

УДК 594.1:627

МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА ПОСЕЛЕНИЯ МИДИЙ НА КРУПНОМ ГИДРОТЕХНИЧЕСКОМ СООРУЖЕНИИ

Соловьёва О. В.

*ФГБУН ФИЦ "Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН",
Севастополь, Россия
E-mail: kozl_ua_oly@mail.ru*

В работе исследовалась пространственная и временная изменчивость обилия и масс-размерных характеристик поселений моллюска *Mytilus galloprovincialis* (Lam., 1819) на крупном гидротехническом сооружении. Установлено, что численность мидий на подводной части набережной Севастопольской бухты в период с 2005 по 2018 гг. колебалась в пределах от 13 до 50586 экз.·м⁻². Биомасса мидий в период исследований была в диапазоне от нескольких граммов на квадратный метр до 20 кг на единицу площади. В период исследований на сооружении обитали мидии в диапазоне размеров от 0 до 60–70 мм. Преимущественно численно доминировала размерная группа длиной до 10 мм. Вероятно, отмеченные колебания обилия мидиевых поселений на исследуемом сооружении, являются закономерными сукцессионными изменениями, связанными с комплексом абиотических, биотических и антропогенных факторов.

Ключевые слова: гидротехнические сооружения, мидии, многолетняя динамика, Чёрное море.

ВВЕДЕНИЕ

Прибрежная зона урбанизированных территорий в настоящее время является зоной максимального антропогенного пресса. Побережье городов изобилует гидротехническими сооружениями различного назначения. Такие конструкции становятся новыми дополнительными субстратами для поселения организмов – обрастателей. Одним из наиболее массовых видов гидробионтов на подводной части гидротехнических сооружений в условиях северного побережья Чёрного моря являются мидии, образующие в последние годы на различных его участках поселения с плотностью от 403 до 14726 экз.·м⁻² [1].

Севастопольская бухта – самая крупная портовая акватория эстуарного типа в Чёрном море. Её протяжённость составляет около 7,3 км, при максимальной ширине – около 1,4 км. Вход в бухту частично ограничен защитными молами. Внутри акватории функционирует множество причалов различного конструктивного типа. Побережье бухты, примыкающее к центральной части г. Севастополя, обрамлено бетонной набережной протяжённостью почти 2 км. На этом крупном гидротехническом сооружении формируются обильные поселения митилидных моллюсков, которые систематически исследуются с 2005 г.

Численность митилидных моллюсков в прибрежной зоне может претерпевать существенные колебания [2, 3]. В последние годы снижение численности и биомассы мидий в естественных поселениях отмечено в различных районах

Чёрного моря [4–6], в том числе на отдельных участках крымского побережья [6, 3]. При этом данные о многолетней динамике поселений мидии на искусственных субстратах крымского побережья ограничены.

Целью работы стало исследование пространственной и временной изменчивости обилия и масс-размерных характеристик поселений моллюска *Mytilus galloprovincialis* (Lam., 1819) на примере крупного гидротехнического сооружения.

Полученные данные могут частично восполнить пробел в информации о состоянии митилидных поселений твёрдых субстратов северной части Чёрного моря. При этом мы полагаем, что изменение обилия руководящих видов митилид в обрастании модельного гидротехнического сооружения во времени является неизбежным сукцессионным процессом. Он протекает, преимущественно, в связи с изменением абиотических условий и под влиянием антропогенного фактора [2, 7].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материал собран на семи станциях (ст.), расположенных вдоль набережной Севастопольской бухты, между мысами Николаевским и Хрустальным (рис. 1). Пробы были отобраны в результате семи съёмов: в июне 2005, 2009, 2010, 2015, 2016, 2017 и 2018 гг. ручным скребком с глубины 0,5–1 м. В 2005 г. пробоотбор производился на площадке 25×25 см в пяти повторностях, и 16×16 см в трёх повторках – при последующих работах. В 2010 г. пробы отбирали только на ст. 2. Таким образом, общее число проб, собранных на семи станциях, составило 143.

