



УДК 574.583(282.54)

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ГОЛО- И МЕРОПЛАНКТОНА АЗОВСКОГО МОРЯ В ПЕРИОД ФОРМИРОВАНИЯ ЛЕДОВОГО ПОКРОВА

© 2019 г. Ж. П. Селифонова^{1,2}

¹Государственный морской университет имени адмирала Ф. Ф. Ушакова, Новороссийск, Россия

²Институт морских биологических исследований имени А. О. Ковалевского РАН, Севастополь, Россия

E-mail: selifa@mail.ru

Поступила в редакцию 16.02.2019; после доработки 18.04.2019;
принята к публикации 22.05.2019; опубликована онлайн 24.06.2019.

Азовское море относится к внутренним замерзающим морским водоёмам. Зимний период считается одним из важнейших сезонов для понимания закономерностей функционирования и формирования продуктивности экосистемы Азовского моря. Между тем голо- и меропланктон в период формирования ледового покрова в водоёме исследован не полно. За последние годы в Азовское море вселилось несколько чужеродных видов, среди них — арктические виды многощетинковых червей, которые в своем развитии имеют стадию пелагической личинки. Цель работы — изучение таксономического состава и обилия зимнего голо- и меропланктона Азовского моря в декабре 2018 г. Материалом для исследования послужили сборы зоопланктона в Таганрогском и Темрюкском заливах Азовского моря в период формирования сезонного ледового покрова. Пробы зоопланктона собирали 3–14 декабря при температуре от 0 до +3 °С на 14 станциях, 9 из которых выполнены в Таганрогском заливе (район порта Ейск) в трёхкратной повторности, а 5 — в Темрюкском заливе (каждая — однократно). Зоопланктон собирали большой сетью Джеди (диаметр входного отверстия — 37 см, размер ячеек — 120 мкм). Тотальные ловы проводили на глубинах от 4 до 8 м. Пробы фиксировали 2–4%-ным раствором нейтрального формальдегида и обрабатывали в лабораторных условиях по стандартной методике. Биомассу вычисляли по таблицам средних масс организмов. Результаты показали, что при аналогичных температурных условиях плотность организмов голо- и меропланктона в Таганрогском заливе была в четыре раза выше, чем в Темрюкском заливе. Зимний подлёдный зоопланктон представлен двумя группами организмов — нативными эвритермными формами голопланктона и личинками полихет. В составе каляноидных копепод доминировал, как и прежде, эвригалинный понто-каспийский вид *Eurytemora affinis* (Pорре, 1880). Вместе с тем видовой состав зимнего меропланктона Азовского моря существенно изменился в сравнении с таковым периода до 2014 г. В Таганрогском заливе при температуре воды 0...+1,2 °С зарегистрирована необычайно высокая плотность личинок полихет рода *Marenzelleria* — недавнего вселенца в Азовское море (118–119,9 тыс. экз.·м⁻³). Впервые отмечен пик численности зоопланктона (128,9–136,7 тыс. экз.·м⁻³) в зимний сезон. Подлёдный зимний максимум численности личинок многощетинкового червя рода *Marenzelleria* был в 4–6 раз выше показателей обилия меропланктона, ранее отмечаемых в июне, наиболее продуктивном месяце года. Натурализация многощетинковых червей рода *Marenzelleria* может привести к коренной перестройке азовоморской экосистемы и к увеличению её продуктивности. Необходимы дальнейшие исследования фенологии личиночных стадий этих полихет в водоёме.

Ключевые слова: зимний подлёдный голо- и меропланктон, биоинвазии, многощетинковые черви, *Marenzelleria* sp., Азовское море

Азовское море — внутренний замерзающий морской водоём. В течение зимы вероятно неоднократное появление и исчезновение льда на определённых участках моря и даже его полное замерзание. Таганрогский залив — один из самых опреснённых районов Азовского моря, и для него

характерна наибольшая продолжительность ледового периода [3]. В Таганрогском заливе образование первичных форм льда обычно начинается в ноябре, в Темрюкском заливе — в декабре. Считается, что зимний период является одним из важнейших сезонов для понимания закономерностей функционирования и формирования продуктивности экосистемы Азовского моря [7]. Вместе с тем зоопланктон в период формирования ледового покрова в водоёме изучен не полно; ощущается недостаток актуальных сведений о состоянии зимнего голо- и меропланктона [7, 8]. За последние годы в Азовское море вселилось несколько чужеродных видов, в том числе арктические виды многощетинковых червей, которые в своём развитии имеют стадию пелагической личинки [2, 16, 17].

