидрологический сезон. Резкое повышение температуры воды в мелководном Азовском море в конце июня, превышающее оптимальные показатели для нереста тепловодных видов рыб, ограничило их нерестовый сезон до двух месяцев.

**Ключевые слова:** ихтиопланктон, сезонная изменчивость, нерест, численность, выживание, Азовское море

**Введение**

Для континентального Азовского моря — внутреннего опреснённого водоёма Атлантического океана, мелководного, с пологими невысокими береговыми склонами, являющегося, по сути, большим заливом или лагуной с ограниченным водообменом, характерна значительная сезонная и межгодовая изменчивость водного баланса и пространственная неоднородность термохалинных характеристик [Гидрометеорологические условия ... , 2009]. В этих условиях основными лимитирующими факторами среды, определяющими биологические процессы морских гидробионтов в трофологической цепи фитопланктон — зоопланктон — рыбы, являются температурный режим и солёность морской воды [Гершанович, Муромцев, 1982].

С середины 1990-х гг. в Азовском море происходят существенные изменения гидрологического режима. В период с 1994 по 2016 г. отмечена устойчивая тенденция роста среднегодовых значений температуры воды как для моря в целом, так и для его отдельных акваторий [Бердников, Дашкевич, Кулыгин, 2019]. Средняя температура воды увеличилась с 10,8 °С в 1994 г. до 12,0–13,5 °С в 2010–2016 гг. В межгодовом ходе среднемесячных температур поверхностных вод в летние месяцы выделяются два периода: первый (1992–2004 гг.) с относительно большим диапазоном межгодовой изменчивости (22,0–27,0 °С), второй (2005–2021 гг.) — с более узким (25,0–27,0 °С) [Кочергин, 2023].

В динамике среднегодовых значений солёности вод Азовского моря (за исключением прибрежных районов и заливов) в тот же период отмечаются два интервала: опреснение (1976–2006 гг.) с тенденцией понижения солёности с 13,7 до 9,6–10,0 ‰ и осолонение (2000–2016 гг.) с тенденцией повышения солёности до 14,5 ‰ в 2016 г. [Бердников, Дашкевич, Кулыгин, 2019]. Средние значения солёности поверхностных вод собственно Азовского моря в летний период изменялись в тех же временных интервалах: плавно уменьшались с 10,8–11,2 ‰ в 1994–1995 гг. до 9,0–9,2 ‰ в 2006 г., а с 2007 по 2021 г. устойчиво повышались до 15,6 ‰ [Кочергин, 2023].

\*Работа выполнена по темам госзаданий: «Биоразнообразие как основа устойчивого функционирования морских экосистем, критерии и научные принципы его сохранения», регистрационный номер 124022400148-4 (FNNZ-2024-0027) и «Комплексное исследование механизмов функционирования морских биотехнологических комплексов с целью получения биологически активных веществ из гидробионтов», регистрационный номер 124022400152-1 (FNNZ-2024-0032).

Если внутригодовая изменчивость температуры воды в первую очередь регулирует параметры гидрологических сезонов, а следовательно, и биологические циклы различных гидробионтов (прежде всего фенологию нереста), то солёность воды в значительной мере определяет разнообразие гидробионтов в экосистеме Азовского моря. В ихтиофауне Азовского моря произошли существенные изменения — резко снизилось число видов солоноватоводных рыб и возросло число видов морских рыб. Одновременно произошла смена представителей солоноватоводного зоопланктона на морской, в том числе на средиземноморских вселенцев, которые размножаются при более высоких показателях температуры воды. Снизилась эффективность нереста массовых промысловых видов из-за несовпадения сроков выклева личинок с массовым развитием кормового зоопланктона. Кроме того, в Азовское море вселились представители черноморского железетелого макропланктона (медузы и гребневики) — конкуренты в питании планктоноядных видов рыб [Надолинский, Надолинский, 2018; Юнева, Никольский, Булли, 2020]. По данным [Бердников, Дашкевич, Кулыгин, 2019], происходит переход экосистемы Азовского моря в новое, ранее не отмечавшееся состояние.

Показателем адаптации морских рыб к новым условиям обитания в Азовском море может служить видовой состав, численность и выживание ихтиопланктона.

Цель исследования: изучение численности, видового состава и выживания ихтиопланктона в разные сезоны 2014–2020 гг. на фоне осолонения Азовского моря.

### Материал и методы

Ихтиопланктон собирали в Азовском море в двух экспедициях НИС ЮжНЦ «Денеб» (июнь 2014 г.) и РС «Илия» (июнь 2019 г.) на всей акватории Азовского моря, а в 9 экспедициях НИС «Профессор Водяницкий», выполненных с 2016 по 2020 г. в апреле, мае, июне, июле, сентябре, октябре и декабре, — в юго-восточной части Азовского моря. Сбор проб осуществляли в режиме вертикальных ловов ихтиопланктонной сетью ИКС-80 (площадь входного отверстия 0,5 м<sup>2</sup>, ячей сита 400 мкм) и сетью Джели (площадь входного отверстия 0,1 м<sup>2</sup>, ячей сита 150 мкм). Вертикальные ловы выполнялись от дна до поверхности. Ихтиопланктон фиксировали 4%-ным раствором формальдегида и обрабатывали в стационарных условиях в течение месяца после сбора. Идентификацию ихтиопланктона проводили по монографии [Дехник, 1973]. Численность ихтиопланктона представлена по данным сети ИКС-80 в экз./м<sup>2</sup>. Видовые названия гидробионтов даны по WoRMS [World Register ... ].

Для анализа гидрологического режима в период исследований использовались данные вертикальных зондирований толщи вод гидролого-гидробиологическими комплексами Sea-Bird 911 Plus и Indronaut Os 320 Plus, космические снимки температуры поверхности моря (ТПМ) и расчётные карты направления и скорости ветра [Пополняемый архив карт ... ].

### Результаты исследований

Из 11 экспедиций, выполненных в период с 2014 по 2020 г. в акватории Азовского моря, ихтиопланктон был отмечен в апреле 2017 г., мае 2019 г., июне 2014, 2019 и 2020 гг., июле 2017 и 2019 гг. и в сентябре 2019 г. (рис. 1).

В период ихтиопланктонных исследований в Азовском море в 2014–2020 гг. были идентифицированы икра и личинки 13 видов рыб из 11 семейств. Из них 7 видов были отмечены [Майский, 1955] в период 1931–1952 гг. и 11 видов встречались с 1993 по 2017 г. [Надолинский, Надолинский, 2018]. Все виды икры и личинок рыб, кроме икры камбалы-ромба *Scophthalmus rhombus* (Linnaeus, 1758), были одновременно идентифицированы и в Чёрном море. В весенний сезон в черноморском ихтиопланктоне встречается другой представитель семейства Scophthalmidae — камбала-калкан *Scophthalmus maeoticus* (Pallas, 1814) (см. табл. 1).