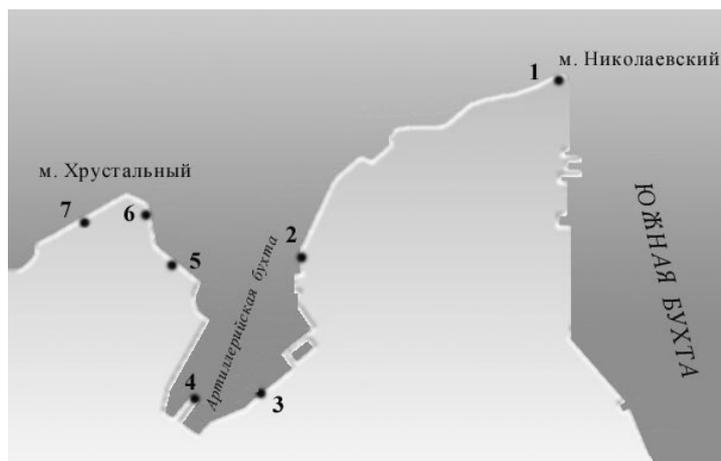


Рис. 1. Схема отбора проб на набережной Севастопольской бухты

Из образцов обрастания, собранных с поверхности набережной Севастопольской бухты, отбирали мидий (*Mytilus galloprovincialis* Lam., 1819). Далее их измеряли штангенциркулем (точность 0.1 мм) и разделяли на размерные группы 1–10, 11–20, 21–30, 31–40, 41–50, 51–60, 61–70, 71–80, 81–90, 91–100 мм. Особи с пограничным размером относили к группе более крупных организмов.

Особей мельче 1 мм не учитывали. После удаления жидкости из створок моллюсков их взвешивали на технических весах (точность 0,1 г).

Распределению моллюсков на твёрдых субстратах присуща пятнистость [8], что зачастую понижает достоверность сравнения такого рода данных. Проверка показала негауссовский характер распределения исследуемых величин. В результате статистические оценки проводили непараметрическими методами. Достоверность межгодовой изменчивости численности мидий была оценена с использованием непараметрического теста Фридмана ($p \leq 0,05$). Для оценки пространственной изменчивости показателей численности и биомассы моллюсков использовали ряд статистических тестов: сравнение рангов, медианный тест, тест Крассела-Валлиса ($p \leq 0,05$).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Численность мидий в период исследований колебалась в пределах от 13 до 50586 экз. \cdot м² (рис. 2). В 2015 г. на отдельных станциях отмечен многократный рост этого показателя относительно показателей предшествующего периода. В 2016 г. всплеск числа мидий наблюдался практически на всех станциях отбора проб. На следующий год следовало резкое снижение (относительно предыдущего), а затем в среднем отмечен рост по сооружению. Численность митилидных моллюсков в прибрежной зоне может претерпевать существенные колебания. Данный факт отмечен в различных регионах мира [13, 6]. Причинами этого явления могут быть повышение плотности спата, гидрологические факторы, в частности, аномальные температуры, влияющие на его способность удерживаться на субстрате [14, 15] и др. В нашем случае отсутствуют данные об обилии спата, также судя по гидрометеорологическим сводкам, нельзя говорить о наличии аномальных температур в период исследования. В период пробоотбора (в 2016–2018 гг.) температура воды составляла 18^oC [16]. Вопрос выявления группы факторов, влияющих на характеристики поселений остаётся насущным. Причина этих явлений до конца не ясна ввиду своей многофакторности. В частности, их связывают с естественной цикличностью, влиянием абиотических и биотических факторов окружающей среды [17, 8], хаотическими явлениями [18].

Аппроксимация изменения средней по сооружению численности во времени линейной зависимостью показала низкую достоверность такого рода тренда ($R^2=0,06$). Таким образом, мы наблюдаем флуктуации численности мидий, которые достигают порядка величин и, вероятно, носят естественный характер. Колебание обилия митилидных поселений отмечаются на объектах различного масштаба и в разнообразных регионах. Исследователи склоняются к тому, что они преимущественно связаны не с обилием спата, а с факторами среды, определяющими смертность моллюсков – основной демографический фактор [9, 10]. Особенно выражены колебания были на станциях с высокими показателями численности (ст. 4, 5, 6). На участках, где моллюсков было мало, рост их числа был не столь выраженным.

