ОБИЛИЕ, ВИДОВОЙ СОСТАВ И ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТАЗОЙНОГО МИКРОЗООПЛАНКТОНА В ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЕ ЧЕРНОГО И АЗОВСКОГО МОРЕЙ РЕГИОНА КРЫМА ОСЕНЬЮ 2016 Г.

С.А. Серегин, Е.В. Попова

ФГБУН «Институт морских биологических исследований им. А.О. Ковалевского РАН»,
РФ, г. Севастополь, пр. Нахимова, 2
E-mail: serg-seryogin@yandex.ru, el-popova@yandex.ru

Исследования проведены в прибрежных акваториях Черного и Азовского морей (в регионе Крыма) с 25 по 30 октября 2016 г. На 18 станциях была собрана 51 проба в верхнем 30–40-метровом слое черноморских вод; в Азовском море отобрано 8 проб в поверхностном и придонном слоях на 4 станциях. Средневзвешенное содержание микрозоопланктона в изученном слое черноморских вод варьировало от 40 до 147 тыс. экз. м⁻³, составляя в среднем 102 тыс. экз. м⁻³. В Азовском море численность ММЗП варьировала от 18 до 267 тыс. экз. м⁻³; в слое обитания содержалось в среднем 63 тыс. экз. м⁻³. Закономерности пространственного распределения в целом повторяли предыдущие наблюдения в разные сезоны года: максимумы численности наблюдались в прибрежье Каркинитского и Каламитского заливов и в целом по западному побережью. Южнобережные воды Крыма характеризовались наиболее низкими значениями обилия; промежуточное положение занимали акватории юго-восточной части крымского побережья. Видовая структура ММЗП в Черном море определялась преобладанием рачковой фракции, составлявшей в это время года в среднем 97,6% и полностью состоявшей из представителей черноморских копепоид. Из них в среднем 85% (от 73 до 93%) приходилось на особей вселенца *Oithona davisae*. В Азовском море соотношение рачкового и нерачкового планктона составляло, соответственно, 57 и 43% от общей численности.

Ключевые слова: метазойный микрозоопланктон; численность; видовой состав; пространственное распределение; побережье Чёрного и Азовского морей региона Крыма.

Поступила в редакцию: 16.10.2018. После доработки: 14.12.2018.

Введение. Метазойный микрозоопланктон (ММЗП, метамикрозоопланктон) является одним из ключевых компонентов морской планктонной биоты. Составляющие его организмы играют существенную роль в питании молоди рыб. Наиболее ценной в кормовом отношении является рачковая фракция, т.е., различные возрастные стадии Crustacea, прежде всего, науплиусы копепоид. Сведения о количестве и видовом составе ММЗП позволяют судить о качестве среды и биоресурсном потенциале водоемов. Несмотря на важную трофическую роль метамикрозоопланктона в функционировании пелагической экосистемы Черного моря и прогностическую ценность знаний об этой группе организмов, современных данных об обилии и видовом составе ММЗП исключительно мало. Поскольку в 1990-е годы вся планктонная система Черного моря испытывала резкую деградацию из-за хищничества гребневика-вселенца *Mnemiopsis leidyi* (A. Agassiz) [1], важным моментом

современных планктонных исследований является сравнение современного состояния различных сообществ планктона с таковым в "домнемииописный" период и выявление трендов их изменений. Ранее нами были представлены материалы о видовом разнообразии и количественном распределении этой группы зоопланктона в черноморских водах крымского полуострова в весенний [2] и летний периоды [3–6]. Целью настоящей работы является продолжение исследований по изучению видового состава, оценке обилия ММЗП и трендов его изменений, а также закономерностей его распределения в водах, окружающих Крым, в различные периоды годового цикла, в данном случае в осенний период. Данные о численности азовоморского метамикрозоопланктона для этого периода года представлены впервые.

Материалы и методы. Обсуждаемые данные собраны в 90-м рейсе НИС "Профессор Водяницкий" с 25 по 30 октября 2016 г. Районы работ охватывали

черноморские и азовоморские прибрежные и более удаленные от берегов акватории Крымского п-ва (рис. 1). Гидро-

биологические работы были выполнены на 22 станциях: 18 – в черноморских акваториях и 4 – в Азовском море.

