

УДК 639.41+639.42(262.5)

Периоды встречаемости личинок *Amphibalanus improvisus* (Cirripedia: Thoracica) в акватории морской фермы (Черное море, Севастополь)

Лисицкая Е. В., Щуров С. В.

Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН
Севастополь, Россия
e.lisitskaya@gmail.com

Исследования выполнены в 2013–2020 годах в акватории мидийно-устричной фермы на взморье Севастополя. Изучена динамика плотности личинок массового вида-обрастателя *Amphibalanus improvisus* Darwin, 1854 (Cirripedia: Thoracica). Материал собирали ежемесячно сетью Джеди (диаметр входного отверстия 36 см, размер ячеек газа – 135 мкм). Облавливали слой воды от дна до поверхности (10–0 м). Обработку проводили на живом материале путем тотального подсчета личинок в камере Богорова. Использовали световые микроскопы МБС-9 и Микмед-5. Фотографии выполнены фотокамерой «Sony cyber-shot 16.2». Личинки усонного рака *A. improvisus* встречались в планктоне круглый год, их количество варьировало. В период гидрологической зимы (декабрь – начало апреля) при температуре воды ниже 10 °С плотность личинок в планктоне не превышала 50 экз./м³. Высокая плотность науплиусов (более 1000 экз./м³) отмечена в периоды с конца апреля по июнь и с конца сентября по ноябрь в температурном диапазоне 13–23 °С. Количество циприсовидных личинок в планктоне увеличивалось с июня по октябрь при температуре воды выше 20 °С. Периоды встречаемости личинок *A. improvisus* в планктоне и предполагаемые сроки их оседания рекомендуется учитывать при разработке биотехники выращивания мидий и устриц. У берегов Крыма в районах размещения мидийно-устричных ферм массовое оседание личинок *A. improvisus* на коллекторы, устричные садки и гидробиотехнические конструкции фермы можно ожидать с мая по октябрь при температуре воды выше 20 °С. Оптимальный период для установки мидийных коллекторов в феврале – марте. Механическую чистку устричных садков от обрастания необходимо проводить регулярно, особенно в летне-осенний период.

Ключевые слова: марикультура, мидийно-устричная ферма, усонogie раки, личинки, Черное море.

ВВЕДЕНИЕ

В Черном море усоногий рак *Amphibalanus improvisus* Darwin, 1854 (Cirripedia: Thoracica) является массовым видом-обрастателем (Зевина, Долгопольская, 1969; Зевина, Полтаруха, 1999). У берегов Крыма взрослые особи баянусов являются массовыми в обрастании как естественных, так и искусственных субстратов (Зевина, 1994; Смирнова и др., 2021). Поселяясь на различных гидротехнических сооружениях, они наносят значительный урон хозяйственной деятельности человека. К гидробиотехническим сооружениям относятся и мидийно-устричные фермы (Холодов и др., 2017; Лисицкая, Щуров, 2020). Их конструкции включают различные бетонные массивы – якоря и канаты-оттяжки, пластиковые поплавки – наплава, несущие хребтины (канаты), коллекторы для оседания мидий и устриц, а также устричные садки. Массовое развитие обрастания на гидробиотехнических установках увеличивает их вес, ухудшает сопротивление волновым нагрузкам. Кроме того, обрастатели конкурируют с культивируемыми моллюсками за пространство и пищу (Звягинцев, 2005; Яхонтова, 2008). В обросших устричных садках затрудняется водообмен, что приводит к замедлению роста устриц (Холодов и др., 2017). Конструкции морских ферм являются субстратом для оседания личинок многих организмов-обрастателей, и в том числе усонного рака *A. improvisus*. В Японском море *A. improvisus* является одним из доминирующих эпибионтов приморского гребешка в подвесной культуре (Korn, Scherbakova, 2012). Учитывая, что использование токсичных противообрастающих красок вредно для культивируемых моллюсков, как способ защиты от обрастания предлагается разработка

технологических приемов культивирования (Звягинцев, 2005). Данные по плотности личинок *A. improvisus* в планктоне позволяют прогнозировать период их оседания на субстрат, что необходимо учитывать при планировании установок гидробиотехнических сооружений и проведении профилактических мероприятий на мидийно-устричных фермах.