Цель работы — изучить таксономический состав и обилие голо- и меропланктона Азовского моря в декабре 2018 г.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Материалом для исследования послужили сборы зоопланктона в Таганрогском и Темрюкском заливах Азовского моря в период формирования сезонного ледового покрова. Пробы зоопланктона собирали 3–14 декабря 2018 г. при температуре от 0 до +3 °С на 14 станциях, 9 из которых выполнены в Таганрогском заливе (район порта Ейск) в трёхкратной повторности, а 5 — в Темрюкском заливе (каждая — однократно) (рис. 1). Голопланктон и меропланктон (ракообразные, личинки донных животных, крупные коловратки и прочие организмы размером > 200–500 мкм) собирали большой сетью Джели (диаметр входного отверстия — 37 см, размер ячеей — 120 мкм). Тотальные ловы производили на глубинах от 4 до 8 м. Пробы фиксировали 2–4%-ным раствором нейтрального формальдегида и обрабатывали в лабораторных условиях по стандартной методике. Вычисление биомассы проводили по таблицам средних масс организмов [10, 11].

Для проверки гипотезы достоверности разницы средних значений при анализе количественных данных голо- и меропланктона использовали параметрический метод Стьюдента при уровне значимости $p = 0,05$ (расчёты выполнены в Microsoft Excel).

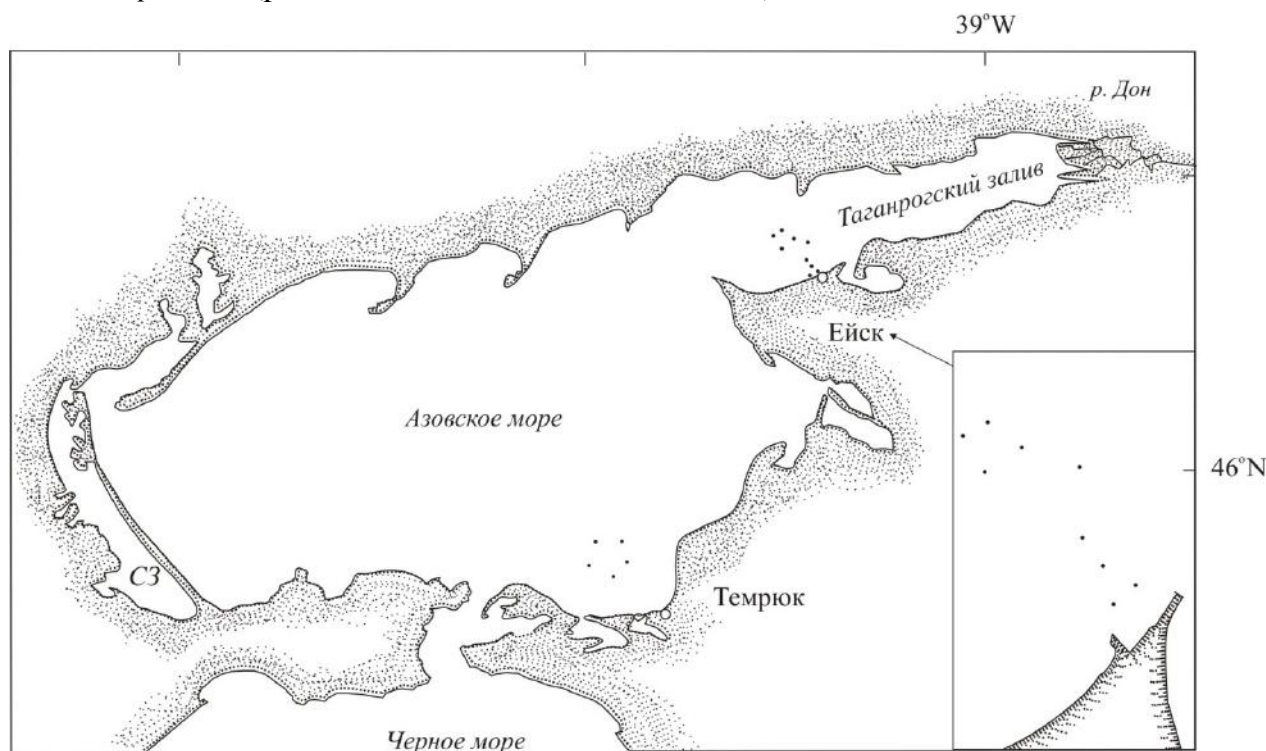


Рис. 1. Схема отбора проб зоопланктона в Азовском море (на врезке — район порта Ейск)

Fig. 1. The map of sampling survey in the Sea of Azov (the port of Yeisk is in the inset)

РЕЗУЛЬТАТЫ

Таганрогский залив. Суммарная численность голо- и меропланктона 03.12.2018 при температуре воды 0 °С в среднем составляла (128,9 ± 31,2) тыс. экз.·м⁻³, биомасса — (1061 ± 238,8) мг·м⁻³ (табл. 1).

Таблица 1. Средняя численность и биомасса голо- и меропланктона в различных районах Азовского моря в декабре 2018 г.