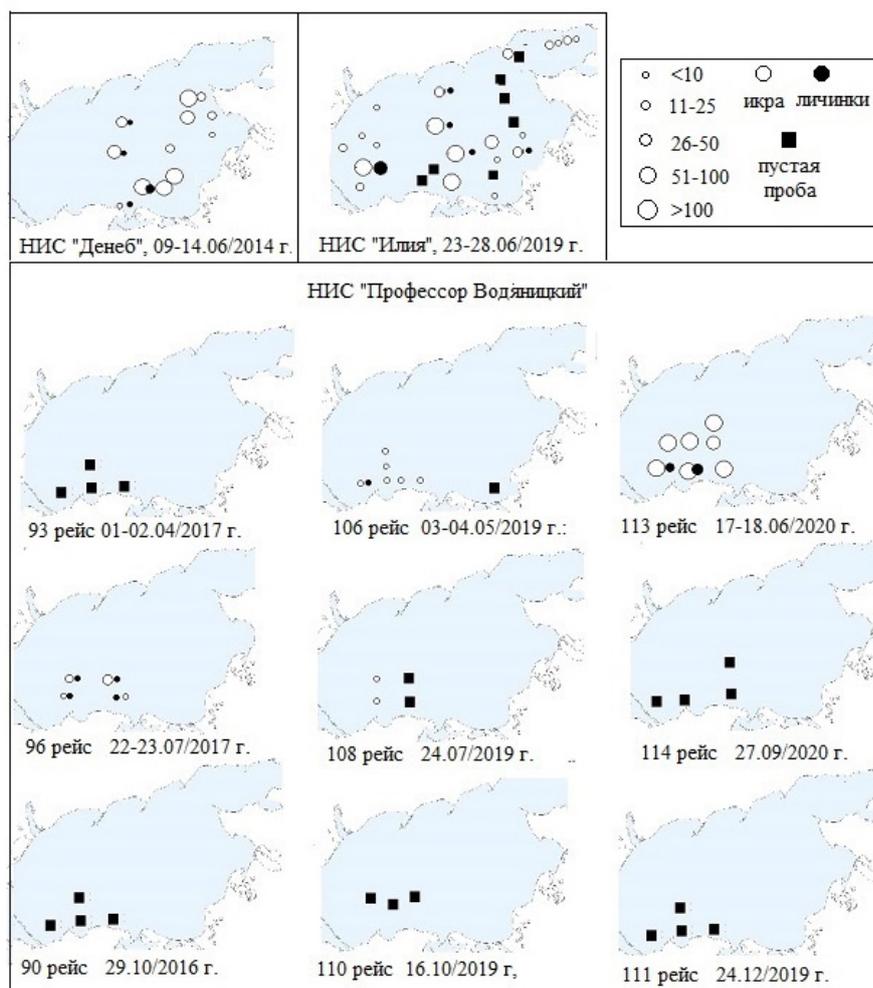


Рис. 1. Карты-схемы пространственного распределения иктиопланктона (экз./м<sup>2</sup>) в акватории Азовского моря в 2014–2020 гг.

Таблица 1  
Таксономический состав иктиопланктона, собранного в Азовском море в период 2014–2020 гг.

Таксономического состав	2014–2020 гг.	*1931–1952 гг.	**2006–2017 гг.
<b>Family: Engraulidae</b> Хамса <i>Engraulis encrasicolus</i> Linnaeus, 1758	+	+	+
<b>Family: Clupeidae</b> Тюлька <i>Clupeonella cultriventris</i> (Nordmann, 1840)	+	только опреснённый Таганрогский залив	+
<b>Family: Gasterosteidae</b> Трехиглая колюшка <i>Gasterosteus aculeatus</i> Linnaeus, 1758	+	+	+
<b>Family: Atherinidae</b> Черноморская атериана <i>Atherina boyeri</i> Risso, 1810	+	кроме опреснённого Таганрогского залива	+
<b>Family: Syngnathidae</b> Шиповатая игла-рыба <i>Syngnathus schmidti</i> Попов, 1927	+	только при макси- мальной солёности	+
<b>Family: Callionymidae</b> Морская мышка <i>Callionymus sp.</i>	+	–	–

Продолжение на следующей странице...

Таксономического состав	2014–2020 гг.	*1931–1952 гг.	**2006–2017 гг.
<b>Family: Gobiidae</b>			
Бычок чёрный <i>Gobius niger</i> Linnaeus, 1758	+	–	–
Бубырь мраморный <i>Pomatoschistus marmoratus</i> (Risso, 1810)	+	+	+
Бычок длиннохвостый <i>Knipowitschia longicaudata</i> (Berg, 1916)	+	+	+
<b>Family: Mugilidae</b>			
Пиленгас <i>Planiliza haematocheila</i> (Temminck & Schlegel, 1845)	+	–	+
<b>Family: Carangidae</b>			
Ставрида <i>Trachurus mediterraneus</i> (Steindachner, 1868)	+	сезонные миграции	+
<b>Family: Sparidae</b>			
Морской карась <i>Diplodus annularis</i> (Linnaeus, 1758)	+	–	–
<b>Family: Scophthalmidae</b>			
Камбала-ромб <i>Scophthalmus rhombus</i> (Linnaeus, 1758)	+	+	+

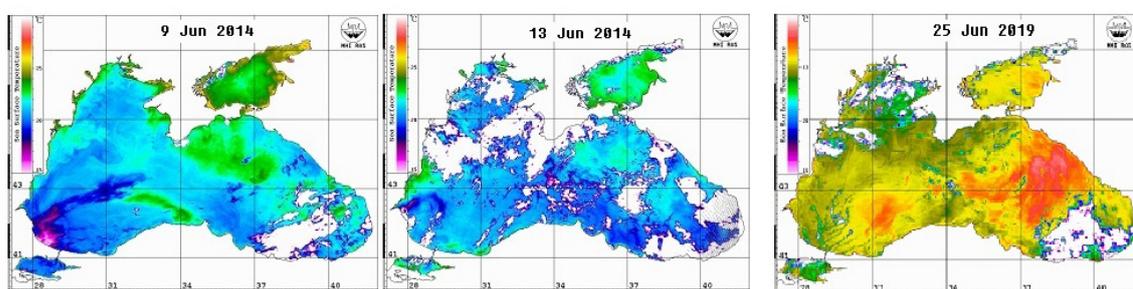
**Примечание:** \* Майский, 1955; \*\*Надолинский, Надолинский, 2018