Цель данной работы – изучить динамику плотности личинок усоного рака *Amphibalanus improvisus* в акватории мидийно-устричной фермы и определить сроки, оптимальные для гидробиотехнических работ на марихозьях в прибрежных водах Крыма.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проведены в период с 2013 по 2020 годы в акватории мидийно-устричной фермы, расположенной на Внешнем рейде города Севастополя, западнее бухты Мартьяновой (рис. 1). Марихозьяство по выращиванию моллюсков функционирует с 2014 года, когда были выставлены коллекторы для сбора спата и дальнейшего выращивания мидии *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819 (Лисицкая, Щуров, 2020). В 2015 году в акватории фермы установлены две линии садков с устрицами *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793) в количестве до 100 тыс. штук. К 2017 году на трёх носителях фермы выращивали, предположительно, около 15 т мидий. С 2018 года в результате ежегодных закупок молоди устриц в питомниках, количество устриц на ферме достигло около 5 млн. штук. В настоящее время гидробиотехнические работы на ферме продолжают.



Рис. 1. Схема расположения мидийно-устричной фермы

Планктонные съемки в районе мидийно-устричной фермы выполняли в среднем 1–2 раза в месяц в слое 10–0 м. Сбор материала проводили сетью Джеди с диаметром входного отверстия 36 см (размер ячеек газа 135 мкм). Материал обрабатывали в живом виде, для подсчета личинок использовали камеру Богорова и световые микроскопы МБС-9 и Микмед-5. Фотографии выполнены фотокамерой «Sony cyber-shot 16.2». При идентификации личинок использовали ключи и определительные таблицы (Мурина, Гринцов, 1995; Полтаруха, 2002; Полтаруха, Корн, 2008). Данные по температуре воды на поверхности фермы брали из базы

данных, постоянно пополняемой результатами ежемесячных гидрологических наблюдений (Трощенко и др., 2019).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Морфология личинок усоногого рака *A. improvisus* из Черного моря, их изменчивость и продолжительность личиночных стадий детально изучены (Мурина, Гринцов, 1995; Полтаруха, Корн, 2008). В акватории мидийно-устричной фермы баянусы *A. improvisus* встречались на разных стадиях жизненного цикла (рис. 2).