Table 1. The average numerical density and biomass of holo- and meroplankton in the different areas of the Sea of Azov in December 2018

Район, дата	Температура воды, °С	V _{общ} , мг·м ⁻³	Численность, тыс. экз.·м ⁻³			
			N _{общ}	N _{cop}	N _{rot}	N _{pol}
Таганрогский залив, 03.12.2018	0	1061 ± 238,8	128,9 ± 31,2	6	4,9	118,0
Таганрогский залив, 06.12.2018	1,2	1366 ± 214,1	136,7 ± 27,8	7,2	9,6	119,9
Таганрогский залив, 14.12.2018	3,0	606,1 ± 154,6	91,2 ± 20,0	9,0	26,8	55,4
Темрюкский залив, 06.12.2018	3,0	159,3 ± 71,9	17,6 ± 8,0	1,7	2,0	13,9

Примечание: V_{общ}, N_{общ} — общая биомасса и численность голо- и меропланктона; N_{cop}, N_{rot}, N_{pol} — численность Copepoda, Rotifera и Polychaeta соответственно

Note: V_{общ}, N_{общ} – total biomass and abundance of holo- and meroplankton; N_{cop}, N_{rot}, N_{pol} – abundance of Copepoda, Rotifera, and Polychaeta, respectively

В зоопланктоне на долю меропланктона приходилось 91,6 %, копепод — 3,8 %, коловраток — 4,6 %. В составе меропланктона абсолютно доминировали личинки многощетинковых червей *Marenzelleria* sp. Личинки находились на стадии 14–17 сегментов. Их численность колебалась от 45,9 до 303 тыс. экз.·м⁻³, в среднем 118 тыс. экз.·м⁻³, биомасса — от 139,9 до 2246 мг·м⁻³, в среднем 1015,6 мг·м⁻³ (рис. 2).

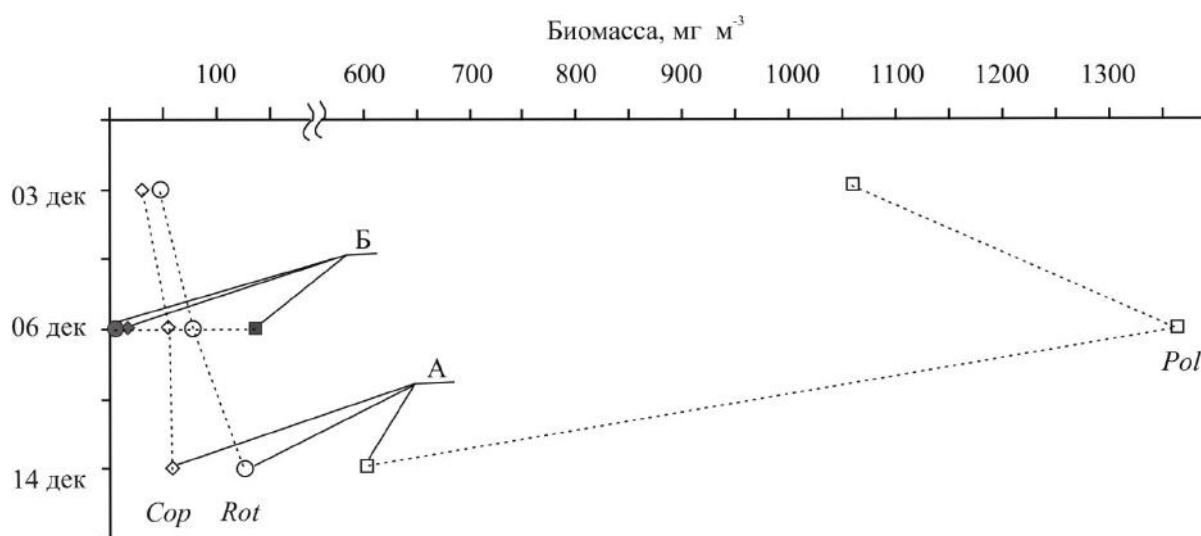


Рис. 2. Динамика средней биомассы голо- и меропланктона в Таганрогском (А) и Темрюкском (Б) заливах в декабре 2018 г. (Cop, Rot и Pol — Copepoda, Rotifera и Polychaeta соответственно)

Fig. 2. The dynamics of average biomass of holo- and meroplankton in the Taganrog Bay (A) and in the Temryuk Bay (B) in December 2018 (Cop, Rot, and Pol are for Copepoda, Rotifera, and Polychaeta, respectively)

В голопланктоне по численности преобладали науплиусы (66,5 %) и копеподиты (31,5 %) *Eurytemora affinis* (Pорре, 1880) (от 1,6 до 11,7 тыс. экз. \cdot м⁻³, в среднем 5,5 тыс. экз. \cdot м⁻³) и коловратки *Synchaeta* sp. (в среднем 4 тыс. экз. \cdot м⁻³). Также отмечены несозревшие (зимние) копеподиты IV–V стадии каляноидной копеподы *Calanipeda aquaedulcis*.