Наиболее многочисленным видом в ихтиопланктоне является хамса *Engraulis encrasicolus* Linnaeus, 1758, размножение которой происходит при солёности от 7 до 19 ‰. В Азовском море в период 1931–1952 гг. она нерестилась с мая до конца августа, в 2014–2020 гг. — только с мая по июль. Личинки таких видов, как тюлька *Clupeonella cultriventris* (Nordmann, 1840), трехгловая колюшка *Gasterosteus aculeatus* Linnaeus, 1758 и бычок длиннохвостый *Knipowitschia longicaudata* (Berg, 1916), относятся к эвригалинным видам и размножаются как в прибрежной акватории Чёрного моря, в зоне влияния пресноводных источников, так и в солоноватоводном Азовском море. Черноморская атерина *Atherina boyeri* Risso, 1810 — в 1931–1952 гг. вторая по численности после хамсы морская рыба в Азовском море — размножалась в прибрежных акваториях моря (за исключением восточного приустьевых района Таганрогского залива) при различных диапазонах солёности. Единственным ограничением её нереста являлся недостаток подводной растительности, к которой прикрепляется икра [Майский, 1955]. Пиленгас *Planiliza haematocheila* (Temminck & Schlegel, 1845) был успешно акклиматизирован в Азовском море во второй половине XX века, а с начала 1990-х встречается в ихтиопланктоне как Азовского, так и Чёрного морей. Личинки и молодь пелагической шиповатой иглы-рыбы *Syngnathus schmidtii* Popov, 1927 в Азовском море не встречаются только в опреснённой зоне. Ставрида *Trachurus mediterraneus* (Steindachner, 1868) относится к морским рыбам и совершает регулярные сезонные миграции в Азовское море. В ихтиопланктоне в 1931–1952 гг. она встречалась редко. Такие морские виды, как ласкирь *Diplodus annularis* (Linnaeus, 1758), бычок чёрный *Gobius niger* Linnaeus, 1758 и морская мышка *Callionymus sp.*, в ихтиопланктоне Азовского моря ранее не встречались.

Изменения основных характеристик гидрологического режима отразились на параметрах гидрологических сезонов, особенно с 2005–2007 по 2017–2020 гг. По данным анализа межгодового хода температуры воды на береговых пунктах за период 1923–2007 гг. [Гидрометеорологические условия ... , 2009] выделены временные интервалы и характерные значения среднемесячной температуры в пределах различных гидрологических сезонов: зимний гидрологический сезон (ЗГС, декабрь — март) с минимальными значениями температуры от –0,1...+0,3 °С на севере моря до 0,9–1,9 °С в южной его части; весенний гидрологический сезон (ВГС, апрель — июнь) с ростом температуры от 8,0–10,0 °С в апреле до 13,5–15,5 °С в мае и 20,0–22,0 °С в июне; летний гидрологический сезон (ЛГС, июль — август) со средними значениями температуры 23,0–25,0 °С и их повышением в отдельные годы (особенно в период с середины 1990-х гг. до 2007 г.) до 27,0–28,5 °С;

осенний гидрологический сезон (ОГС, сентябрь — ноябрь) с понижением температуры воды с 19,0–20,6 °С в сентябре до 8,0–10,5 °С в ноябре. Июнь и сентябрь, вследствие максимальных межгодовых колебаний температуры, являются «переходными» от ВГС к ЛГС и от ЛГС к ОГС соответственно.

В 2014 г. ихтиопланктон собирали в экспедиции НИС ЮжНЦ «Денеб» с 9 по 14 июня на 12 станциях [Матишов и др., 2015] (рис. 1). Погодные условия над Азовским морем весь май до начала съёмки были сложными, с активной циклонической деятельностью. Поступление тёплых воздушных масс обеспечило прогрев верхнего слоя моря с 12–13 °С в начале мая до 20–21 °С в конце месяца. В период съёмки вся толща вод прогрелась от 22,5 до 24 °С, что соответствовало начальной фазе ЛГС (рис. 2). Поверхностная солёность изменялась от 11,47 ‰ на западе Таганрогского залива до 13,01 ‰ в Керченской предпроливной зоне.



**Рис. 2.** Спутниковые карты распределения ТПМ во время ихтиопланктонной съёмки на НИС «Денеб» 09.06.2014 и 13.06.2014 г. и на РС «Илия» 25.06.2019 г. [Пополняемый архив карт ...]

В районе исследований наблюдался нерест хамсы (рис. 1). Однако результативным нерест был только на четырёх станциях в центральной, юго-восточной и прикерченской зонах. Средняя численность икры и личинок была 72,5 и 2,2 экз./м<sup>2</sup> соответственно. Эффективность нереста составляла 3,03 %. Сравнительно низкая эффективность нереста хамсы, вероятно, связана как с неблагоприятными погодными условиями, так и с изменением солёности Азовского моря [Надолинский, Надолинский, 2018]. Максимальная численность икры (212 экз./м<sup>2</sup>) и личинок (20 экз./м<sup>2</sup>) наблюдалась на двух станциях в юго-восточном районе исследований. Доля погибшей икры в пробах колебалась от 33 до 100 % и в среднем составляла 79 %. Наибольшая доля мёртвой икры (94–100 %) отмечена на прибрежных станциях, выполненных вдоль восточного побережья Азовского моря, а наименьшая (33 %) — в Керченском проливе. При этом 76 % икринок были с аномалиями развития (сжатие и разрушение желтка, искривление эмбриона) на поздних (IV и V) этапах развития. Обычно гибель икры на последних этапах развития связана с неблагоприятными погодными условиями [Климова и др., 2024; Klimova et al., 2022] либо с загрязнением среды [Westernhagen, 1988]. В начале съёмки (09.06–10.06) погодные условия были благоприятны для массового нереста хамсы. С 11 по 13 июня над всей исследуемой акваторией наблюдалось усиление западных и северо-западных ветров с 6–8 до 10–12 м/с и, соответственно, ветрового волнения. Это, вероятно, негативно влияло на выживание икры [Костюченко, 1973; Кошелев, 1984]. В Чёрном море усиление ветрового волнения с 1–2 до 3–4 баллов приводило к увеличению смертности икры хамсы на поздних стадиях развития с 58–60 до 70–77 % [Klimova et al., 2024].

