



ЭКОЛОГИЯ

ECOLOGY

DOI: 10.22363/2313-2310-2023-31-3-313-322

EDN: THFQNN

УДК 574.58(262.5)

Научная статья / Research article

Мшанки в сообществе обрастания искусственных субстратов в бухте Казачья Черного моря

М.В. Лебедовская✉

*Научно-исследовательский центр Министерства обороны Российской Федерации,
Севастополь, Российская Федерация*

✉lebedovskaya.margarita@yandex.ru

Аннотация. Актуальность изучения особенностей формирования сообществ обрастания искусственных субстратов связана с развитием марикультуры в условиях Черного моря. Некоторые виды макрообрастателей способны влиять на процесс оседания и развития объектов культивирования. Цель исследования – выявить особенности формирования сообщества обрастания экспериментальных пластин из различных материалов в условиях бухты Казачья Черного моря и роль мшанок в сообществе обрастания. Материалы и методы: экспериментальные пластины из различных материалов (пластмассы, алюминия, резины, оцинкованного железа) были установлены в сентябре 2017 г. на глубине 5 м в бухте Казачья (Черное море). Подъем пластин осуществлялся ежемесячно в течение года. Всего обследовано 480 пластин. Результаты. Исследованы особенности формирования сообщества обрастания экспериментальных пластин из различных материалов в условиях бухты Казачья Черного моря. В сообществе обрастания, сформированном на экспериментальных пластинах в бухте Казачья, в течение года было отмечено 22 вида макрообрастателей, относящихся к 8 крупным таксонам: гидроидные полипы – 1, усногие раки – 1, актинии – 1, мшанки – 4, полихеты – 4, двустворчатые моллюски – 1, оболочники – 2, макрофиты – 8. В течение года сообщество обрастания

© Лебедовская М.В., 2023



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode>

экспериментальных пластин прошло последовательные стадии доминирования: микроорганизмов – усоногого рака (*Amphibalanus improvisus*) – мшанки *Cryptosula pallasiana*. Выводы: в бухте Казачья (Черное море) мшанка *Cryptosula pallasiana* является доминирующим видом в сообществе обрастания экспериментальных пластин возрастом четыре-двенадцать месяцев на глубине 5 м.

Ключевые слова: экспериментальные пластины, сообщество обрастания, макрообрастатели, мшанки, Черное море

История статьи: поступила в редакцию 15.11.2022; доработана после рецензирования 20.02.2023; принята к публикации 25.05.2023.

Для цитирования: Лебедовская М.В. Мшанки в сообществе обрастания искусственных субстратов в бухте Казачья Черного моря // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2023. Т. 31. № 3. С. 313–322. <http://doi.org/10.22363/2313-2310-2023-31-3-313-322>

Bryozoans in fouling communities on artificial substrates in Kazachya bay of the Black Sea

Margarita V. Lebedovskaya✉

Research Center of Ministry of Defence of the Russian Federation,
Sevastopol, Russian Federation

✉lebedovskaya.margarita@yandex.ru

Abstract. Study of the formation of fouling communities on artificial substrates is actual due to the development of mariculture in the Black Sea. Some representatives of macrofoulers are able to influence the process of colonization and development of cultivated organisms. Purpose of work. The main tasks of the study are the revealing the peculiarities of the formation of the fouling community on the experimental plates of the various materials in the environment of the Kazachya bay in the Black Sea and the role of bryozoans in the fouling community. Materials and methods. The experimental plates which were made from the different materials (plastic, aluminum, rubber, galvanized iron) were installed in September 2017 at a depth of 5 m in Kazachya bay (Black Sea). The plates were lifted every month during the year, a total of 480 plates were examined. Results. The peculiarities of the formation of the fouling community on the experimental plates of different materials in the Kazachya bay (Black Sea) were studied. Totally, 22 species were found in the macrofouling community formed on the experimental plates in the Kazachya bay during the year, comprising the following 8 taxa: hydroid polyps – 1, barnacles – 1, sea anemones – 1, bryozoans – 4, polychaetes – 4, bivalve mollusks – 1, tunicates – 2, macrophytes – 8. During the year, the succession of the fouling community of the experimental plates developed through the stage of dominance of microorganisms – barnacle *Amphibalanus improvisus*, and then – bryozoan *Cryptosula pallasiana*. Conclusion: the bryozoan *Cryptosula pallasiana* is the dominant species in the fouling community at four to twelve months old at a depth of five meters.