Через три дня при температуре воды +1,2 °С биомасса зоопланктона составила (1366 ± 214,1) мг \cdot м⁻³, численность — (136,7 ± 27,8) тыс. экз. \cdot м⁻³. Достоверных отличий по критерию Стьюдента ($p > 0,05$) по численности и биомассе по сравнению с данными 03.12.2018 не обнаружено. Как и ранее, высокая плотность (119,9 тыс. экз. \cdot м⁻³) зарегистрирована у личинок многощетинковых червей *Marenzelleria* sp. при биомассе 1285,9 мг \cdot м⁻³. Численность личинок полихет колебалась от 30,6 до 271,8 тыс. экз. \cdot м⁻³, биомасса — от 299 до 2609 мг \cdot м⁻³. Вклад меропланктона в общую численность зоопланктона составлял 87,7 %, коловраток — 7 %, копепод — 5,3 %; вклад в биомассу — 94 %, 2 % и 4 % соответственно. Численность коловраток увеличилась почти в два раза — до 9,6 тыс. экз. \cdot м⁻³. Популяция *E. affinis* (6,5 тыс. экз. \cdot м⁻³) состояла из науплиусов (72,4 %), копеподитов (15,4 %), самцов (6,2 %), взрослых самок (1 %), яйценосных (5 %). Популяция *C. aquaedulcis* была представлена только старшими копеподитами.

При температуре воды +3 °С 14.12.2018 наблюдали спад обилия зоопланктона в 1,5–2 раза (см. табл. 1, рис. 2). Это произошло за счёт сокращения численности и биомассы личинок многощетинковых червей *Marenzelleria* sp. до 55,4 экз. \cdot м⁻³ и 476,2 мг \cdot м⁻³ соответственно. Статистические различия между количественными параметрами зоопланктона были не достоверными ($p > 0,05$) и находились в пределах случайных колебаний этих показателей. Вклад меропланктона в общую численность зоопланктона снизился до 60,7 %, в биомассу — до 79 %. В то же время почти в три раза увеличилось обилие коловраток. Доля этих организмов в общей численности зоопланктона составила 29,3 % (26,8 тыс. экз. \cdot м⁻³), доля копепод — 10 % (*E. affinis* — 8,0 тыс. экз. \cdot м⁻³, *C. aquaedulcis* — 1,0 тыс. экз. \cdot м⁻³). Популяция *E. affinis* на 18 % была представлена взрослыми особями (самцы и самки), на 56 % — копеподитами и на 26 % — науплиусами. В популяции *C. aquaedulcis* наряду с копеподитами (89 %) отмечены половозрелые особи (11 %).

Темрюкский залив. Суммарная численность организмов зоопланктона 06.12.2018 в среднем составляла (17,6 ± 8,0) тыс. экз. \cdot м⁻³, биомасса — (159,3 ± 71,9) экз. \cdot м⁻³. Количество зоопланктона в Темрюкском заливе было существенно (в 3–5 раз) меньше, чем в Таганрогском заливе при аналогичной температуре воды (+3 °С). Основу численности также составляли полихеты. Численность личинок многощетинковых червей *Marenzelleria* sp. варьировала в пределах 5,1–28,9 тыс. экз. \cdot м⁻³, в среднем 13,9 тыс. экз. \cdot м⁻³; биомасса — 54–269,5 мг \cdot м⁻³, в среднем 137,6 мг \cdot м⁻³. Доля меропланктона в составе численности зоопланктона составляла 79 %; на долю коловраток приходилось 11,4 %, копепод — 9,6 %. В составе голопланктона отмечены каляноидные копеподы *E. affinis*, *C. aquaedulcis* и коловратки, среди которых доминировали *E. affinis* (11 %) и *Synchaeta* sp. (9 %). Численность *E. affinis* колебалась от 320 до 4186 экз. \cdot м⁻³, биомасса — от 1,2 до 23 мг \cdot м⁻³. Повсеместно основу популяций *E. affinis* и *C. aquaedulcis* составляли копеподиты и науплиусы (80–90 %). Половозрелые особи отмечены в небольшом количестве — 10–20 %.