Если выживание икры рыб в период нереста в основном зависит от температуры воды в период развития, то выживание личинок — от обеспеченности их пищей и определяется совпадением сроков результативного нереста с максимумом развития кормового зоопланктона [Дехник, 1973; Павловская, 1964]. Ихтиопланктонная съёмка началась к югу от Таганрогского залива,

в северо-восточной части акватории исследований, при температуре воды 22,0–22,5 °С (рис. 2). Здесь обитали в основном морские формы зоопланктона, массовое развитие которых начинается при температуре воды свыше 23 °С. Численность (23,8 экз./м<sup>3</sup>) и биомасса (112,9 мг/м<sup>3</sup>) кормового зоопланктона, мелкоразмерная фракция которого является основой рациона питания личинок рыб, были соответственно в 5 и в 3 раза ниже, чем в Таганрогском заливе, где доминировали солоноватоводные виды, размножение которых происходит при температуре около 22 °С [Матишов и др., 2015]. Ихтиопланктон был представлен только икрой хамсы, нерест был безрезультативным. По-видимому, личинки погибали при переходе на внешний тип питания (рис. 1).

В центральном и юго-восточном районах исследований ихтиопланктон собирали во второй декаде июня, когда температура воды уже превышала 23 °С и была благоприятной для массового развития морского кормового планктона (рис. 2). Здесь наблюдалась максимальная численность икры и личинок хамсы (рис. 1). Численность кормового зоопланктона здесь достигала 51,8 экз./м<sup>3</sup>, а биомасса — 313,9 мг/м<sup>3</sup>, причём мелкоразмерные фракции *Acartia tonsa*, которая доминировала в рационе питания хамсы, составляли от 92 до 98 % [Матишов и др., 2015].

В период с 22 по 28 июня 2019 г. ихтиопланктон собирали с борта РС «Илия» на всей акватории моря при благоприятных метеоусловиях. Температура поверхности воды в море изменялась в диапазоне 25–26 °С и соответствовала развитому ЛГС (рис. 2).

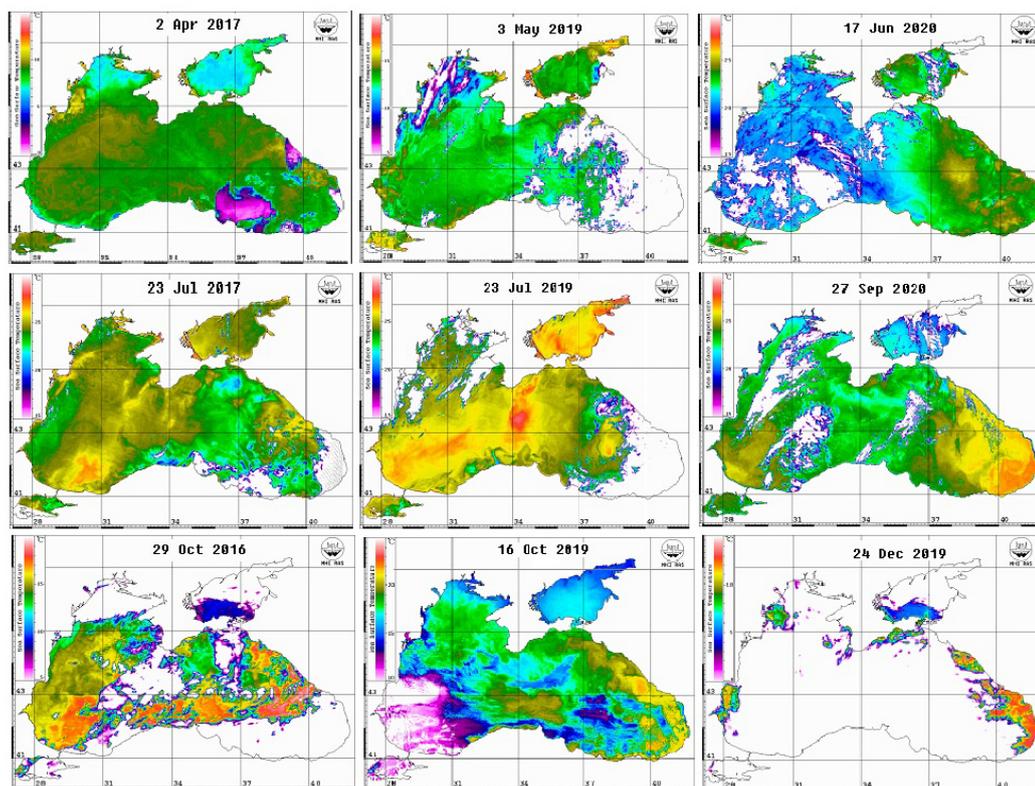
В пробах идентифицированы икра и личинки хамсы, морского карася и пиленгаса, а также личинки и молодь тюльки, черноморской атерины и бычка длиннохвостого. Средняя численность икры составляла 101,5 экз./м<sup>2</sup>, личинок — 6,6 экз./м<sup>2</sup>, доминировали икра (92 %) и личинки (79 %) хамсы. Средняя численность икры хамсы составляла 94,1 экз./м<sup>2</sup>, личинок — 5,2 экз./м<sup>2</sup>. Максимальная численность икры (1020 экз./м<sup>2</sup>) и личинок (60 экз./м<sup>2</sup>) хамсы наблюдалась северо-восточнее Керченского пролива (рис. 1). Эти величины были значительно выше, чем в июне 2014 г. Эффективность нереста хамсы составляла 5,5 %. В июне 2019 г., по сравнению с 2014 г., было отмечено снижение почти вдвое доли мёртвой икры и одновременно увеличение доли живой икры на последних этапах развития, что свидетельствовало о благоприятных условиях для эмбрионального развития. Кроме того, температура воды в море уже была благоприятной для массового развития черноморского зоопланктона, что сопровождалось высокой численностью его мелкоразмерной фракции на всей акватории моря.

Гидрологический режим юго-западной части Азовского моря, вследствие близости к Керченскому проливу, имеет свои региональные особенности. На общем фоне внутригодовой динамики термических процессов вследствие влияния адвекции черноморских вод в пределах ОГС и ЗГС, среднемесячная температура воды здесь выше, чем в остальных районах моря. В период ВГС и в начальной фазе ЛГС черноморские воды в предпроливной зоне оказывают охлаждающий эффект. В отдельные годы, в период холодных и аномально холодных зим с активным льдообразованием, в апреле здесь происходит таяние льда, перераспределяемого в конце зимы в этот район ветровым дрейфом. Солёность вод юго-западного района в наибольшей степени подвержена влиянию черноморских вод и имеет наименьший диапазон внутригодовой изменчивости [Гидрометеорологические условия ... , 2009; Современные гидрометеорологические условия ... , 2019].