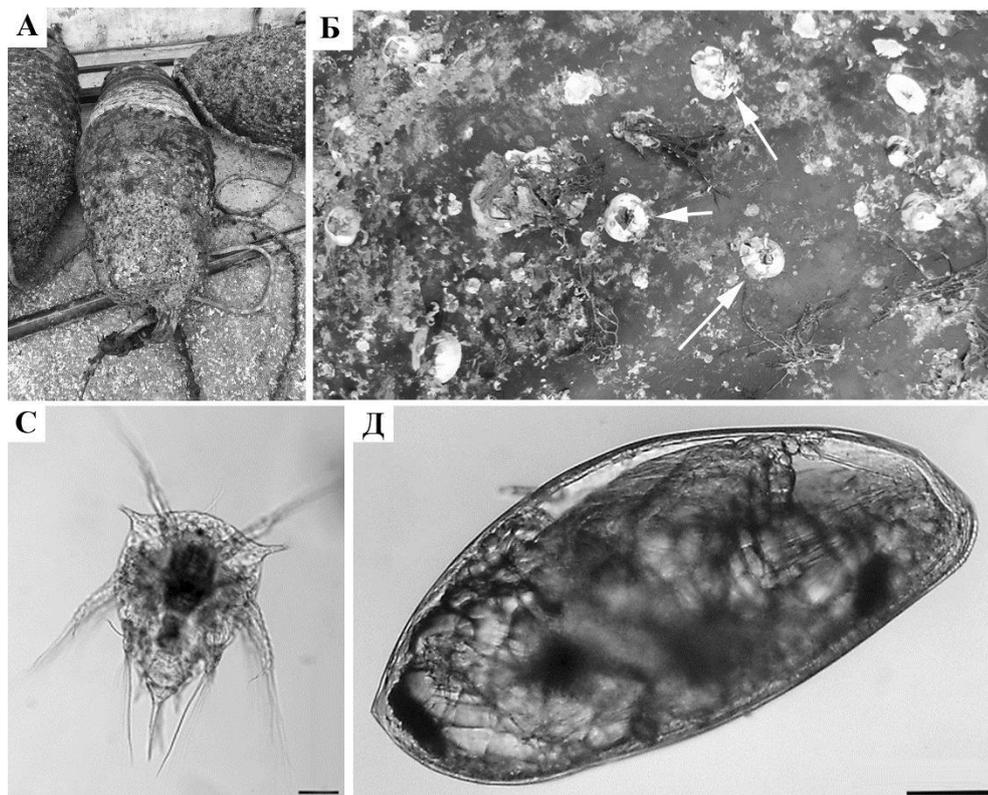


Рис. 2. *Amphibalanus improvisus*

А – обросшие буи; Б – домики баянусов на буях; С – науплиальная личинка; Д – ципривидная личинка. Размер масштабной линейки 100 мкм.

В жизненном цикле баянусов науплиальные личинки выполняют расселительную функцию, а ципривидные – поиск субстрата для оседания, оседание и прикрепление к субстрату (Полтаруха, 2002; Полтаруха, Корн, 2008).

Исследования видового состава и численности пелагических личинок донных беспозвоночных, и в том числе видов-обрастателей, проводились на взморье Севастополя с 1994 года. Личинки *A. improvisus* постоянно встречались в планктоне, однако их плотность существенно изменялась и зависела от даты сбора. По данным 1994–1996 годов, весенний максимум науплиусов *A. improvisus* (567 экз./м³) зарегистрирован в конце апреля 1996 года при температуре воды 9,6 °С, осенние пики численности (448–774 экз./м³) были отмечены в конце сентября – октябре при температуре воды 16,0–17,8 °С (Мурина и др., 2001). В 2002 году максимальная плотность личинок баянусов (156 экз./м³) отмечена в температурном диапазоне 9–13 °С (Мурина, Мазлумян, 2003).

В период 2013–2016 годов в акватории марихозия количество личинок *A. improvisus* увеличивалось с марта по май при прогреве воды от 9,0 до 21,0 °С. В 2015 году максимальная концентрация науплиусов (1600 экз./м³) зарегистрирована в апреле (рис. 3). В 2016 году в

апреле их плотность достигала 1261 экз./м³, в июне – 1110 экз./м³. В 2017 году увеличение плотности личинок до 1683 экз./м³ отмечено в мае. В период исследований увеличение плотности личинок *A. improvisus* зарегистрировано также в октябре (до 1458 экз./м³) и ноябре (до 900 экз./м³), однако регулярных ярко выраженных осенних пиков не наблюдалось. В 2019 году в зимний период при температуре воды ниже 10 °С науплиусы баянусов встречались единично. Весной при прогреве воды их плотность увеличивалась, массовое появление науплиусов на ранних стадиях развития зафиксировано в мае-июне при температуре воды выше 16 °С. В 2020 году отмечена аналогичная ситуация. Существенное уменьшение плотности личинок баянусов отмечено в августе 2019 и 2020 годов, когда вода прогревалась до 26 °С. Можно предположить, что при такой температуре нерест замедляется, а часть личинок, вероятно, уже успевала осесть.