Рис. 1. Карта районов работ и расположение гидробиологических станций 90 рейса НИС "Профессор Водяницкий", 25–30 октября 2016 г.

Пробы воды для учета численности объемом 4–6 л отбирали 10-литровыми батометрами, как отдельно опускаемыми на разные горизонты водного столба, так и в кассете CTD зонда Mark-III Neil Brown (США). Горизонты отбора проб в черноморском прибрежье располагались в зависимости от глубины места преимущественно в пределах верхнего 30–40-метрового слоя; в Азовском море пробы отбирали в поверхностном и придонном слое (7–9 м). Далее пробы сгущали с использованием воронки обратной фильтрации и планктонного сита с размером пор 10 мкм. К фракции метазойного микрозоопланктона по традиции отечественных исследователей мы относили организмы размером до 500 мкм [7–9]. Полученный после фильтрации концентрат объемом 30–70 мл фиксировали 40% формальдегидом до конечной концентрации в пробе 4%. Обработка осуществлена на берегу в стационарных условиях. Анализ всех проб проводили тотально в камере Богорова под микроскопом МБС-9 при увеличении 4×8. Копепод определяли до вида вплоть до науплиальных стадий – по [10]. Единственное исключение – науплиусы *Acartia clausi* Giesbrecht, 1889 и *A. tonsa* Dana, 1849, которые при стандартной камеральной обработке достоверно не различаются [11]; их мы объединяли на родо-

вом уровне – *Acartia spp.* Всего собрано и обработано 59 проб ММЗП.

Результаты и обсуждение. Общая численность ММЗП в поверхностном слое черноморских вод в среднем составляла $120 \pm 40,7$ тыс. экз. м^{-3} при варьировании от 46 до 165 тыс. экз. м^{-3} . Средневзвешенное содержание микрозоопланктона во всем исследованном слое (~0–40 м) вод варьировало в этих же пределах (40–147 тыс. экз. м^{-3}), составляя в среднем $102 \pm 31,4$ тыс. экз. м^{-3} , т.е., немногим уступая численности в поверхностном слое. Таким образом, можно предположить, что численность ММЗП в верхнем слое моря была распределена достаточно равномерно.

Сведений об обилии метазойного микрозоопланктона в Черном море в "домнеиопсисный" период очень немного. Приведем средние концентрации многоклеточного микрозоопланктона, причем только рачкового – науплиусов и ранних копеподитных стадий – в разных районах моря в осенний сезон 1980-х годов. В сентябре 1980 г.: в слое 0–20 м глубоководной западной части моря – 62,2 тыс. экз. м^{-3} ; на шельфе СЗЧМ в слое 0–8 м – 23,9 тыс. экз. м^{-3} ; на шельфе западной части моря в слое 0–16 м – 65,7 тыс. экз. м^{-3} [12]. Следует отметить, что рачковая фракция ММЗП составляла в этих исследованиях от 64% в СЗЧМ до 90% и более в остальных районах моря.