Исследования ихтиопланктона Азовского моря, проведённые ФИЦ ИнБЮМ с 2016 по 2020 г., ограничивались исключительно юго-западной частью Азовского моря у Керченского полуострова (рис. 1). Икра и личинки рыб были отмечены в 96, 106, 108 и 113-м рейсах НИС «Профессор Водяницкий».

Весной ихтиопланктон в Азовском море собирали 01–02 апреля 2017 г. (93-й рейс НИС «Профессор Водяницкий») (рис. 1). Период съёмки соответствовал заключительной фазе ЗГС после холодной зимы 2016–2017 гг. Температура воды в Азовском море колебалась от 6,19 до 7,78 °С

при диапазоне изменчивости солёности от 14,09 до 14,50 ‰. Активный прогрев верхнего слоя моря начался только во второй декаде апреля, а к концу месяца ТПМ повысилась до 11,0–11,5 °С и соответствовала началу ВГС. Нерестовый сезон в Азовском море обычно начинается при повышении температуры воды выше 8–9 °С. При температуре 8 °С начинает нерест камбалы-ромб, остальные виды нерестятся при более высокой температуре. Температура воды в море в среднем составляла всего 7 °С и была ниже оптимальной для начала нереста (рис. 3).



**Рис. 3.** Спутниковые карты распределения ТПМ в период ихтиопланктонных съёмок на НИС «Профессор Водяницкий» [Пополняемый архив карт ... ] 2.04.2017 (93-й рейс), 3.05.2019 (106-й рейс), 17.06.2020 (113-й рейс), 23.07.2017 (96-й рейс), 23.07.2019 (108-й рейс), 27.09.2020 (114-й рейс), 29.10.2016 (90-й рейс), 16.10.2019 (110-й рейс), 24.12.2019 (111-й рейс)

В период с 1 по 4 мая 2019 г. (106-й рейс НИС «Профессор Водяницкий») в Азовском море ихтиопланктон собирали на 6 ихтиопланктонных станциях. Температура поверхности воды в период съёмки составляла 13,5–14,5 °С и соответствовала начальной фазе ВГС после интенсивного прогрева верхнего слоя моря в заключительной фазе ЗГС с 9,0–9,5 °С в начале третьей декады апреля до 11,0–11,5 °С в конце месяца (рис. 3).

Видовой состав и средняя численность ихтиопланктона были типичными для ВГС и представлены только теплолюбивыми видами рыб: икрой хамсы и камбалы-ромба, а также одной личинкой бычка-бубыря мраморного *Pomatoschistus marmoratus* (Risso, 1810) (табл. 1, рис. 1). Средняя численность икры составляла 3,34 экз./м<sup>2</sup>, доминировала икра камбалы-ромба (80 % от общей численности). Хамса только начинала свой нерестовый сезон, её икра была отмечена на одной станции, а численность не превышала 4,0 экз./м<sup>2</sup>.

В период 17–18 июня 2020 г. (113-й рейсе НИС «Профессор Водяницкий») в юго-западной части Азовского моря температура воды на исследуемой акватории составляла 22,5–23,0 °С и соответствовала начальной фазе ЛГС, запоздавшей в результате активной циклонической

деятельности в первой декаде июня (рис. 3). Ихтиопланктон собирали на 7 станциях, и он был представлен только 3 видами тепловодных рыб (рис. 1). Средняя численность икры хамсы в июне 2020 г. составляла 462,9 экз./м<sup>2</sup>, личинок — 7,7 экз./м<sup>2</sup>. Максимальная численность икры достигала 1242 экз./м<sup>2</sup>, личинок — 30 экз./м<sup>2</sup> [Podrezova et al., 2024]. Однако эффективность нереста хамсы была в 3,4 раза ниже, чем в июне 2019 г., и составляла всего 1,6 % (рис. 1). Такая низкая эффективность нереста хамсы, вероятно, связана с отсутствием мелкоразмерной фракции кормового зоопланктона в море, так как массовое развитие кормового планктона только начиналось. Кроме того, в Азовском море возросла численность желетелого макропланктона — конкурента в питании личинок рыб [Бердников, Дашкевич, Кулыгин, 2019; Надолинский, Надолинский, 2018; Юнева, Никольский, Булли, 2020]. Это подтверждалось присутствием в пробах личинок хамсы только на желточном типе питания. Личинки шиповатой иглы-рыбы и икра морской мышки *Callionymus sp.* отмечались единично. В Чёрном море её икра и личинки обычно встречались при значительном колебании солёности от Одесского залива до Керченской предпроливной зоны, однако в Азовском море она не встречалась [Дехник, 1973]. Возможно, в Азовское море икра мышки была занесена с черноморскими водами через Керченский пролив при усилении ветров южных румбов, кроме того, благоприятным фактором для миграции морской мышки в Азовское море через Керченский пролив является повышение солёности до 15 ‰.

22–23 июля 2017 г. (96-й рейс НИС «Профессор Водяницкий») в Азовском море ихтиопланктон собирали на 5 станциях (рис. 1). Температура воды в море уже достигала пределов для нереста тепловодных видов рыб (26 °С). Период съёмки соответствовал фазе развитого ЛГС с прогревом толщи вод от 24,5 °С в предпроливной зоне до 26,1 °С на северной станции (рис. 3). Солёность поверхностных вод изменялась от 14,19 ‰ на западной станции до 14,37 ‰ в предпроливной зоне и 14,34 ‰ на северной станции. На мелководной прибрежной станции (глубина 9 м) ихтиопланктон отсутствовал. В остальных пробах были идентифицированы икра и личинки хамсы, личинки корюшки и бычка чёрного. Средняя численность икры составляла 14,4 экз./м<sup>2</sup>, личинок — 1,2 экз./м<sup>2</sup>.

24.07.2019 г. (108-й рейс НИС «Профессор Водяницкий») съёмка выполнялась в фазе развитого ЛГС. Температура поверхности воды в районе исследований составляла 26,5 °С и являлась критичной для результативного нереста хамсы, а массовое развитие желетелого макропланктона (конкурента в питании личинок и мелких пелагофильных рыб) в Азовском море не способствовало выживанию личинок. Икра хамсы была встречена только на двух из четырёх выполненных станций, её средняя численность не превышала 3,0 экз./м<sup>2</sup>, личинки в пробах отсутствовали (рис. 1, 3). Вероятно, морские виды рыб мигрировали в Чёрное море. Так, у берегов Северного Кавказа, в районе Анапы, в тот же период исследований при температуре воды 24–25 °С нерестились 14 видов тепловодных рыб, в том числе хамса и тюлька, средняя численность икры составляла 89 экз./м<sup>2</sup>, личинок — 32 экз./м<sup>2</sup>, а максимальная численность достигала 330 и 148 экз./м<sup>2</sup> соответственно. Доминировала хамса, доля её икры превышала 90 %, а доля личинок — 74 % [Klimova et al., 2024].