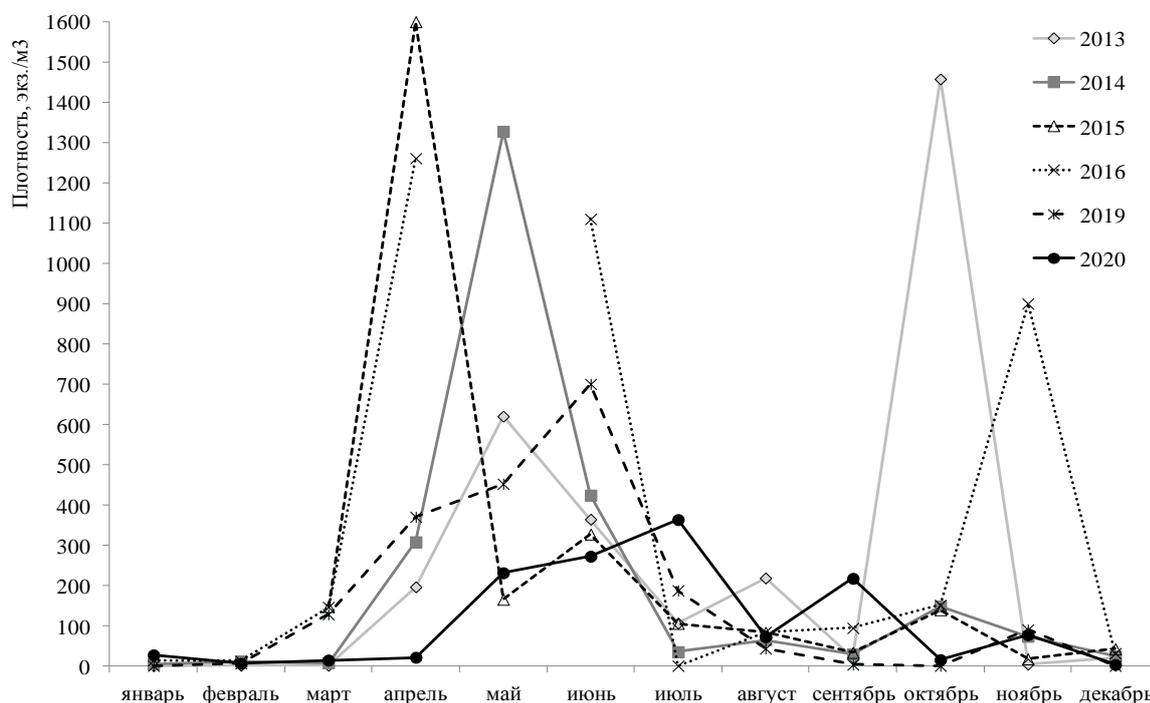


Рис. 3. Динамика плотности личинок *Amphibalanus improvisus* в акватории мидийно-устричной фермы

Календарные пики численности личинок *A. improvisus* в акватории марихозияства в различные годы варьировали, что объясняется как естественными физиологическими ритмами взрослых организмов (сроки созревания гонад, стимуляция или подавление нереста), так и гидрологических характеристиками акватории. В районе мидийно-устричной фермы максимальные значения поверхностной температуры воды были зарегистрированы в августе, а минимальные – в феврале. На рисунке 4 представлено годовое распределение минимальных, максимальных и осредненных значений температуры поверхности моря за период с 2015 по 2020 годы. Можно отметить, что низкие значения численности личинок баянусов отмечены в температурном диапазоне от 7 °С до 10 °С. Плотность науплиусов *A. improvisus* начинала увеличиваться при прогреве воды до 11–13 °С. Максимальные показатели плотности личинок отмечены в температурном диапазоне 13–23 °С. При прогреве воды выше 25 °С плотность науплиусов снижалась.