В октябре 1985 г. средняя концентрация ММЗП в верхнем перемешанном слое вод центрального и восточного глубоководных районов моря составляла около 100 экз. л⁻¹ (т.е., 100 тыс. экз. м⁻³) [13]. В сентябре-октябре 1987 г.: в слое 0-25 м глубоководных частей моря (западной и центральной) – соответственно, 93,3 тыс. экз. м⁻³ и 85,5 тыс. экз. м⁻³; на юго-восточном шельфе Крыма и шельфе СЗЧМ – 167,4 тыс. экз. м⁻³ и 82,8 тыс. экз. м⁻³, соответственно [9]. При этом в июле 1986 г. отмечено: в слое 0-25 м глубоководной западной части моря – 26,6 тыс. экз. м⁻³; в слое 0-25 м в глубоководном районе у Крымского полуострова – 8,1 тыс. экз. м⁻³ [12]. Таким образом, полученные нами в октябре 2016 г. данные по обилию ММЗП вполне сопоставимы с приведенными выше данными 1980-х годов. Высокие показатели численности ММЗП свидетельствуют, что период кризисного состояния планктонного сообщества Черного моря, наблюдавшийся в 1990-е годы и связанный с вселением в море гребневика *Mnemiopsis leidyi* (A. Agassiz) закончился. Это связано, во-первых, – с появлением в Черном море нового желетелого вселенца, гребневика *Beroe ovata* Mayer 1912, питающегося другими гребневиками, и в первую очередь, мнемииопсисом. В результате произошло значительное снижение среднегодовой биомассы мнемииопсиса [14, 15] и возрастание численности копепоид [16]. Во-вторых, – экологическую нишу ранее многочисленного вида копепоид, *Oithona nana* Giesbrecht., исчезнувшего в период экспансии и неограниченного роста численности хищного гребневика *M. leidyi*, занял еще один новый для Черного моря, не аборигенный вид копепоид, *O. davisae* Ferrari and Orsi, 1984. Возросшая численность рачкового зоопланктона, в том числе копепоиды вселенца, способствовала повышению выживаемости личинок рыб, улучшению их физиологических показателей, а в итоге – восстановлению видовой структуры черноморского ихтиопланктона, в том числе, увеличению численности промысловых пелагофильных видов рыб [17].

В Азовском море поверхностный слой содержал в среднем около 92 тыс. экз. м⁻³ при гораздо более существенных

колебаниях: от 18 до 267 тыс. экз. м⁻³, т.е., характеризовался большой неоднородностью по акваториям. Максимальные концентрации ММЗП были характерны для прикерченской акватории (ст. 20), а минимальные наблюдались в открытой части моря (ст. 17) (см. рис. 1). В слое обитания от поверхности до дна содержалось в среднем около 63 тыс. экз. м⁻³. По сравнению с весенним периодом 2016 г. (апрель) численные показатели обилия черноморского ММЗП возросли практически на порядок, а обилие азовоморского метамикрзоопланктона даже несколько снизилось [2].

Видовая структура ММЗП в Черном море привычно определялась преобладанием рачковой фракции, составлявшей в это время года в среднем 97,6% и полностью состоявшей из представителей черноморских копепоид. Из них в среднем 85% (от 73 до 93%) приходилось на особей вселенца *O. davisae*. Далее по мере убывания доли в общей численности следовали *Paracalanus parvus* (Claus, 1863) и представители рода *Acartia*; совсем незначительная часть была представлена особями *Centropages ponticus* Karavaev, 1894 и другими копепоидами. В нерачковой фракции в примерно равных количествах встречались велигеры двустворчатых моллюсков и личинки *Oikopleura dioica* Fol, 1872. В Азовском море соотношение рачкового и нерачкового планктона составляло, соответственно, 57 и 43% от общей численности. В рачковой фракции доминировала *O. davisae* (61%); далее следовали *Acartia* spp. (22%) и науплиусы циррипедий (17%). Нерачковая фракция была представлена в большинстве полихетами и турбелляриями (в сумме, 95% численности фракции) и в небольшом количестве коловратками (около 4%). Такой состав нерачковой фракции заметно отличался от весеннего периода, когда основная его численность представлена или коловратками (март – начало апреля), или в равных долях личинками полихет и велигерами двустворчатых моллюсков (середина – конец апреля) [2]. Следует отметить, что рачковая фракция состояла почти полностью из науплиальных стадий планктонных организмов (копепоид и циррипедий). В Черном море они составляли в среднем $92,9 \pm 6,7\%$ числен-

ности этой фракции, а в Азовском – $89,4 \pm 7,9\%$.