ОБСУЖДЕНИЕ

На слабое развитие зоопланктона подо льдом в Азовском море указывали многие исследователи [4, 7, 8, 12, 13]. До 2014 г. основу зимнего зоопланктона формировали коловратки рода *Synchaeta* и веслоногие раки, зимующие на копеподитных стадиях [7, 8]. В январе — феврале в Таганрогском заливе зарегистрированы науплиальные (≤ 3 тыс. экз. \cdot м⁻³), копеподитные стадии каляноидных копепод *Eurytemora affinis*, *Calanipeda aquaedulcis*, гарпактикоидных копепод (0,2–0,5 тыс. экз. \cdot м⁻³) и *Synchaeta* sp. (5,3–27 тыс. экз. \cdot м⁻³). В декабре 2018 г. в Таганрогском заливе суммарная численность *E. affinis* и *C. aquaedulcis* (Calanioda) была в 2–3 раза выше этих значений, а также в 3–5 раз выше значений, полученных нами для Темрюкского залива. Согласно работе [6], по величине

продукции копепод наиболее продуктивным был Таганрогский залив. Так, с марта по октябрь здесь продуцировалось в 3–4 раза больше копепод, чем в Азовском море. В 1960–1980-е гг. основу продукции Copepoda (95–98 %) в Таганрогском заливе составляли *C. aquaedulcis*. После вселения в водоём гребневика *Mnemiopsis leidy* A. Agassiz, 1865 максимум развития зимнего голопланктона приходился на эвригалинный понто-каспийский вид *E. affinis* [4, 7, 8, 13], который мог оптимально развиваться в солоноватоводных бассейнах, а также мигрировать в реки [19]. В Таганрогском заливе *E. affinis* доминирует не только зимой, но и летом в опреснённой восточной части [12]. Во все годы исследований зимние популяции *E. affinis* и *C. aquaedulcis* на 89–98 % состояли из копеподитов и науплиусов [7, 8]. По данным работы [6] известно, что развитие калянипеды в Азовском море может происходить в течение всего года (семь генераций). Выживаемость копепод *C. aquaedulcis* уменьшается с понижением температуры, что приводит к увеличению продолжительности развития особей [1]. При температуре 7–9 °C интенсивность питания калянипеды падает, она прекращает размножаться.

Ранее отмечено, что в условиях сплошного ледового покрова в Азовском море развивались немногочисленные личинки усоногих раков, велигеры двустворчатых моллюсков и метатрохофоры полихеты рода *Phyllodoce* с максимальной суммарной численностью 0,06 тыс. экз.·м⁻³ [7, 8]. По результатам наших исследований, в меропланктоне абсолютно доминировали личинки многощетинкового червя *Marenzelleria* sp. — недавнего вселенца в донные биоценозы Азовского моря [17]. Благодаря наличию стадии пелагической личинки многощетинковый червь способен к транспортировке с балластной водой судов и к расселению в другие бассейны Мирового океана. В декабре 2018 г. за счёт интенсивного развития личинок полихет вклад численности меропланктона в зоопланктон составил 87,7–91,6 %. В Таганрогском заливе при низкой температуре воды (0...+1,2 °C) зарегистрирована необычайно высокая плотность личинок полихет этого рода — 118–119,9 тыс. экз.·м⁻³. При температуре воды +3 °C плотность личинок полихет была в два раза ниже. Вполне возможно, что многие нектохеты за 11 дней закончили планктонное развитие и осели на дно. В Темрюкском заливе при аналогичных температурных условиях плотность этих организмов была в четыре раза ниже. Согласно работе [17], в 2015 г. максимальная плотность взрослых особей этих организмов (6823 экз.·м⁻²) отмечена в Таганрогском заливе и дельте Дона. В дальнейшем полихеты расселились по Азовскому морю, включая Керченский пролив. В декабре 2018 г. нами обнаружены личинки *Marenzelleria* sp. в Керченском проливе и Таманском Причерноморье с численностью 0,004–0,072 тыс. экз.·м⁻³. Известно, что в Азовском море июнь — наиболее продуктивный месяц года, характеризующийся максимальным видовым разнообразием меропланктона и его наибольшим обилием [4, 9, 12, 13, 14, 15]. Мы проанализировали численность меропланктонного сообщества Азовского моря по результатам мониторинга, проведённого в июне 2003–2006, 2009–2010 и 2014 гг. [9, 12, 13, 14, 15], и выяснили, что обилие меропланктона в декабре 2018 г. в 4–6 раз превышало июньские показатели. Вселение видов рода *Marenzelleria* в Азовское море может привести к коренной перестройке его экосистемы — к улучшению кислородного режима придонного слоя вод, снижению цветения цианобактерий и увеличению продуктивности вод — аналогично тому, как это происходило в других водоёмах при натурализации данной полихеты [5, 18].

Выводы:

1. Изменился состав зимнего зоопланктонного сообщества Азовского моря. Зимний подлёдный зоопланктон был представлен двумя группами организмов — эвритермными формами голопланктона, среди которых доминировал нативный эвригалинный понто-каспийский вид *Eurytemora affinis*, и личинками недавнего вселенца в Азовское море — многощетинкового червя рода *Marenzelleria*, интенсивное развитие которого происходило в декабре.
2. Наибольшие скопления зоопланктона зарегистрированы в Таганрогском заливе. При аналогичных температурных условиях плотность организмов голо- и меропланктона здесь была в 4 раза выше, чем в Темрюкском заливе.