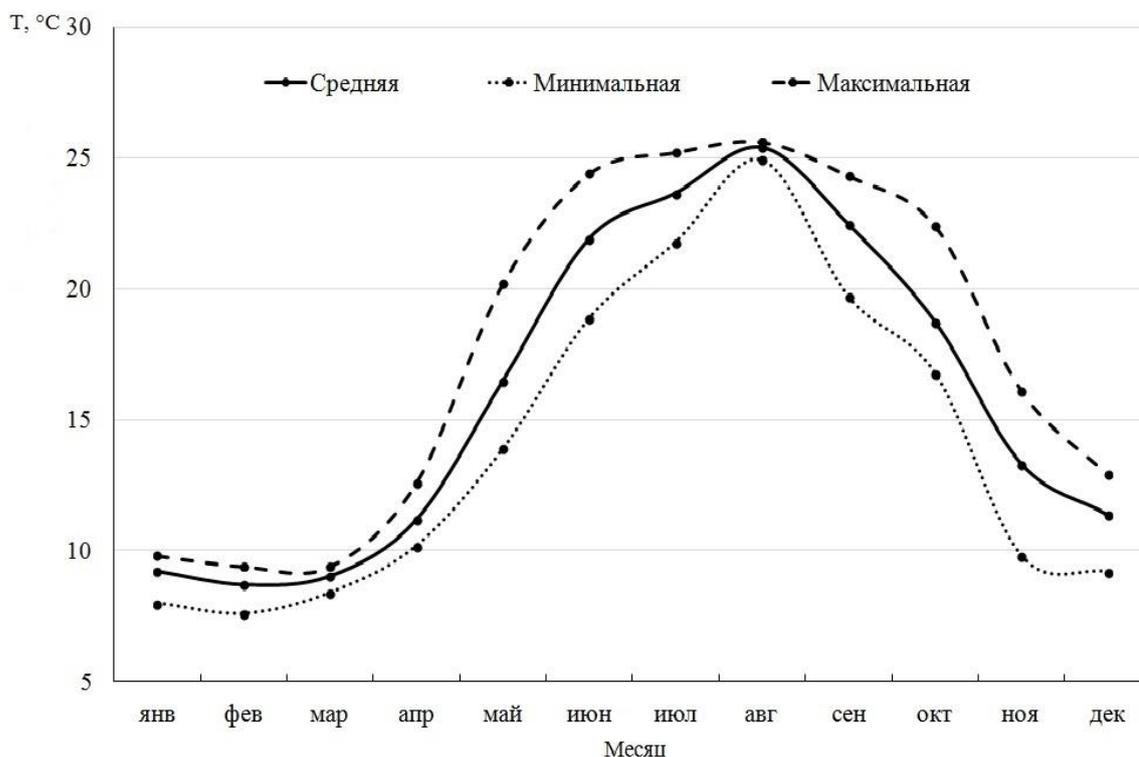


Рис. 4. Годовой ход температуры (Т) на поверхности моря в акватории мидийно-устричной фермы

Колебания численности науплиальных личинок в планктоне зависят от сроков размножения взрослых особей в обрастании. Так, в Японском море *A. improvisus* размножается с конца весны до осени, личинки в планктоне встречаются с мая по октябрь, а пики их плотности отмечены в июле-сентябре (Korn, Scherbakova, 2012). В Черном море, вероятно, репродуктивный цикл *A. improvisus* продолжается круглый год, так как в планктоне постоянно присутствовали личинки данного вида. Варьирование сроков размножения говорит о лабильности репродуктивных процессов у *A. improvisus*, в период размножения вымет личинок в воду происходит неоднократно. Кроме сезонных изменений, связанных с естественным репродуктивным циклом усоногих, отмечены колебания численности личинок вследствие перемещения водных масс во время сгонно-нагонных явлений.

В летний период при прогреве воды выше 20 °C в планктоне марихозайства увеличивалось количество науплиусов *A. improvisus*, находящихся на поздних стадиях развития и ципривидных личинок, готовых к оседанию. С июня по октябрь плотность циприсов достигала 30 экз./м³, тогда как в ноябре – декабре и в мае они встречались единично. Экспериментально установлено, что на ципривидную стадию науплиальные личинки переходят в возрасте 18–20 дней (Мурина, Гринцов, 1995). Таким образом, массовое оседание личинок *A. improvisus* на коллекторы и гидробиотехнические конструкции мидийно-устричной фермы можно ожидать примерно через 2–3 недели после пика численности науплиусов в планктоне.

Оседая на субстрат, личинки баянусов участвуют в образовании первого яруса обрастания. У берегов Крыма наиболее интенсивно сообщество развивается в летне-осенний сезон (июль – ноябрь) (Смирнова и др., 2021). Взрослые особи баянусов встречаются во всех ярусах перифитона. Комплексный мониторинг, выполненный на взморье Севастополя в районе марихозайства, не выявил значительных сезонных изменений гидрохимических показателей. Величина pH в течение года изменялась от 8,1 до 8,55, соленость колебалась в диапазоне 17,9–18,4 ‰. Сезонные изменения основных химических параметров морской воды не лимитировали оседание на субстрат личинок усоногих раков (Karpanov et al., 2020;

Смирнова и др., 2021). Результаты исследований сообщества обрастания мидийных коллекторов в восточной части Черного моря также показали, что усоногий рак *A. improvisus* является одним из характерных видов, для него отмечены наибольшее проективное покрытие (до 50 %) и биомасса (до 4000 г/м) (Яхонтова, 2008).

Периоды встречаемости личинок баянусов в акватории марихозяйства рекомендуется учитывать при планировании работ на мидийно-устричных фермах (табл.). Полученные данные показывают, что у берегов Крыма в районах размещения мидийно-устричных ферм массовое оседание личинок *A. improvisus* на коллекторы, устричные садки и гидробиотехнические конструкции фермы можно ожидать с конца мая по октябрь-ноябрь. Постановку носителей, оттяжек, якорей и буев рекомендуется, по возможности, проводить с декабря по март, чтобы минимизировать процесс их обрастания.