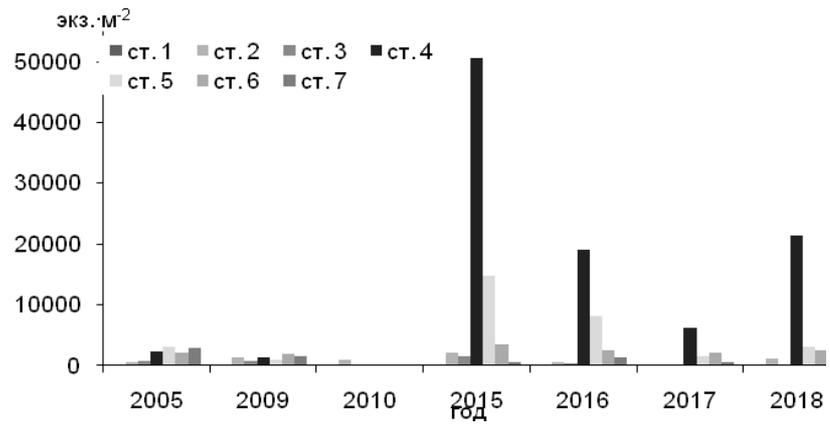


Рис. 2. Численность мидий на набережной Севастопольской бухты (ст. 1 –ст.7) в период 2005–2018 гг. (экз.·м⁻²)

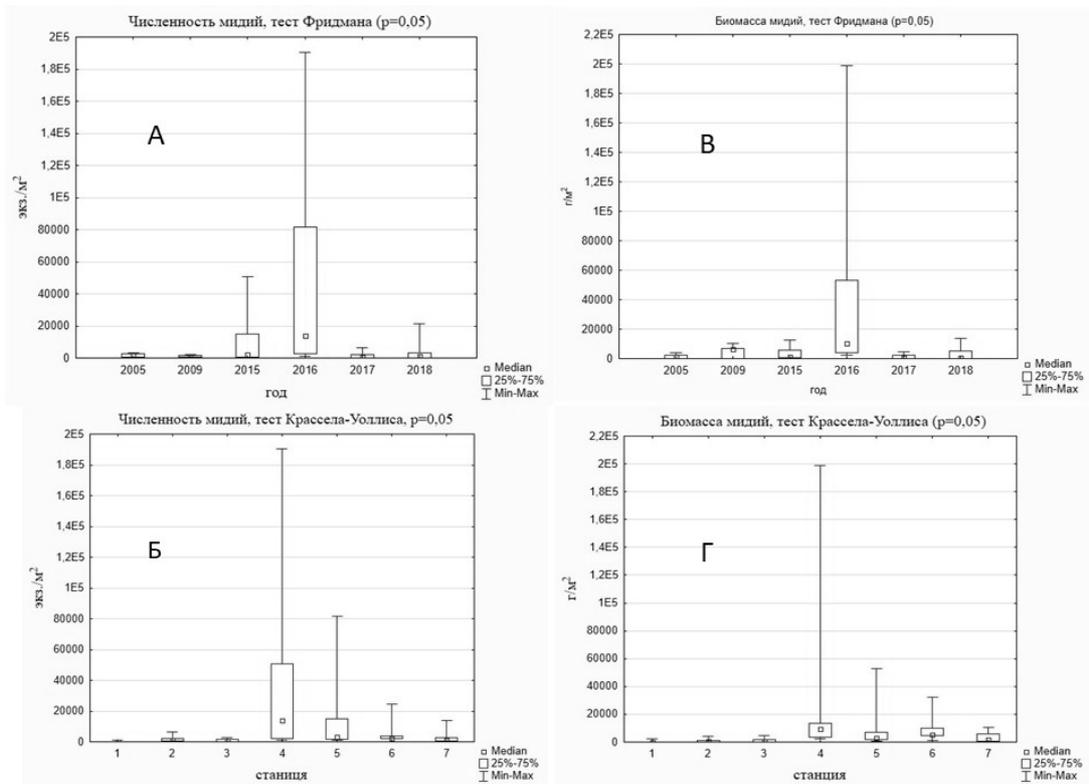


Рис. 3. Графики результатов статистических тестов (А – тест Фридмана для численности мидий; Б – тест Крассела-Уоллиса для численности мидий; В – тест Фридмана для биомассы мидий; Г – Крассела-Уоллиса для биомассы мидий)

Биомасса мидий в период с 2005 по 2018 гг. имела широкий диапазон колебаний и составляла от нескольких граммов на квадратный метр до 20 кг на единицу площади (рис. 4). В пределах отдельных станций флуктуации также доходили до 2-х порядков. Наибольшими показателями выделялась ст. 4, где биомасса данного вида была в пределах от 2 до 20 кг·м⁻². Наименьшие показатели обилия наблюдались на ст. 1. В 2015–2016 гг. отмечен рост биомассы, наиболее выраженный в 2016 г. В дальнейшем она постепенно снижалась. Рост биомассы в отдельные периоды наиболее ярко выражен на станциях с обильным мидиевым обрастанием (ст. 4 – ст. 7). В среднем по сооружению временная трансформация биомассы мидий не имела достоверного тренда ($R^2=0,04$).