Keywords: experimental plates, fouling communities, macrofouling, bryozoans, Black Sea

Article history: received 15.11.2022; revised 20.02.2023; accepted 25.05.2023.

For citation: *Lebedovskaya MV. Bryozoans in fouling communities on artificial substrates in Kazachya bay of the Black Sea. RUDN Journal of Ecology and Life Safety. 2023;31(3):313–322. (In Russ.) <http://doi.org/10.22363/2313-2310-2023-31-3-313-322>*

Введение

Развитие марикультуры в условиях Черного моря требует детального изучения особенностей формирования сообществ обрастания искусственных субстратов, так как некоторые виды макрообрастателей способны влиять на процесс оседания и развитие объектов культивирования [1; 2]. Сообщества обрастания в разных районах Черного моря имеют свои особенности, связанные с природными условиями, свойствами субстрата, с биоценозом обрастателей, сформированным в данной акватории [2–5]. В обрастаниях в акваториях Крыма, Северного Кавказа, в Новороссийской бухте доминируют мидия (*Mytilus galloprovincialis*) и усоногий рак (*Amphibalanus improvisus*), у берегов Южного Кавказа значительную роль играют полихеты и мшанки [6; 7].

Цель исследования – выявление особенностей формирования сообщества обрастания экспериментальных пластин из различных материалов в условиях бухты Казачья Черного моря и роль мшанок в сообществе обрастания.

Материал и методы

Исследования проводили в бухте Казачья – одной из самых больших в системе бухт города Севастополя. Бухта является относительно мелководной: средняя глубина – 12 м, максимальные глубины отмечаются на выходе из бухты (22–23 м). Акватория бухты Казачья характеризуется разнообразными экологическими условиями, здесь присутствуют как мягкие, так и твердые грунты, интенсивный обмен с открытой частью моря, скорость течения в среднем составляет 0,6–1,2 узла.

Для изучения развития сообщества обрастания искусственных субстратов использовался стенд, представляющий собой цельносваренную металлическую конструкцию, в которой размещались двенадцать съемных водопроницаемых ячеек с экспериментальными пластинами. Стенд был установлен на глубине 5 м. Схема установки экспериментального стенда представлена на рис. 1.

На экспериментальном стенде одновременно были размещены пластины из различного материала: пластмассы, резины, цветного металла (алюминия) и «черного» металла (оцинкованного профлиста). Площадь одной пластины составляла 100 см². Пластины из одного материала были собраны в коллекторы по 10 штук, их поверхности были ориентированы горизонтально, расстояние до дна составляло 0,5 м. Подъем пластин для исследований осуществлялся ежемесячно. Всего обследовано 480 пластин, экспонировавшихся в море с сентября 2017 по сентябрь 2018 года. Видовой состав и численность обрастателей определяли на живом материале под микроскопом МБС-10.

Численность обрастателей вычисляли на единицу поверхности пластин, затем пересчитывали в экз./м².

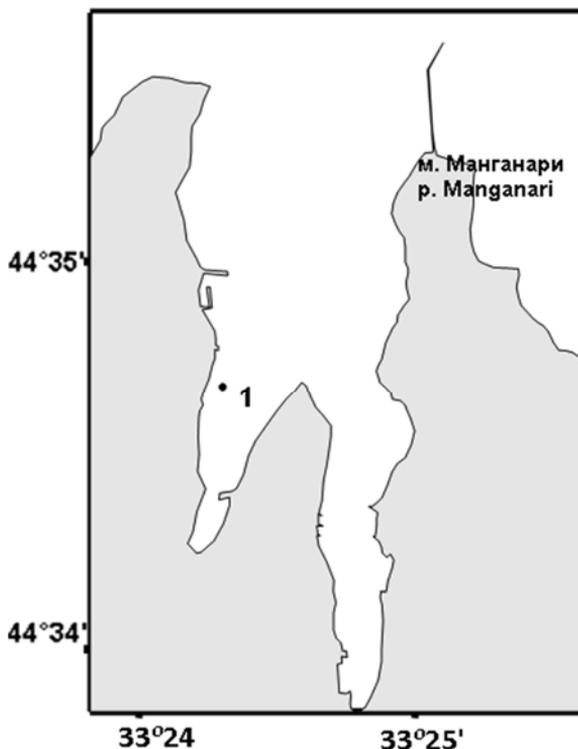


Рис. 1. Схема установки экспериментального стенда в бухте Казачья / Figure 1. Installation scheme of the experimental stand in the Kazachya bay

Результаты и обсуждение

В Черном море сукцессия сообщества обрастания нетоксичных поверхностей проходит последовательные стадии доминирования: микроорганизмов – гидроидов – баянусов – колониальных асцидий – мидий, встречается и другой вариант сукцессии, когда отсутствует стадия доминирования баянусов, а также третий вариант – без стадий преобладания как баянуса, так и гидроидов [4; 7; 8]. В обрастаниях у берегов Южного Кавказа значительную роль играют полихеты и мшанки [6; 7].