3. Впервые отмечен зимний подлёдный пик численности азовоморского зоопланктона. Максимум численности меропланктона формировали личинки многощетинковых червей рода *Marenzelleria*. Он был в 4–6 раз выше показателей обилия меропланктона, зарегистрированных ранее в этом море в июне, наиболее продуктивном месяце года. Натурализация многощетинковых червей рода *Marenzelleria* может привести к коренной перестройке азовоморской экосистемы. Необходимы дальнейшие исследования фенологии личиночных стадий этих полихет в водоёме.

Работа выполнена в рамках государственного задания ФГБУН ИМБИ по теме «Функциональные, метаболические и токсикологические аспекты существования гидробионтов и их популяций в биотопах с различным физико-химическим режимом» (№ гос. регистрации АААА-А18-118021490093-4).

Благодарность. Автор благодарит к. б. н. Лисицкую Е. В. (ФГБУН ИМБИ) за помощь в идентификации меропланктона, а также Черноморско-Азовскую дирекцию по техническому обеспечению надзора на море — за организацию исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

- Аганесова Л. О. Длительность развития копепод *Calanipeda aquaedulcis* и *Arctodiaptomus salinus* при разном температурном режиме культивирования // *Морской экологический журнал*. 2013. Т. 12, № 1. С. 19–25. [Aganesova L. O. Development times of the copepods *Calanipeda aquaedulcis* and *Arctodiaptomus salinus* at different temperatures. *Morskoy ekologicheskij zhurnal*, 2013, vol. 12, no. 1, pp. 19–25. (in Russ.)]
- Болтачева Н. А., Лисицкая Е. В., Фроленко Л. Н., Ковалёв Е. А., Барабашин Т. О. Обнаружение полихеты *Laonome calida* Сапа, 2007 (Annelida: Sabellidae) в юго-восточной части Азовского моря // *Российский журнал биологических инвазий*. 2017. № 3. С. 6–17. [Boltacheva N. A., Lisitskaya E. V., Frolenko L. N., Kovalev E. A., Barabashin T. O. The finding of *Laonome calida* Сапа, 2007 (Annelida: Sabellidae) in the southeast Sea of Azov. *Rossiiskii zhurnal biologicheskikh invazii*, 2017, no. 3, pp. 6–17. (in Russ.)]
- Гоптарев Н. П., Таран Б. М. Ледовые условия // *Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Азовское море*. Санкт-Петербург : Гидрометеоздат, 1991. Т. 5. С. 59–73. [Goptarev N. P., Taran B. M. Ledovye usloviya. In: *Gidrometeorologiya i gidrokhimiya morei SSSR. Azovskoe more*. Saint Petersburg: Gidrometeoizdat, 1991, vol. 5, pp. 59–73. (in Russ.)]
- Гребневик Mnemiopsis leidyi* (A. Agassiz) в Азовском и Черном морях: биология и последствия вселения / под ред. С. П. Воловика. Ростов-на-Дону : БКИ, 2000. 500 с. [Grebnevik *Mnemiopsis leidyi* (A. Agassiz) v Azovskom i Chernom moryakh: *biologiya i posledstviya vseleniya* / S. P. Volovik (Ed.). Rostov-on-Don: BKI, 2000, 500 p. (in Russ.)]
- Максимов А. А., Еремина Т. Р., Ланге Е. К., Литвинчук Л. Ф., Максимова О. Б. Режимная перестройка экосистемы восточной части Финского залива вследствие инвазии полихет *Marenzelleria arctica* // *Океанология*. 2014. Т. 54, № 1. С. 52–59. [Maksimov A. A., Eremina T. R., Lange E. K., Litvinchuk L. F., Maksimova O. B. Regime shift in the ecosystem of the eastern Gulf of Finland caused by the invasion of the polychaete *Marenzelleria arctica*. *Okeanologiya*, 2014, vol. 54, iss. 1, pp. 52–59. (in Russ.)]. <https://doi.org/10.7868/S0030157413060063>
- Маловицкая Л. М. Продукция копепод Азовского моря // *Труды ВНИРО*. 1973. Вып. 80. С. 28–39. [Malovitskaya L. M. Produktsiya kopepod Azovskogo morya. *Trudy VNIRO*, 1973, iss. 80, pp. 28–39. (in Russ.)]
- Матишов Г. Г., Степаньян О. В., Поважный В. В., Ковалева Г. В., Кренева К. В. Функционирование экосистемы Азовского моря в зимний период // *Доклады Академии наук*. 2007. Т. 413, № 1. С. 112–115. [Matishov G. G., Stepan'yan O. V., Povazhnyi V. V., Kovaleva G. V., Kreneva K. V. Functioning of the ecosystem in the Sea of Azov during winter. *Doklady Akademii nauk*, 2007, vol. 413, no. 1, pp. 112–115. (in Russ.)]
- Матишов Г. Г., Степаньян О. В., Ковалёва Г. В., Поважный В. В., Кренева К. В. Особенности структуры пелагического сообщества Азовского моря в условиях аномально холодной зимы 2005–2006 гг. // *Вестник Южного научного центра РАН*. 2012. Т. 8, № 4. С. 66–75.