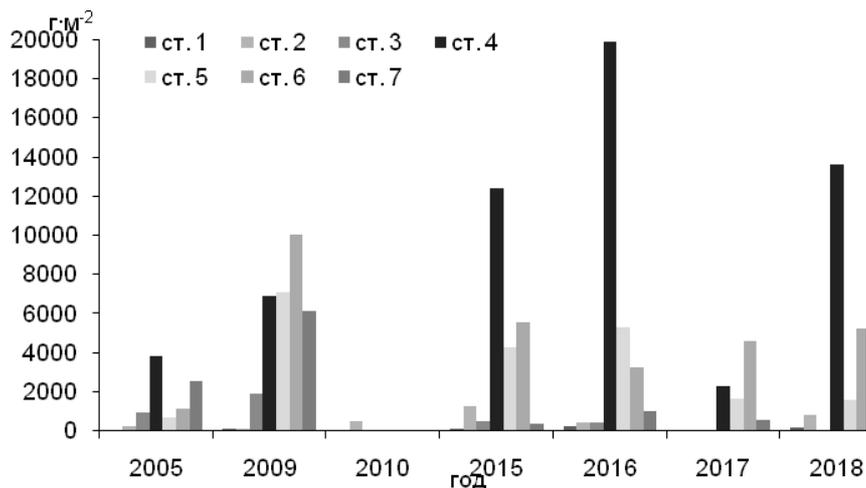


Рис. 4. Биомасса мидий на набережной Севастопольской бухты (ст. 1 – ст.7) в период 2005–2018 гг. (г·м⁻²)

Анализ (тест Фридмана ($p \leq 0,05$)) показал статистическую достоверность имеющихся различий и его результаты указывают на наличие значимых колебаний биомассы мидий в период с 2005 по 2018 гг (рис. 3 В). Большая часть различий связана со всплеском показателей в 2016 г. Если исключить из анализа 2016 г., который отличался высоким обилием, по-прежнему можно фиксировать достоверные межгодовые колебания биомассы мидий на подводной части набережной Севастопольской бухты.

Пространственная изменчивость исследуемого показателя была исследована с помощью непараметрических статистических методов (сравнение рангов, медианный тест, тест Крассела-Валлиса), которые подтвердили статистическую значимость отличий (рис. 3 Г). Наибольшие значения показателей обилия мидий систематически были на ст. 4, находящейся в вершинной части б. Артиллерийской. Вероятно, там существуют условия, благоприятные для обитания данного вида в поверхностном горизонте гидротехнических сооружений. Эта станция

ориентирована на северо-восток. Она находится в куте бухты, и наименее подвержена штормам, что улучшает условия оседания и выживания молодежи мидий [8]. Невысокие показатели обилия отмечались на ст. 1 – 3 и 7 – имеющих одинаковую ориентацию – северо-запад. В результате такой ориентации при ветрах северо-западных румбов данные участки нередко находятся под ударом достаточно мощных волн. Таким образом, пространственные различия в распределении моллюсков в большой степени можно связать с волновой нагрузкой на конкретный отрезок набережной.

В период исследований на сооружениях обитали мидии в диапазоне размеров от 0 до 60...70 мм (рис. 5). Единичные моллюски крупнее 60 мм обнаружены только в 2015 г. В 2005, 2010, 2015, 2017, 2018 гг. преобладала по численности размерная группа длиной до 10 мм. В 2009 и 2016 гг. доминировали мидии длиной 20–30 мм, что может быть связано с более ранним оседанием спата и его хорошей выживаемостью в указанные годы. Известно, что в условиях Севастопольской бухты массовое оседание мидий происходит в период с апреля по июнь [11], а его начало связано с температурой воды и может иметь определённое смещение [8]. В результате количество более крупных моллюсков в период пробоотбора было выше, чем в другие годы. В целом с увеличением размеров, доля особей снижалась.