Пространственное распределение метазойного микрозоопланктона в черноморских водах Крыма и прилегающих акваториях в осенний период 2016 г. характеризовалось неоднородностью. Как показали предыдущие исследования, ее характер устойчиво повторялся в разные сезоны года [6] и заключался в более высоких концентрациях ММЗП в прибрежье Каламитского и Каркинитского заливов и в целом по западному прибрежью. Воды южного берега Крыма характеризовались наиболее низкими значениями обилия; промежуточное положение занимали воды юго-восточной части крымских акваторий. Подобная картина распределения в целом была характерна и для осени 2016 г.: как для самого верхнего 30–50 см слоя вод (рис. 2а), так и для средневзвешенных значений в изученном верхнем 30–40-метровом слое обитания (рис. 2б). Такое размещение

более и менее продуктивных зон крымского побережья закономерно. Воды Каркинитского и Каламитского заливов являются частью шельфовых вод СЗЧМ – наиболее продуктивной части моря с большим объемом речного стока полноводных рек и, соответственно, большим количеством аллохтонной органики и биогенов, повышающих трофность этих акваторий и влияющих на степень развития всех компонентов планктонной экосистемы. Юго-восточное побережье характеризуется незначительным объемом речного стока; здесь сказывается воздействие более пресных и продуктивных азовоморских вод, поступающих через Керченский пролив и распространяющихся в западном направлении с основным черноморским течением. Воды ЮБК – наименее трофные. Одной из особенностей осеннего распределения численности ММЗП являлись относительно низкие показатели его обилия в открытой части Азовского моря.

Рис. 2. Распределение общей численности (экз. м^{-3}) ММЗП в прибрежных водах Крыма: а – в поверхностном слое; б – средневзвешенная численность в исследованном слое

Рис. 3. Вертикальное распределение численности отдельных видов и групп метазойного микрозоопланктона в черноморском побережье Крыма в октябре 2016 г.:

N_{all} – общая численность; Oithon – *O. davisae*, Acart – *A. spp.*, P.par – *P. parvus*, Bival – *Bivalvia*, Cirr – циррипедии, O.dio – *O. dioica*, N-Canc – не рачковый, T – температура, S – соленость

Гидрологическая структура верхнего слоя вод на большинстве станций характеризовалась почти неизменной температурой в пределах верхних 20–40 м (рис. 3). Соответственно этому общая численность ММЗП также не демонстрировала резких локальных максимумов и минимумов. Тем не менее, вертикальное распределение численности варьировало в разных районах. Его характер зависел от распределения *O. davisae* как наиболее массового вида. Максимумы численности наблюдались как в подповерхностных слоях (ст. 5, 23, 26), так и в более глубоко расположенных (например, ст. 1, 10, 13, 16) (см. рис. 3). Причем, в некоторых случаях направленность изменений численности на нижележащих горизонтах водного столба была противоположной изменениям температуры (ст. 16, 23, 26) (см. рис. 3). Как результат, наблюдалась тенденция связи (корреляции) изменений численности и температуры по вертикали водного столба, характеризовавшейся или в высокой степени положительной или в высокой степени отрицательной зависимостью. Вертикальное распределение отдельных видов, в частности *A. spp.* и *P. parvus*, в большинстве случаев отличалось от распределения общей численности копепод: их максимумы обилия располагались преимущественно в подповерхностных и средних слоях воды и были разобщены от максимумов обилия *O. davisae*.

Заключение. Полученные результаты показали, что обилие метазойного микрозоопланктона в черноморских прибрежных водах Крыма в осенний период 2016 г. характеризовалось в среднем величинами 100–120 тыс. экз. м⁻³, что почти на порядок превышало средние численности для весеннего периода этого года. В водах Азовского моря, наоборот, наблюдалось снижение общей численности ММЗП по сравнению с весенним периодом за счет отсутствия коловраток и личиночных стадий двусторчатых моллюсков, пик численности

которых приходится на весенний период. Количественные характеристики ММЗП сопоставимы с уровнем 1980-х годов до вселения в Черное море гребневика-вселенца мнемииописа и последовавшего за этим масштабного снижения численности зоо- и ихтиопланктона. Таким образом, данные свидетельствуют о процессе восстановления зоопланктонного сообщества после резкой деградации в 1990-е годы.

Видовая структура черноморского микрометазоопланктона в осенний период характеризовалась подавляющим преобладанием рачковой фракции (97,5%), представленной исключительно несколькими видами копепод: недавним вселенцем *Oithona davisae* и аборигенными *Acartia clausi*, *Paracalanus parvus* и изредка другими видами. Вид-вселенец явно доминировал, составляя в среднем 85% численности всех копепод. Преобладание *O. davisae* в рачковом планктоне, хотя и менее выраженное, наблюдалось и в Азовском море, где рачковая и нерачковая фракции ММЗП находились в близком к паритетному соотношении.