Таблица

Встречаемость личинок *Amphibalanus improvisus* в акватории мидийно-устричной фермы
(по данным 2013–2020 гг.)

Личинки	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
Науплиусы	+	+	+	+++	+++	+++	++	++	++	+++	++	+
Циприсы					ед.	+	+	+	+	+	ед.	ед.

Примечание к таблице. Ед. – встречались единично; + – плотность до 50 экз./м³; ++ – плотность до 1000 экз./м³; +++ – плотность более 1000 экз./м³.

Оптимальный период для установки мидийных коллекторов в феврале – марте, когда в планктоне находится наименьшее количество личинок усоногих раков. В эти же сроки рекомендуется выставлять коллектора и для сбора спата мидий (Холодов и др., 2017). Учитывая, что личинки *A. improvisus* встречаются круглый год, есть потенциальная возможность их оседания в любое время, следовательно, механическую чистку устричных садков от обрастания необходимо проводить регулярно, особенно в летне-осенний период.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В акватории мидийно-устричной фермы личинки усоного рака *A. improvisus* встречались круглый год, их количество варьировало и зависело от сроков нереста взрослых особей и гидродинамики водных масс. В период гидрологической зимы (декабрь – начало апреля) при температуре воды ниже 10 °С плотность личинок не превышала 50 экз./м³. Массовый выход в планктон науплиусов *A. improvisus* отмечен весной при прогреве воды до 12–13 °С. Высокие показатели плотности науплиусов (более 1000 экз./м³) зарегистрированы с конца апреля по июнь и с конца сентября по ноябрь в температурном диапазоне 13–23 °С. Количество циприсовидных личинок в планктоне увеличивалось с июня по октябрь при температуре воды 20–24 °С.

Периоды встречаемости личинок баянусов в планктоне рекомендуется учитывать при разработке биотехники выращивания мидий и устриц. У берегов Крыма в районах размещения мидийно-устричных ферм массовое оседание личинок *A. improvisus* на коллекторы, устричные садки и гидробиотехнические конструкции фермы можно ожидать с мая по октябрь при температуре воды выше 20 °С. Оптимальный период для установки

мидийных коллекторов в феврале – марте. Механическую чистку устричных садков от обрастания необходимо проводить регулярно, особенно в летне-осенний период.

Благодарности. Выражаем благодарность за помощь в отборе проб сотрудникам отдела Аквакультуры и морской фармакологии ИнБЮМ м. н. с. Еремину И. Ю., с. н. с., к. г. н. Попову М. А. и руководству мидийно-устричного хозяйства за предоставленную возможность проводить исследования на ферме.

Работа выполнена в рамках государственного задания ФИЦ ИнБЮМ по теме «Исследование механизмов управления продукционными процессами в биотехнологических комплексах с целью разработки научных основ получения биологически активных веществ и технических продуктов морского генезиса», номер государственной регистрации темы: 121030300149-0.