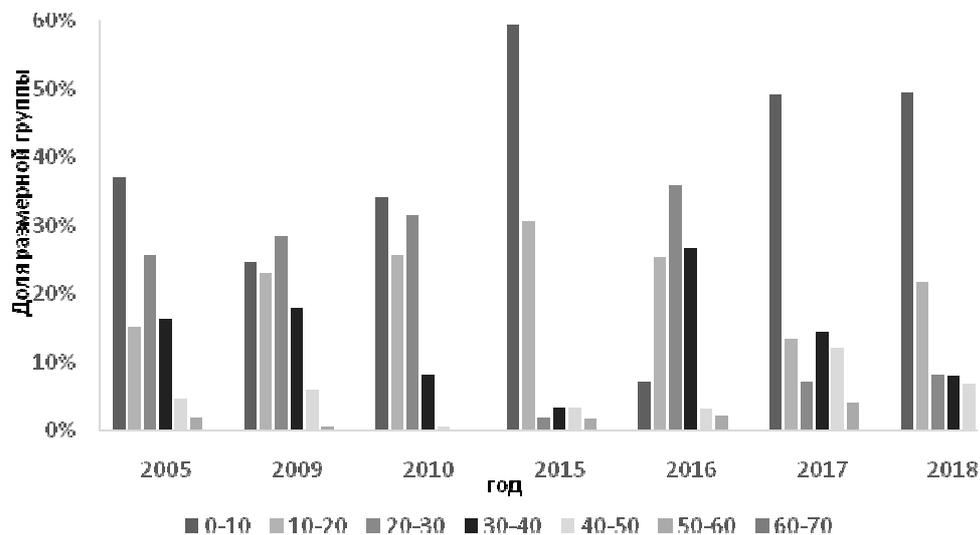


Рис. 5. Размерный состав мидий на набережной Севастопольской бухты в период 2005–2018 гг., %

Судя по линейным размерам, продолжительность жизни моллюсков не превышала один год [8]. В целом размерный состав мидий говорит о незначительной продолжительности их жизни, что характерно для данного горизонта. А размерная структура поселений определяется ритмами оседания и выживаемостью годовиков [8].

Обращает на себя внимание рост обилия мидий в 2016 г. Особенно он был выражен на ст. 4, где в этот год показатели биомассы достигали почти 20 кг·м⁻². Судя по размерной структуре поселений, данный всплеск в меньшей мере связан с обильным оседанием спата, а в большей – с высокой выживаемостью моллюсков. Об этом свидетельствует размерная структура мидиевого поселения на набережной. Где в 2016 г. на долю молоди длиной до 1 см приходилось 7 %, а на более крупные размерные фракции (11–40 мм) – суммарно 88 %. При том, что в другие годы вклад молоди длиной до 1 см в размерную структуру поселения достигал 49 %.

Флуктуации численности и биомассы мидий, омоложение популяции, в связи с уменьшением продолжительности жизни особей отмечалось и на других участках крымского побережья (скалы Карадага). На более продолжительном временном отрезке (около 70 лет) отмечался как весомый рост обилия моллюсков, так и его существенное сокращение. Данные явления авторы связывают с изменением степени эвтрофирования Чёрного моря и лишь отчасти с прессом хищного моллюска-вселенца *Rapana venosa* [12]. Отдельные авторы, опираясь на многолетние данные о поселениях мидий на твёрдых субстратах, предполагают циклический характер развития указанных поселений с периодом около 70 лет [19]. Таким образом, вероятно, что отмеченные колебания обилия мидиевых поселений на исследуемом сооружении, являются закономерными сукцессионными изменениями, связанными с комплексом абиотических, биотических и антропогенных факторов [2, 7, 12].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Численность мидий на подводной части набережной Севастопольской бухты в период с 2005 по 2018 гг. колебалась в пределах от 13 до 50586 экз·м⁻². Биомасса мидий в период исследований была в диапазоне от нескольких граммов на квадратный метр до 20 кг на единицу площади. Значимого тренда в изменении средних показателей численности и биомассы не отмечено.
2. Статистический анализ показал наличие достоверных межгодовых колебаний численности и биомассы данного вида. Разброс численности на станциях с различными гидродинамическими условиями составлял в отдельные периоды от нескольких раз (2009 г.) до двух порядков величин (2015 г.). Межгодовые колебания численности данного вида были преимущественно связаны с увеличением численности мидий в 2015–2016 гг. Временные флуктуации биомассы моллюска в большей мере обусловлены всплеском показателей в 2016 г. Если исключить из анализа 2016 г., который отличался высоким обилием, по-прежнему можно фиксировать достоверные межгодовые колебания биомассы мидий на подводной части набережной Севастопольской бухты.
3. Изменчивость показателей обилия мидии на различных участках набережной имела статистическую достоверность. Наибольшие значения численности и биомассы мидий систематически были на станции, находящейся в вершинной части б. Артиллерийской. Невысокая плотность поселения отмечалась на

станциях, имеющих одинаковую ориентацию – северо-запад. В результате такой ориентации при ветрах северо-западных румбов данные участки нередко находятся под ударом достаточно мощных волн. Таким образом, вероятно, что пространственные различия в распределении моллюсков в большой степени можно связать с волновой нагрузкой на конкретный отрезок набережной.