Осенние данные подтвердили характер крупномасштабного распределения численности ММЗП в черноморском секторе крымского побережья, зафиксированный в другие сезоны года. Его особенности заключаются в более высоких концентрациях ММЗП в прибрежье Каламитского и Каркинитского заливов и в целом по западному побережью. Воды южного берега Крыма характеризуются наиболее низкими значениями обилия; промежуточное положение занимают воды юго-восточной части крымских акваторий.

Характер вертикального распределения общей численности ММЗП (расположение пиков обилия на том или ином горизонте) зависел от распределения *O. davisae* как наиболее массового вида. Максимумы обилия акарций и паракалянуса в большинстве случаев были разобщены от максимумов обилия вида-вселенца.

Работа выполнена:

– по госбюджетной теме ИМБИ РАН (гос. рег. № 0828-2018-0003) "Функциональные, метаболические и токсикологические аспекты существования гидробионтов и их популяций в биотопах с различным физико-химическим режимом", раздел "Систематизация и анализ ретроспективных материалов о структуре черноморской пелагической экосистемы. Разработка методологии комплекса работ. Организация и создание банка данных. Мониторинг основных компонентов планктона Черного моря в сезонном и межгодовом аспектах"; руководитель – д.б.н., профессор Солдатов А.А.

– по госбюджетной теме ИМБИ РАН (гос. рег. № АААА-18-118020890074-2) "Закономерности формирования и антропогенная трансформация биоразнообразия и биоресурсов Азово-Черноморского бассейна и других районов Мирового океана"; руководитель – к.б.н. Е.В. Дмитриева.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шушкина Э.А., Николаева Г.Г., Лукашева Т.А. Изменение структуры планктонного сообщества Черного моря при массовом развитии гребневика *Mnemiopsis leidyi* (Agassiz) // Журнал общей биологии. 1990. Т. 51, № 1. С. 54–60.
2. Серегин С.А., Попова Е.В. Метазоыйный микрозоопланктон в крымском прибрежье Черного и Азовского морей в весенний период: состав, обилие и пространственное распределение // Журнал Сибирского Федерального Университета. Биология. 2019. Т. 12, №2. DOI: 10.17516/1997-1389-0286.
3. Серегин С.А., Попова Е.В. Бактериопланктон и метазойный микрозоопланктон в водах Черного моря у побережья Крыма летом 2010 г. // Морской экологический журнал. 2012. Т. 11. № 2. С. 65–74.
4. Серегин С.А., Попова Е.В. Метазоыйный микрозоопланктон северочерноморских вод: обилие и состав в летний период // Международный Научный Институт "Educatio". Ежемесячный научный журнал. 2015. № 3 (10). Ч. 6. С. 166–171.
5. Серегин С.А., Попова Е.В. Видовой состав и численность метазойного микрозоопланктона в северо-восточной части Черного моря летом 2013 г. // Морской биологический журнал. 2016. Т. 1. № 3. С. 35–41.
6. Серегин С.А., Попова Е.В. Микрометазоопланктон черноморских вод Крыма: обилие, видовое разнообразие, тенденции изменений // Морские биологические исследования: достижения и перспективы: сб. матер. Всерос. науч.-практ. конф. (г. Севастополь, 19–24 сентября 2016 г.). Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2016. Т. 2. С. 426–429.
7. Заика В.Е., Морякова В.К., Островская Н. А., Цалкина А. В. Распределение морского микрозоопланктона. Киев: Наукова думка, 1976. 92 с.
8. Ковалев А.В. Орудия и метод суммарного учета морского микро- и мезозоопланктона // Экология моря. 1980. Вып. 3. С. 61–64.
9. Островская Н.А., Скрябин В.А., Загородняя Ю.А. Микрозоопланктон / Ред. А. В Ковалев., З. З. Финенко. Планктон Черного моря. Киев: Наукова думка, 1993. С. 165–183.
10. *Определитель* фауны Черного и Азовского морей: в 3 т. Т.2: Свободноживущие беспозвоночные. Ракообразные. / Академия наук УССР. Институт биологии южных морей. Киев: Наукова думка, 1969. 536 с.
11. Сажина Л.И. Науплиусы массовых видов пелагических копепод мирового океана. Киев: Наукова думка, 1985. 238 с.
12. Островская Н.А., Морякова В.К. Неравномерность распределения и изменчивость концентраций микрозоопланктона в Черном море в позднелетний период // Динамика вод и продуктивность планктона Черного моря. – М.: Коорд. центр стран – членов СЭВ по пробл. "Мировой океан", 1988. – С. 323 – 340.