В сентябре как в Азовском, так и в Чёрном морях нерестовый сезон теплолюбивых видов рыб обычно заканчивается [Дехник, 1973]. В сентябре 2020 г. в Чёрном море температура поверхности воды в море колебалась от 22,7 до 18 °С и соответствовала переходному периоду от ЛГС к ОГС. Благоприятные температурные условия способствовали пролонгированию размножения теплолюбивых видов рыб в Чёрном море [Климова и др., 2023; Климова и др., 2024]. Однако в Азовском море при ТПМ 21,5–22,0 °С в заключительной фазе ЛГС в сентябре 2020 г. (114-й рейс НИС «Профессор Водяницкий») ихтиопланктон отсутствовал (рис. 1, 3).

В 1950–70-х гг., в период стабильности экосистем Азово-Черноморского бассейна, в октябре ихтиопланктон был представлен в основном умеренноводными видами, икра и личинки тепловодных видов рыб встречались только единично [Дехник, 1973]. В первой и второй декадах октября 2016 г. в Чёрном море ещё нерестились 15 видов рыб (7 умеренноводных и 8 тепловодных), средняя численность икры составляла 2,92 экз./м<sup>2</sup>, а личинок — 3,56 экз./м<sup>2</sup>. Хотя в пробах доминировала икра умеренноводных видов, составляя 72 %, среди личинок преобладали тепловодные виды, составляя 78 % от общей численности. Ещё наблюдался результативный нерест хамсы. Доля её икры составляла 27 %, а личинок — 39,4 % [Климова и др., 2023; Климова и др., 2024]. В последней декаде октября 2016 г. (90-й рейс НИС «Профессор Водяницкий») нерест хамсы в Чёрном море уже прекратился. Ихтиопланктон был типичен для осеннего межсезонья, отмечены икра и личинки пяти видов умеренноводных рыб и по одному экземпляру икры и личинок двух видов тепловодных рыб. Наблюдался активный нерест умеренноводных рыб, средняя численность их икры составляла 6,5 экз./м<sup>2</sup>, а личинок — 0,4 экз./м<sup>2</sup>. В Азовском море ихтиопланктон собирали 29 октября 2016 г. при температуре воды от 7,6 до 9,0 °С, все четыре пробы были пустыми (рис. 1, 3).

В середине октября 2019 г. (110-й рейс НИС «Профессор Водяницкий») ихтиопланктонная съёмка выполнялась в период развития ОГС после резкого понижения температуры поверхности моря с 20,5–21,5 °С в конце второй декады сентября до 17–17,5 °С в конце месяца [Климова и др., 2024] (рис. 3). В Чёрном море ихтиопланктон был представлен 10 видами икры и личинок рыб (5 видов умеренноводных и 5 видов теплолюбивых рыб). Средняя численность икры составляла 1,07 экз./м<sup>2</sup>, а личинок и молоди — 0,75 экз./м<sup>2</sup>. Теплолюбивые виды уже заканчивали свой нерестовый сезон и были представлены только личинками, которые доминировали в пробах, составляя 69,3 % от общей численности всех видов. В Азовском море все ихтиопланктонные пробы были пустыми (рис. 1).

Ихтиопланктонные исследования в 111-м рейсе НИС «Профессор Водяницкий» (24.12.2019 г.) соответствовали ЗГС — периоду массового нереста умеренноводных видов рыб в Чёрном море. Однако в Азовском море температура воды уже понизилась до 5 °С, что превышало оптимальные показатели для нереста рыб и их обитания на ранних стадиях развития (рис. 1, 3).

## Обсуждение

Размножение тепловодных видов рыб в Азовском море начинается с повышения температуры воды в море (более 8 °С), когда нерестится камбала-ромб. Нерест остальных видов рыб начинается в мае с повышением температуры воды в море свыше 14 °С. Летний ихтиопланктон в период с 2014 до 2020 г. был представлен икрой и личинками 13 видов, обычных для шельфовых вод Чёрного моря. Нерест хамсы — массового промыслового вида рыб Азовского моря — в последние годы исследований наблюдается только в мае и июне. Максимальная численность её икры в ловах в июне возросла с 212 экз./м<sup>2</sup> в 2014 г. до 1020 и 1242 экз./м<sup>2</sup> в 2019 и 2020 гг. соответственно. При этом эффективность нереста хамсы в 2014 г. составляла 3,3 %, в 2019 г. возросла до 5,5 %, а в 2020 г. снизилась до 1,6 %. По-видимому, несовпадение сроков выклева личинок рыб и массового развития кормового зоопланктона привело к гибели личинок при переходе с желточного на смешанный тип питания в связи с отсутствием мелкоразмерной фракции в кормовом зоопланктоне [Павловская, 1964].

В Азовском море при повышении температуры воды выше оптимальных пределов для размножения (более 26 °С) и одновременного ухудшения кормовой базы при увеличении численности хищного желетелого макропланктона в летний нерестовый сезон, нерест тепловодных морских

рыб прекращается уже в июле и они мигрируют в Чёрное море [Юнева, Никольский, Булли, 2020]. Так, в третьей декаде июля 2019 г. численность икры не превышала 3,0 экз./м<sup>2</sup>, а личинки в пробах вообще отсутствовали. В тот же период в северо-восточной части Чёрного моря максимальная численность икры достигала 330 экз./м<sup>2</sup>, а личинок — 148 экз./м<sup>2</sup>. При благоприятном температурном режиме в Чёрном море массовый результирующий нерест тепловодных видов рыб продолжается с мая по октябрь [Климова и др., 2023; Климова и др., 2024].