4. В период исследований на сооружении обитали мидии в диапазоне размеров от 0 до 60–70 мм. Большую часть периода исследования численно доминировала размерная группа длиной до 10 мм. В целом размерный состав мидий говорит о незначительной продолжительности жизни мидий, что характерно для приповерхностного горизонта. Размерная структура поселений преимущественно определяется ритмами оседания и выживаемостью годовиков.

Работа выполнена в рамках государственного задания ФИЦ ИнБЮМ по теме «Молисмологические и биогеохимические основы гомеостаза морских экосистем» (№ гос. регистрации АААА-А18-118020890090-2).

Список литературы

1. Соловьёва О. В. Митилидное обрастание отдельных гидротехнических сооружений в прибрежных акваториях Севастополя (Крым, Черное море) / О. В. Соловьёва // Экология и строительство. – 2019. – № 2. – С. 27–34. doi: 10.35688/2413-8452-2019-02-004.
2. McQuaid C. D. Simple, scale-dependent patterns emerge from very complex effects – an example from the intertidal mussels *Mytilus Galloprovincialis* and *Perna Perna* / C. D. McQuaid, F. Porri, K. R. Nicastro [at al.] // Oceanography and Marine Biology: An Annual Review. – 2015. – № 53. – С. 127–156.
3. Соловьёва О. В. Динамика совместных поселений *Mytilus galloprovincialis* Lam. и *Mytilaster lineatus* Gmel. на крупном гидротехническом сооружении в условиях Севастопольской бухты (Чёрное море) / О. В. Соловьёва // Известия Уфимского научного центра Российской академии наук. – 2017. – № 3. – С. 83–89.
4. Елецкий Б. Д. Концепция сохранения и использования запасов двустворчатых моллюсков в восточной части Чёрного моря: Автореферат дис. ...д-ра биол. наук. / Елецкий Б. Д. – Краснодар. – 2006. – 46 с.
5. Шурова Н. М. Структурно-функциональная организация популяции мидий *Mytilus galloprovincialis* Черного моря / Н. М. Шурова. – Киев.: Наукова думка., 2013. – 206 с.
6. Ковалёва М. А. Многолетняя динамика макрофауны скал в акватории Карадага (Чёрное море) / М. А. Ковалёва, М. В. Макаров, Н. А. Болтачёва [и др.] // Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту. Сер. Біол. – 2015. – № 3–4 (64). – С. 320–325.
7. Говорин И. А. Перифитонные поселения мидий *Mytilusgalloprovincialis* (Lamarck, 1819) и митилистера *Mytilasterlineatus* (Gmelin, 1791) в условиях аномально высокой температуры прибрежных морских вод / И. А. Говорин, Е. И. Шацилло // Ruthenica. – 2012. – Vol. 22., No. 2. – С. 101–110.
8. Заика В. Е. Митилиды Чёрного моря. / В. Е. Заика, Н. А. Валовая, А. С. Повчун [и др.] – Киев: Наукова думка, 1990. – 208 с.
9. Blanchette C. A. Distribution, abundance, size and recruitment of the mussel, *Mytilus californianus*, across a major oceanographic and biogeographic boundary at Point Conception, California, USA / C. A. Blanchette, S. D. Gaines // Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. – 2007. – № 340. – P. 268–279.