В сообществе обрастания, сформированном на экспериментальных пластинах в бухте Казачья в течение года было отмечено 22 вида макрообрастателей, относящихся к 8 крупным таксонам: гидроидные полипы – 1, усоногие раки – 1, актинии – 1, мшанки – 4, полихеты – 4, двустворчатые моллюски – 1, оболочники – 2, макрофиты – 8. В течение года сообщество обрастания экспериментальных пластин прошло последовательные стадии доминирования: микроорганизмов – усоногого рака (*Amphibalanus improvisus*) – мшанки *Cryptosula pallasiana* (Moll, 1803).

Мшанки регулярно встречаются в биоценозах обрастания, они особенно характерны для ранних этапов сукцессии экосистем [9]. Впервые мшанки появляются в сообществе обрастания экспериментальных пластин в бухте Казачья через месяц их экспонирования в море: на пластмассовых пластинах – мшанка *C. pallasiana*, на пластинах из цветного металла – мшанка *Conoponium seurati* (Canu, 1928).

В течение трех осенних месяцев первичная сукцессия сообщества обрастания экспериментальных пластин, экспонировавшихся на глубине 5 м в бухте Казачья, прошла через стадии доминирования микроорганизмов и усоногого рака *A. improvisus*. Мшанка *C. pallasiana* обнаружена на всех типах экспериментальных пластин трехмесячной экспозиции, ее колонии покрывали от 10 до 20 % поверхности пластин. Средняя численность зооидов *C. pallasiana* на всех типах пластин составляла 3690 ± 554 экз./м², максимальные значения были отмечены для пластмассовых пластин – 5200 ± 746 экз./м², минимальные – для пластин из оцинкованного металла – 1058 ± 138 экз./м². На пластмассовых пластинах обнаружено еще два вида мшанок: *Amathia imbricata* (Adams, 1800) и *Cradoscrupocellaria bertholletii* (Audouin, 1826), однако их численность была незначительной. Доминирует в сообществе обрастания в этот период усоногий рак *A. improvisus*.

В зимний период (четвертый – шестой месяц экспонирования в море) сукцессия перешла к следующей стадии развития – доминирования мшанок. Средняя численность зооидов *C. pallasiana* на всех типах пластин в зимний период составляла $782\,521 \pm 93\,904$ экз./м². Через шесть месяцев мшанка *C. pallasiana* занимает до 70 % поверхности пластин из пластика, цветного металла и резины, максимальное количество зооидов *C. pallasiana* обнаружено на алюминиевых и пластмассовых пластинах ($1\,437\,638 \pm 172\,500$ экз./м² и $1\,448\,777 \pm 260\,800$ экз./м² соответственно) (рис. 2).

В весенний период (седьмой-девятый месяцы экспонирования) на всех экспериментальных пластинах сформировалось сообщество макрообрастателей с доминированием по численности мшанки *C. pallasiana*, колонии которой покрывали до 90 % площади пластин. Средняя численность зооидов *C. pallasiana* на всех типах пластин в этот период составляла $1\,245\,053 \pm 136\,950$ экз./м². Численность зооидов мшанки постепенно увеличивалась на всех типах пластин, однако ее значения на пластинах из различных материалов значительно отличались друг от друга (рис. 3). Максимальное количество зооидов *C. pallasiana* в весенний период отмечено на пластмассовых пластинах (в среднем – $1\,778\,736 \pm 23\,133$ экз./м²), на пластинах из оцинкованного металла численность мшанки была в 1,7 раза меньше.