С 2007 по 2018 г. солёность воды в Азовском море возросла с 11 до 15 ‰ и стала приближаться к её значениям в Чёрном море (17–18 ‰). Произошла смена солоноватоводных видов гидробионтов на морские, расширился видовой состав и возросла численность желетелого макропланктона — конкурента в питании рыб-планктонофагов [Надолинский, Надолинский, 2018; Юнева, Никольский, Булли, 2020]. Вселение и массовое развитие желетелого макропланктона из Чёрного моря не способствует выживанию рыб на ранних стадиях развития в Азовском море. За период с 2001 по 2020 г. ухудшились условия среды обитания солоноватоводных и полупроходных рыб, произошло изменение видовой структуры промысловых рыб в пользу морских. В Азовском море свыше 50 % промысловых рыб составляли полупроходные рыбы, которые являлись базовыми объектами рыболовства. Беспрецедентное сокращение объёма пресного стока в период 2006–2023 гг. негативно повлияло на условия их воспроизводства. В последние годы уловы промысловых рыб в Азовском море сократились вдвое и составляли около 20 тыс. тонн. В видовом составе азовоморского промысла существенно снизилась доля тюльки, пиленгаса, хамсы, возросла доля бычков и карася, а также доля морских рыб — кефали, барабули и ставриды [Балыкин, 2021]. Одновременно отмечено пополнение промысловых запасов массового промыслового вида — хамсы в Чёрном море за счёт азовоморской популяции [Шляхов и др., 2023]. Если в 2018 г. вылов черноморской хамсы (без прилова азовоморской) составлял всего 52 т, то в период с 2019 по 2021 г. вылов (с приловом азовоморской) возрос с 7038 до 8166 тонн.

В среднесрочной перспективе Азово-Черноморским филиалом ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ») были определены три сценария, развитие которых с определённой долей вероятности возможно в ближайшем будущем (до 2030 г.): реальный (солёность 14,5–16,5, средние показатели  $15,0 \pm 0,40$  ‰); пессимистичный (солёность 15,5–18,5 ‰, средние показатели  $17,3 \pm 0,40$  ‰) и оптимистичный (солёность 13,0–14,5 ‰, средние показатели  $14,3 \pm 0,22$  ‰) [Мирзоян и др., 2023]. По мнению авторов, до 2030 г. частичное восстановление численности полупроходных рыб до уровня их активной промысловой эксплуатации в среднесрочной перспективе возможно только при оптимистичном сценарии. Тем не менее солёность Азовского моря будет превышать значения, оптимальные для обитания молоди и половозрелых особей полупроходных рыб, поэтому их присутствие будет ограничено Таганрогским заливом.

### Заключение

В осенний и зимний гидрологические сезоны 2014–2020 гг. ихтиопланктон в Азовском море отсутствует. Нерест тепловодных видов рыб начинается с повышением температуры воды свыше 8 °С, когда нерестится камбала-ромб. Икра и личинки остальных тепловодных видов появляются в мае с повышением температуры воды свыше 14 °С.

Летний ихтиопланктон в период с 2014 до 2020 г. был представлен икрой и личинками 12 видов рыб, обычных для шельфовых вод Чёрного моря, и азовоморской камбалой-ромбом. Летний нерестовый сезон массовых промысловых рыб в Азовском море в последние годы продолжается всего два месяца (май — июнь), а быстрое повышение температуры воды в конце июня, несоответствие сроков выклева личинок рыб и массового развития кормового зоопланктона, а также высокая численность желетелого макропланктона (конкурента в питании личинок рыб) снижает эффективность нереста.

Максимальная эффективность нереста массового промыслового вида — хамсы наблюдалась в июне 2019 г. и составляла 5,5 %, когда численность икры восточнее Керченского пролива достигала 1020 экз./м<sup>2</sup>. В июне 2020 г. при максимальной численности икры 1242 экз./м<sup>2</sup> эффективность нереста снизилась до 1,6 %. Низкая эффективность нереста, вероятно, связана с обеднением кормовой базы личинок рыб в связи с массовым развитием морского желетелого макропланктона.

В конце июня — начале июля при повышении температуры воды в мелководном Азовском море более 26 °С нерест практически завершается, а тепловодные виды рыб мигрируют в Чёрное море, где при благоприятной температуре нерестятся вплоть до октября. В июле 2019 г. численность икры не превышала 3,0 экз./м<sup>2</sup>, а личинки в пробах отсутствовали, в то время как в северо-восточной части Чёрного моря численность икры и личинок превышала 300 и 148 экз./м<sup>2</sup> соответственно.

В связи с нестабильными гидрологическими условиями в Азовском море в период климатических изменений, продолжающихся с середины 1990-х годов, для изучения процесса адаптации гидробионтов к новым условиям обитания и анализа возможных изменений в экосистеме Азовского моря необходимо проводить регулярные комплексные мониторинговые гидролого-гидробиологические исследования на всей акватории моря в различные гидрологические сезоны.

### Список литературы

1. Балькин П. А. Изменение видового состава российских уловов в Черном и Азовском морях в XXI в. // Вопросы рыболовства. – 2021. – Т. 22, № 3. – С. 51–60. – <https://doi.org/10.36038/0234-2774-2021-22-3-51-60>
2. Бердников С. В., Дашкевич Л. В., Кулыгин В. В. Климатические условия и гидрологический режим Азовского моря в XX — начале XXI вв. // Водные биоресурсы и среда обитания. – 2019. – Т. 2, № 2. – С. 7–19. – [https://doi.org/10.47921/2619-1024\\_2019\\_2\\_2\\_7](https://doi.org/10.47921/2619-1024_2019_2_2_7)
3. Гидрометеорологические условия морей Украины. Т. 1. Азовское море / Ю. П. Ильин, В. В. Фомин, Н. Н. Дьяков [и др.]. – Севастополь : ЭКОСИ – Гидрофизика, 2009. – 400 с.
4. Гершанович Д. Е., Муромцев А. Я. Океанологические основы биологической продуктивности Мирового океана. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1982. – 320 с.
5. Дехник Т. В. Ихтиопланктон Чёрного моря. – Киев : Наук. думка, 1973. – 234 с.
6. Климова Т. Н., Аннинский Б. Е., Субботин А. А., Вдодович И. В., Подрезова П. С. Состояние ихтио-, мезо- и макропланктонных комплексов у Крымского полуострова (Чёрное море) в связи с особенностями гидрологического режима в октябре 2016 г. // Морской биологический журнал. – 2023. – Т. 8, № 2. – С. 55–73. – <https://doi.org/10.21072/mbj.2023.08.2.04>
7. Климова Т. Н., Вдодович И. В., Забродин Д. А., Петрова Т. Н. Ихтиопланктон Чёрного моря у Крымского полуострова в период осеннего межсезонья в 2016–2023 гг. // Балтийский морской форум : Материалы XII Междунар. Балт. мор. форума, 30 сент. – 4 окт. 2024 года / Калининград. гос. техн. ун-т ; сост. Кострикова Н. А. – Калининград : Изд-во БГАРФ, 2024. – Т. 3. – С. 89–98.
8. Костюченко Л. П. К изучению влияния упругих волн при морской сейсморазведке на икру рыб Чёрного моря // Гидробиологический журнал. – 1973. – Т. 9, № 5. – С. 72–75.
9. Коцгергин А. Т. Термохалинные характеристики Азовского моря в летний период 1989–2021 гг. и влияние на них стока рек Дон и Кубань // Водные биоресурсы и среда обитания. – 2023. – Т. 6, № 2. – С. 7–23. – [https://doi.org/10.47921/2619-1024\\_2023\\_6\\_2\\_7](https://doi.org/10.47921/2619-1024_2023_6_2_7)
10. Кошелев Б. В. Экология размножения рыб. – Москва : Наука, 1984. – 309 с.