10. James L. Bodkin. Variation in abundance of Pacific Blue Mussel (*Mytilus trossulus*) in the Northern Gulf of Alaska, 2006–2015 / James L. Bodkin, H. A. Coletti, B. E. Ballachey [at al.] // Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography. – January 2018. – Vol. 147. – P. 87–97.
11. Далёкая Л. Б. Влияние структуры предшествующих сообществ на оседание мидий / Л. Б. Далёкая // Научно-технические проблемы марикультуры в стране: Всес. конф., 16–20 мая, 1990. тез. докл., Владивосток – 1989. – С. 80–81.
12. Ковалёва М. А. Многолетняя динамика состояния поселения Mytilidae скалах Карадага (Чёрное море) / М. А. Ковалёва, Н. А. Болтачёва, Н. С. Костенко // Морской экологический журнал – Т. XI, № 2. – 2012. – С. 39–43.
13. Dankers N. Variations in the mussel population of the Dutch Wadden Sea in relation to monitoring of other ecological parameters / N. Dankers, K. Koelemaij // Helgoländer Meeresunters. – 1989. – № 43. – P. 529–535.
14. Золотницкий А. П. Рост спата черноморской устрицы, полученного в искусственных условиях / А. П. Золотницкий, В. Л. Монин // Рыбное хоз-во. – 1988. – № 9. – С. 51–53.
15. Габаев Д. Д. Антропогенное эвтрофирование залива Посьета Японского моря установками марикультуры / Д. Д. Габаев, А. В. Кучерявенко, Н. А. Шепель // Биол. Моря. – 1998. – Т. 24, № 1 – С. 53–62.
16. <https://seatemperature.ru/>
17. Paine R. T. Intertidal landscapes: Disturbance and the dynamics of pattern. / R. T. Paine, S. A. Levin // Ecological Monographs. – 1981. – № 51(2). – P. 145–178.
18. Benincà E. Species fluctuations sustained by a cyclic succession at the edge of chaos / E. Benincà, B. Ballantine, S. P. Ellner [at al.] // Proceedings of the National Academy of Sciences. – 2015. – Vol. 112, № 20. – P. 6389–6394.
19. Бондарев И. П. Динамика руководящих видов современных фаций Черного моря / И. П. Бондарев // Геология и полезные ископаемые мирового океана. – 2013. – № 3. – С. 78–93.

LONG-TERM DYNAMICS OF MUSSELS SETTLEMENTS ON A LARGE-SCALE MARITIME WORK

Soloveva O. V.

*A. O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS, Sevastopol, Russia
E-mail: kozl_ya_oly@mail.ru*

A maritime works form additional substrates for the settlement of fouling organisms. One of the most widespread species of aquatic organisms on the underwater part of marine waterworks in the conditions of the northern Black Sea coast are mussels. The aim of the work was to study the spatial and temporal variability of the abundance and mass-size characteristics of mollusk *Mytilus galloprovincialis* (Lam., 1819) settlements using an example of a large hydraulic structure. The data obtained can partially fill the gap in the information on the state of Mytilidae settlements of solid substrates of the northern part of the Black Sea.

The spatial and temporal variability of abundance and mass-size characteristics of *Mytilus galloprovincialis* (Lam., 1819) settlements at a large maritime work was studied. It was established that the number of mussels on the underwater part of the quay of the

Sevastopol Bay in the period from 2005 to 2018 ranged from 13 to 50586 ind. \cdot m⁻². During the study period, the mussel biomass ranged from a few grams to 20 kg per square meter.

Statistical analysis demonstrated the presence of reliable interannual fluctuations in the abundance and biomass of this species. The spread in number at stations with different hydrodynamic conditions ranged from several times (2009) to two orders of magnitude (2015) in some periods. Interannual fluctuations in the abundance of this species were mainly associated with an increase in the number of mussels in 2015–2016. Temporary fluctuations in mollusk biomass were mainly due to a spike in indicators in 2016. If we exclude from the analysis of 2016, which was characterized by a high abundance, we can still record reliable interannual fluctuations of mussel biomass on the underwater part of the embankment of the Sevastopol Bay. The variability of the abundance of mussel in various sections of the embankment was statistically significant. The highest abundance and biomass of mussels were systematically at the station located in the apical part of Artilleriyskaya bay. Low settlement density was noted at stations with the same orientation – northwest. As a result of this orientation, in the northwestern winds, these sections were often under the influence of sufficiently powerful waves. Thus, it is likely that spatial differences in the distribution of mollusks to a large extent can be associated with the wave load on a particular section of the embankment.

During the research period, mussels size range on the structure was from 0 to 60...70 mm. The size group up to 10 mm in length dominated numerically. As a whole, the size structure of mussels indicated an insignificant lifetime of mollusks, which is characteristic for the near-surface horizon. The size structure of the settlements was mainly determined by the rhythms of fouling and the survival rate of yearlings. Probably, the marked fluctuations in the abundance of mussel populations at the studied structure were regular succession changes associated with a complex of abiotic, biotic and anthropogenic factors.