- [Matishov G. G., Stepan'yan O. V., Kovaleva G. V., Povazhnyi V. V., Kreneva K. V. Specific structural features of the Sea of Azov pelagic community during the abnormally cold winter of 2005–2006. *Vestnik Yuzhnogo nauchnogo tsentra RAN*, 2012, vol. 8, no. 4, pp. 66–75. (in Russ.)]
9. Матишов Г. Г., Игнат'ев С. М., Загородняя Ю. А., Климова Т. Н., Вдодович И. В., Саяпин В. В., Степаньян О. В. Фаунистическое разнообразие и показатели обилия планктонных сообществ Азовского моря в июне 2014 г. // *Вестник Южного научного центра*. 2015. Т. 11, № 3. С. 81–90. [Matishov G. G., Ignat'ev S. M., Zagorodnyaya Yu. A., Klimova T. N., Vdodovich I. V., Sayarin V. V., Stepan'yan O. V. Faunistic diversity and abundance indices of plankton communities of the Sea of Azov in June 2014. *Vestnik Yuzhnogo nauchnogo tsentra*, 2015, vol. 11, no. 3, pp. 81–90. (in Russ.)]
 10. Мордухай-Болтовской Ф. Д. Материалы по среднему весу водных беспозвоночных бассейна Дона // *Проблемы гидробиологии внутренних вод: труды проблемных и тематических совещаний*. Москва ; Ленинград : ЗИН АН СССР, 1954. Вып. 2. С. 223–241. [Mordukhai-Boltovskoi F. D. Materialy po srednemu vesu vodnykh bespozvonochnykh basseina Dona. In: *Problemy gidrobiologii vnutrennikh vod: trudy problemnykh i tematicheskikh soveshchaniy*. Moscow ; Leningrad: ZIN AN SSSR, 1954, vol. 2, pp. 223–241. (in Russ.)]
 11. Петипа Т. С. О среднем весе основных форм зоопланктона Черного моря // *Труды Севастопольской биологической станции*. 1957. Т. 9. С. 39–57. [Petipa T. S. O srednem vese osnovnykh form zooplanktona Chernogo morya. *Trudy Sevastopol'skoi biologicheskoi stantsii*, 1957, vol. 9, pp. 39–57. (in Russ.)]
 12. Пицык Г. К., Новожилова А. Н. О динамике зоопланктона Азовского моря // *Труды АзЧерНИРО*. 1951. Вып. 15. С. 281–297. [Pitsyk G. K., Novozhilova A. N. O dinamike zooplanktona Azovskogo morya. *Trudy AzCherNIRO*, 1951, iss. 15, pp. 281–297. (in Russ.)]
 13. Поважный В. В. Особенности функционирования зоопланктонного сообщества Таганрогского залива Азовского моря : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 25.00.28. Мурманск, 2009. 25 с. [Povazhnyi V. V. *Osobennosti funktsionirovaniya zooplanktonnogo soobshchestva Taganrogskogo zaliva Azovskogo morya* : avtoref. dis. ... kand. biol. nauk : 25.00.28. Murmansk, 2009, 25 p. (in Russ.)]
 14. Селифонова Ж. П. Таксономический состав и межгодовые изменения численности мeroпланктона Азовского моря // *Биология моря*. 2008. Т. 34, № 5. С. 263–269. [Selifonova Zh. P. Taxonomic composition and inter-annual variations in numerical density of meroplankton in the Sea of Azov. *Biologiya morya*, 2008, vol. 34, iss. 5, pp. 263–269. (in Russ.)]. <https://doi.org/10.1134/S1063074008050015>
 15. Селифонова Ж. П. Прибрежные экосистемы северо-восточного шельфа Черного моря и Азовского моря. Новороссийск : Изд-во ГМУ им. адм. Ф. Ф. Ушакова, 2014. 170 с. [Selifonova Zh. P. *Pribrezhnye ekosistemy severo-vostochnogo shel'fa Chernogo morya i Azovskogo morya*. Novorossiisk: Izd-vo GMU im. adm. F. F. Ushakova, 2014, 170 p. (in Russ.)]
 16. Семин В. Л., Коваленко Е. П., Савикин А. И. *Aracia* sp. (Polychaeta: Sabellidae) из дельты р. Дон // *Российский журнал биологических инвазий*. 2014. № 4. С. 97–101. [Semin V. L., Kovalenko E. P., Savikin A. I. *Aracia* sp. (Polychaeta: Sabellidae) from the Don River estuary (the Sea of Azov basin). *Rossiiskii zhurnal biologicheskikh invazii*, 2014, iss. 4, pp. 97–101. (in Russ.)]. <https://doi.org/10.1134/S2075111715010075>
 17. Семин В. Л., Сикорский А. В., Коваленко Е. П., Булышева Н. И. Вселение представителей рода *Marenzelleria* Mesnil, 1896 (Polychaeta: Spionidae) в дельту Дона и Таганрогский залив // *Российский журнал биологических инвазий*. 2016. № 1. С. 109–120. [Semin V. L., Sikorskii A. V., Kovalenko E. P., Bulysheva N. I. Penetration of genus *Marenzelleria* Mesnil, 1896 (Polychaeta: Spionidae) into the Don River estuary and the Taganrog Bay. *Rossiiskii zhurnal biologicheskikh invazii*, 2016, iss. 1, pp. 109–120. (in Russ.)]. <https://doi.org/10.1134/S2075111716020107>
 18. Norkko J., Reed D. C., Timmermann K., Norkko A., Gustafsson B. G., Bonsdorff E., Slomp C. P., Carstensen J., Conley D. J. A welcome can of worms? Hypoxia mitigation by an invasive species. *Global Change Biology*, 2012, vol. 18, iss. 2, pp. 422–434. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2011.02513.x>
 19. Samchyshyna L. V. Ecological characteristic of calanoids (Copepoda, Calanoida) of the inland waters of Ukraine. *Vestnik zoologii*, 2008, vol. 42, no. 2, pp. 32–37. <https://doi.org/10.2478/v10058-008-0007-1>