Список литературы

- Зевина Г. Б., Долгопольская М. А. Подкласс усонogie раки – Cirripedia. Определитель фауны Черного и Азовского морей. – К.: Наукова думка, 1969. – Т. 2. – С. 260–267.
- Зевина Г. Б. Биология морского обрастания. – М.: Изд-во. МГУ, 1994. – 133 с.
- Зевина Г. Б., Полтаруха О. П. Усонogie раки (Cirripedia, Thoracica) Черного моря // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический. – 1999. – Т. 104, вып. 1. – С. 30–39.
- Звягинцев А. Ю. Морское обрастание в северо-западной части Тихого океана. – Владивосток: Дальнаука, 2005. – 432 с.
- Лисицкая Е. В., Щуров С. В. Роль полихет в сообществе обрастания на мидийно-устричных фермах (Крым, Черное море) // Вопросы рыболовства. – 2020. – Т. 21, № 1. – С. 74–83.
- Мурина В. В., Гринцов В. А. Морфология личинок *Balanus improvisus* (Cirripedia: Thoracica) из Черного моря // Вестник зоологии. – 1995. – № 4. – С. 49–53.
- Мурина В. В., Лисицкая Е. В., Шаляпин В. К. Личинки массовых видов донных беспозвоночных в планктоне Севастопольской бухты // Гидробиологический журнал. – 2001. – Т. 37, № 2. – С. 13–30.
- Мурина В. В., Мазлумян С. А. Сезонная динамика меропланктона на взморье у Севастополя. Современное состояние биоразнообразия прибрежных вод Крыма (черноморский сектор). – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2003. – С. 104–108.
- Полтаруха О. П. Диагностические признаки и ключ для определения всех науплиальных стадий усонogie раков (Crustacea, Cirripedia, Thoracica), постоянно обитающих в Черном море // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический. – 2002. – Т. 107, вып. 1. – С. 26–31.
- Полтаруха О. П., Корн О. М. Атлас-определитель личинок усонogie раков (Cirripedia: Thoracica) прибрежных вод России. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008. – 152 с.
- Смирнова Л. Л., Кошкарлов А. А., Сизова О. С. Развитие сообществ обрастания на антропогенных поверхностях в прибрежных водах Черного моря // Биология внутренних вод. – 2021. – № 5. – С. 461–471. DOI: 10.31857/S0320965221040136
- Трошенко О. А., Щуров С. В., Еремин И. Ю. Гидрологические характеристики в районе морской фермы на взморье Севастополя, Черное море (2000–2019 гг.): св-во о гос. рег. базы данных 2020620422 Российская Федерация; № 2020620250; заявл. 26.02.2020; опублик. 06.03.2020, Бюл. № 3. РИНЦ РОСРИД.
- Холодов В. И., Пиркова А. В., Ладыгина Л. В. Выращивание мидий и устриц в Чёрном море. – Воронеж: ООО «ИЗДАТ-ПРИНТ», 2017. – 508 с.
- Яхонтова И. В. Сообщество обрастания мидийных коллекторов в восточной части Черного моря: автореф. дис. канд. биол. наук. – Москва: ВНИРО, 2008. – 25 с.
- Karpanov S. V., Kovrigina N. P., Troshchenko O. A., Rodionova N. Yu. Long-term variations of thermohaline and hydrochemical characteristics in the mussel farm area in the coastal waters off Sevastopol (Black Sea) in 2001–2018 // Continental Shelf Research. – 2020. – Vol. 206. – P. 1–16.
- Korn O. M., Scherbakova N. V. The distribution of cirripede larvae (Cirripedia: Thoracica) in the Amursky and Ussuriysky Bays of the Sea of Japan // Russian Journal of Marine Biology. – 2012. – Vol. 38, N 2. – P. 166–178.

Lisitskaya E. V., Shchurov S. V. Periods of occurrence of larvae of the *Amphibalanus improvisus* (Cirripedia: Thoracica) in the water area of a marine farm (Sevastopol, the Black Sea) // Ekosistemy. 2022. Iss. 30. P. 114–121.

The research was carried out in the water area of a mussel-oysters farm near Sevastopol in 2013–2020. The dynamics of the density of larvae of the fouling species *Amphibalanus improvisus* Darwin, 1854 (Cirripedia: Thoracica) was studied. Research materials were collected with a Juday plankton net (net mouth diameter of 36 cm, mesh size of 135 μm). A layer of water was examined from the bottom to the surface (10-0 m). Live material was processed by total calculation of larvae number in Bogorov chamber. Moreover, light microscopes MBS-9 and Mikmed-5 were used for the research. The photos were taken with a Sony cyber-shot 16.2 camera. Larvae of the barnacle *A. improvisus* were found in plankton all year round, but their number was different. The density of larvae in plankton did not exceed 50 ind./m³ during the hydrological winter (December – early April), when water temperature was below 10 °C. The maximum density of nauplii (more than 1000 ind./m³) was observed in the periods from the end of April to June and from the end of September to November in the temperature range of 13–23 °C. The number of cypris stages in plankton increased from June to October at water temperature above 20 °C. It is recommended to take into account the periods of occurrence of *A. improvisus* larvae in plankton and the estimated time of their settling when developing biotechnics for growing mussels and oysters. Off the coast of Crimea, in areas where marine farms are located, mass settling of *A. improvisus* larvae on collectors, oyster cages and hydrobiotechnical farm structures can be expected from May to October at water temperatures above 20 °C. The optimal period for installing mussel collectors is February – March. Mechanical cleaning of oyster cells from fouling should be carried out regularly, especially in the summer and autumn period.

Key words: mariculture, mussel-oysters farm, barnacles, larvae, the Black Sea.

Поступила в редакцию 07.05.22
Принята к печати 15.06.22