Keywords: maritime works, mussels, long-term dynamics, Black Sea.

References

1. Soloveva O. V. Mytilidae fouling of individual hydraulic structures in the coastal waters of Sevastopol (Crimea, Black Sea), *Ekologiya i stroitel'stvo*, **27**, 2, (2019) doi: 10.35688 / 2413-8452-2019-02-004.
2. McQuaid C. D., Porri F., Nicastro K. R. at al. Simple, scale-dependent patterns emerge from very complex effects – an example from the intertidal mussels *Mytilus Galloprovincialis* and *Perna Perna*, *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*, **53**, 127 (2015).
3. Soloveva O. V. The dynamics of mixed settlements of *Mytilus galloprovincialis* Lam. and *Mytilaster lineatus* Gmel. on a large-scale hydraulic structure in the conditions of the Sevastopol Bay (Black Sea), *Izvestiya Ufimskogo nauchnogo centra RAN*, **83**, 3, (2017).
4. Yeletsky B. D. The concept of conservation and use of stocks of bivalve mollusks in the eastern part of the Black Sea: Abstract dis. ... Dr. biologist. sciences. Krasnodar, 2006.46 p.
5. Shurova N. M. Structural and functional organization of the mussel population *Mytilus galloprovincialis* of the Black Sea. Kiev.: Naukova Dumka., p.206 (2013).
6. Kovaleva M. A., Makarov M. V., Boltacheva N. A. et al. Long-term dynamics of the macro-fauna of rocks in the Karadag (Black Sea), *Nauk. zap. Ternop. nac. ped. un-tu. Ser. Biol.*, **3-4 (64)**, 320 (2015).
7. Govorin I. A., Shatsillo E. I. Periphytonic settlements of mussels *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck, 1819) and *mitilaster Mytilaster lineatus* (Gmelin, 1791) under conditions of abnormally high temperature of coastal sea waters, *Ruthenica*, **22**, 2, 101 (2012).

8. Zaika V. E., Valovaya N. A., Povchun A. S. et al. *Mytilides of the Black Sea*, 208 p. (Kiev: Naukova Dumka, 1990).
9. Blanchette C. A., Gaines S. D. Distribution, abundance, size and recruitment of the mussel, *Mytilus californianus*, across a major oceanographic and biogeographic boundary at Point Conception, California, USA, *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, **340**, 268 (2007).
10. Bodkin James L., Coletti H. A., Ballachey B. E. et al. Variation in abundance of Pacific Blue Mussel (*Mytilus trossulus*) in the Northern Gulf of Alaska, 2006–2015, *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, **147**, 87 (January 2018).
11. Dalyokaya L. B. The influence of the structure of previous communities on the settling of mussels, *Nauchno-tekhnicheskie problemy marikul'tury v strane: Vses. Conf., Abstracts*, 80 (Vladivostok, 1989).
12. Kovaleva M. A., Boltacheva N. A., Kostenko N. S. Long-term dynamics of the state of the Mytilidae settlement on the cliffs of Karadag (Black Sea), *Marine Ecological Journal*, **XI**, **2**, 39 (2012).
13. Dankers N., Koelemaj K. Variations in the mussel population of the Dutch Wadden Sea in relation to monitoring of other ecological parameters, *Helgoländer Meeresunters*, **43**, 529 (1989).
14. Zolotnitsky A. P., Monin V. L. Spat growth of the Black Sea oyster obtained in artificial, *Ribnoe hozyaistvo*, **9**, 51 (1988).
15. Gabayev D. D., Kucheryavenko A. V., Shepel N. A. Anthropogenic eutrophication of the Posyet Bay of the Sea of Japan by mariculture facilities, *Russian Journal of Marine Biology*, **24**, **1**, 53 (1998).
16. <https://seatemperature.ru/>
17. Paine R. T., Levin S. A. Intertidal landscapes: Disturbance and the dynamics of pattern, *Ecological Monographs*, **51**(2), 145 (1981).
18. Benincà E., Ballantine B., Ellner S. P. [et al.] Species fluctuations sustained by a cyclic succession at the edge of chaos, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **112**, **20**, 6389 (2015).
19. Bondarev I. P. Dynamics of the leading species of modern facies of the Black Sea, *Geologiya i poleznye iskopaemye mirovogo okeana*, **78**, 3 (2013).