CURRENT STATUS OF HOLO- AND MEROPLANKTON OF THE SEA OF AZOV DURING THE FORMATION OF THE ICE COVER

Zh. P. Selifonova^{1,2}

¹Admiral Ushakov Maritime State University, Novorossisk

²Kovalevsky Institute of Marine Biological Research RAS, Sevastopol, Russian Federation

E-mail: selifa@mail.ru

The Sea of Azov is an inland freezing marine water basin. Winter season is considered to be one of the most important seasons for understanding patterns of functioning and formation of productivity of the ecosystem of the Sea of Azov. However, holo- and meroplankton during the formation of ice cover in the sea have not been studied enough. In recent years, several alien species, including Arctic species of polychaete worms, which in their development have the stage of pelagic larvae, have naturalized in the Sea of Azov. The aim of the work is to study the taxonomic composition and numerical abundance of winter holo- and meroplankton of the Sea of Azov in December 2018. Zooplankton sampling was conducted in the bays of the Sea of Azov, viz., Taganrog and Temryuk during the formation of seasonal ice cover. Zooplankton samples were collected from December 3 to 14 at temperatures from 0 to +3 °C at 14 stations, 9 of which were performed in the Taganrog Bay (the port area of Yeisk) in three replications, and 5 of which – in the Temryuk Bay (each sample – in one replication). Zooplankton was sampled throughout the water column at depths of 4–8 meter using a big-sized Juday net with an opening diameter of 37 cm (mesh size was 120 µm) by total catch. The material was fixed by 2–4 % neutral formaldehyde and treated in the laboratory by the conventional procedure. Calculations of biomass were made using the tables of the average mass of organisms. The results showed that under similar temperature conditions the density of holo- and meroplankton organisms in the Taganrog Bay was four times higher than in the Temryuk Bay. Winter subglacial zooplankton was represented by two groups of organisms – native eurythermic forms of holoplankton and polychaetes larvae. As before, calanoid copepod composition was dominated by euryhaline Ponto-Caspian species *Eurytemora affinis* (Poppe, 1880). However, the species composition of the winter meroplankton of the Sea of Azov changed significantly in comparison with that of the period up to 2014. Unusual high density (118–119.9 thousand ind.·m⁻³) of polychaete larvae of *Marenzelleria* genus, the recent invader in the Sea of Azov, was registered in the Taganrog Bay at a low water temperature of 0...+1.2 °C. The peak of zooplankton numerical density (128.9–136.7 thousand ind.·m⁻³) was observed in winter season for the first time. Winter subglacial maximum of abundance of the polychaetes larvae of *Marenzelleria* sp. was 4–6 times higher than the abundance of meroplankton, previously noted in June, the most productive month of the year. Naturalization of polychaete worms *Marenzelleria* sp. can lead to a radical restructuring of the Sea of Azov ecosystem and to an increase of its productivity. Further studies of the phenology of these polychaetes larval stages in this basin are needed.

Keywords: winter subglacial holo- and meroplankton, bioinvasions, polychaetes, *Marenzelleria* sp., Sea of Azov