13. К исследованию зависимости распределения и количества планктона в пограничной сероводородной зоне от ее толщины и глубины залегания в Черном море / Н.А. Островская, Т.М. Ковалева, В.В. Мурина [и др.] // Современные проблемы океанологии Черного моря. Ч.2. Морской гидрофиз. ин-т АН УССР. Севастополь, 1986. 250 с. Деп. в ВИНТИ 17.09.86; №6700–В86. С. 411 – 443.
14. Состояние зоопланктонного сообщества Севастопольской бухты после вселения гребневика *Beroe ovata* в Черное море (1999 – 2003 гг.) / Е.С. Губарева, Л.С. Светличный, З.А. Романова [и др.] // Морской экологический журнал. 2004. Т. 3. № 1. С. 39–46.
15. Финенко Г.А., Романова З.А. Популяционная динамика и энергетика гребневика *Mnemiopsis leidyi* в Севастопольской бухте // Океанология. 2000. **40**, № 5. С. 720–728.
16. Вдодович И.В. Видовое разнообразие и питание личинок летненерестующих видов рыб прибрежной зоны Черного моря: дис. ... канд. биол. наук: 03.00.17. Севастополь, 2011. 166 с.
17. Состояние ихтиопланктона в устьевой части Севастопольской бухты (Черное море) / Т.Н. Климова, И.В. Вдодович, С.М. Игнатьев, С.А. Серегин [и др.] // Журнал Сибирского Федерального Университета. Биология. 2017. 10 (1). С. 74–86.

ABUNDANCE, SPECIES COMPOSITION AND SPATIAL DISTRIBUTION OF METAZOAN MICROZOOPLANKTON IN THE CRIMEAN COASTAL WATERS OF THE BLACK AND AZOV SEAS IN AUTUMN 2016

S.A. Seregin, E.V. Popova

The A.O. Kovalevsky Institute of Marine Biological Research of RAS,
Russian Federation, Sevastopol, Nakhimov Av., 2

Studies were conducted in the coastal waters of the Black and Azov Seas from 25 to 30 October 2016. At 18 stations 51 samples were collected in the upper 30–40-meter layer of the Black Sea waters; in the Azov Sea 8 samples were taken in the surface and bottom layers at 4 stations. The weighted average content of microzooplankton in the studied layer of the Black Sea waters varied from 40 to 147, averaging 102 thous. ind. m⁻³. In the Azov Sea the number of MMZP varied from 18 to 267 thous. ind. m⁻³; in the habitat layer there were 63 thous. ind. m⁻³ on average. The patterns of spatial distribution as a whole repeated the previous observations in different seasons of the year: the abundance peaks were observed in the coastal areas of the Karkinit and Kalamit bays and in general along the western coast. The southern coastal waters of Crimea were characterized by the lowest abundance values; the intermediate position was occupied by the waters of the south-eastern part of the Crimean coast. In the Azov Sea the number of MMZP ranged from 18 to 267 thous. ind. m⁻³; in the habitat layer there were an average of 63 thous. ind. m⁻³. The species structure of the MMZP in the Black Sea was routinely determined by the predominance of the crustacean fraction, which at the time of the year averaged 97.6% and was completely composed of the Black Sea copepods. An average 85% of these (73 to 93%) were individuals of the invader *Oithona davisae*. In the Azov Sea the ratio of crustacean and non-crustacean plankton was 57% and 43% of the total abundance, respectively.

Keywords: metazoan microzooplankton, abundance, species composition, spatial distribution, the coastal zone of the Black and Azov Seas.