11. Майский В. Н. Распределение и численность рыб Азовского моря перед зарегулированием стока р. Дона // Труды / Всесоюз. НИИ мор. рыб. хоз-ва и океанографии (ВНИРО). – Москва : Пищепромиздат, 1955. – Т. 31, вып. 2. – С. 138–163.
12. Матишов Г. Г., Игнатьев С. М., Загород-18. Шляхов В. А., Негода С. А., Пятинский М. М., Шляхова О. В. Оценка состояния запасов хамсы и шпрота в российских водах Черного моря в 2022–2023 гг. // Труды АзНИИРХ. – 2023. – Т. 4. – С. 9–27.
13. Мирзоян А. В., Белоусов В. Н., Шевченко В. Н., Полин А. А., Рыбальченко А. Д., Порошина Е. А. Искусственное воспроизводство полупроходных видов рыб при разных сценариях развития гидрологической обстановки в Азовском море // Водные биоресурсы и среда обитания. – 2023. – Т. 6, № 4. – С. 91–108. – [https://doi.org/10.47921/2619-1024\\_2023\\_6\\_4\\_91](https://doi.org/10.47921/2619-1024_2023_6_4_91)
14. Надолинский В. П., Надолинский Р. В. 21. Klimova T. N., Subbotina A. A., Vdodovicha I. V., Zagorodnyayaa Yu. A., Zabrodin D. A. Ichthyoplankton in the northern part of the Black Sea under the prolongation of summer hydrological season in 2020 // Inland Water Biology. – 2024. – Vol. 17, iss. 1. – P. 197–207. – <https://doi.org/10.1134/S1995082924010085>
15. Павловская Р. М. о питании личинок черноморской хамсы // Труды / Азово-Черномор. НИИ мор. рыб. хоз-ва и океанографии (АзЧерНИРО). – Москва : Пищ. пром-сть, 1964. – Вып. 23. – С. 115–118.
16. Пополняемый архив карт температуры поверхности Чёрного и Азовского морей по данным прибора AVHRR спутников серии NOAA и MetOp : база данных : RU 2018621530 : № 2018620803 : заявл. 14.06.2018 : опубл. 27.09.2018, Бюл. № 10 / Калинин Е. И., Соловьев Д. М., Бурдюгов В. М., Давыдова Е. П. ; Мор. гидрофиз. ин-т РАН // Морской портал / МГИ РАН. – URL: [http://dvs.net.ru/mp/data/main\\_ru.shtm](http://dvs.net.ru/mp/data/main_ru.shtm) (дата обращения: 08.12.2024).
17. Современные гидрометеорологические условия формирования ветро-волновых, ледовых и других опасных явлений в Керченском проливе / Федер. служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, Гос. океаногр. ин-т им. Н. Н. Зубова ; Н. Н. Дьяков, В. В. Фомин, А. С. Цвечинский [и др.]. – Севастополь : Колорит, 2019. – 365 с.
19. 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. – <https://doi.org/10.31857/S0042875220050136>
20. Klimova T. N., Subbotin A. A., Podrezova P. S., Kurshakov S. V. Ichthyoplankton of the Black Sea during the period of mass spawning of warm-water fish species // Oceanology. – 2022. – Vol. 62, iss. 4. – P. 517–527. – <https://doi.org/10.1134/s0001437022040051>
22. Podrezova P. S., Klimova T. N., Subbotin A. A., Vdodovich I. V., Zavjyalov A. V. Regional variability of the state of ichthyoplankton in the Black Sea during the change from the spring hydrological season to the summer // Biology Bulletin. – 2024. – Vol. 51, iss. 1. – P. 177–186. – <https://doi.org/10.1134/S1062359023604287>
23. Westernhagen H. Von. Sublethal effects of pollutants on fish eggs and larvae // Physiology of Developing Fish Physiology / eds: W. S. Moar, D. J. Randall. – New York : Acad. Press, 1988. – P. 253–346. – [https://doi.org/10.1016/S1546-5098\(08\)60201-0](https://doi.org/10.1016/S1546-5098(08)60201-0)
24. World Register of Marine Species. – URL: <https://www.marinespecies.org> (accessed: 05.07.2022).

## ICHTHYOPLANKTON OF THE AZOV SEA IN DIFFERENT SEASONS 2014–2020

Klimova T. N., Subbotin A. A.

*A. O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS, Sevastopol, Russian Federation,  
e-mail: [tnklim@ibss-ras.ru](mailto:tnklim@ibss-ras.ru)*

**Abstract:** Due to global warming, the shallow basin of the Azov Sea has seen an increase in salinity from 11 to 15 ‰ in recent years, which has led to a gradual replacement of brackish-water fauna with marine fauna. In the period from 2014 to 2020, ichthyoplankton of 13 fish species from 11 families was identified in the waters of the Azov Sea, 12 of which are marine species that usually reproduce in the Black Sea during the spring-summer hydrological season. A sharp increase in water temperature in the shallow of the Azov Sea at the end of June, exceeding the optimal indicators for spawning of warm-water fish species, limited their spawning season to two months.

**Keywords:** ichthyoplankton, seasonal variability, spawning, abundance, survival, Azov Sea

### Сведения об авторах

Климова  
Татьяна  
Николаевна кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН», просп. Нахимова, 2, Севастополь, 299011, Российская Федерация, [tnklim@ibss-ras.ru](mailto:tnklim@ibss-ras.ru)

Субботин  
Александр  
Анатольевич кандидат географических наук, старший научный сотрудник, ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН», просп. Нахимова, 2, Севастополь, 299011, Российская Федерация, [subbotin@ibss-ras.ru](mailto:subbotin@ibss-ras.ru)

*Поступила в редакцию 11.02.2025 г.*

*Принята к публикации 27.02.2025 г.*