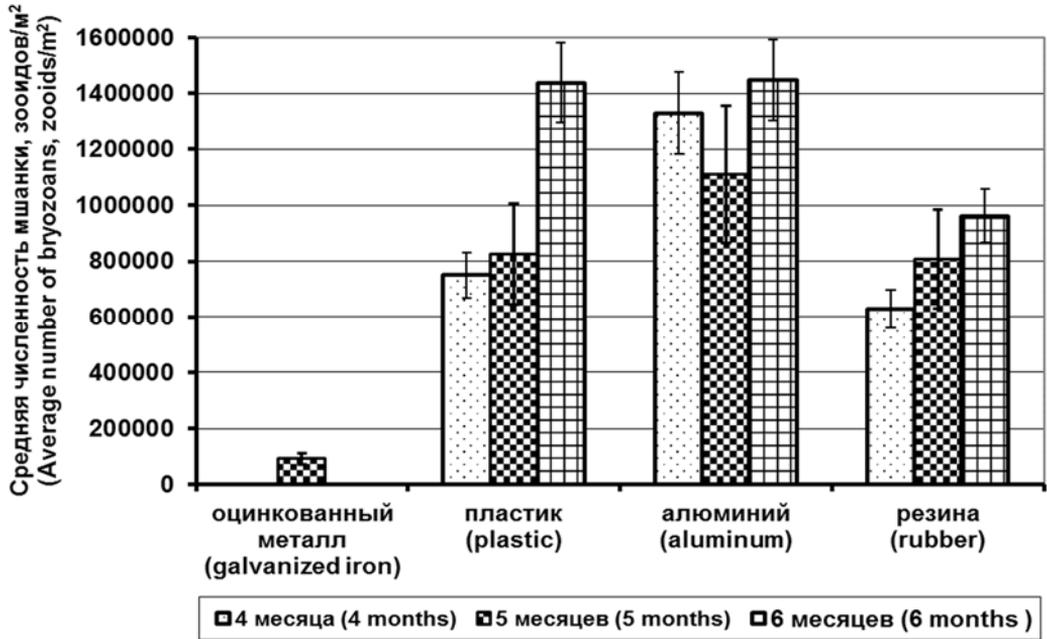


Рис. 2. Средняя численность мшанки *C. pallasiana* на экспериментальных пластинах из различных материалов в зимний период (4–6 месяцев экспонирования), зооид./м² /
 Figure 2. Average number of bryozoans *C. pallasiana* on the experimental plates of different materials in winter (4–6 months of exposure), zooids/m²

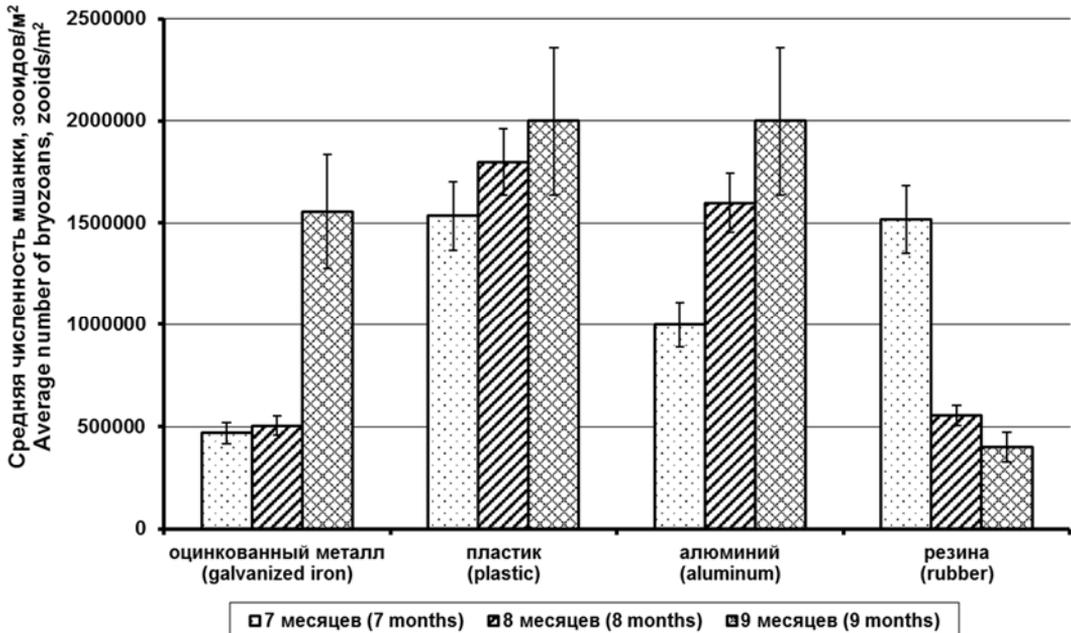


Рис. 3. Средняя численность мшанки *C. pallasiana* на экспериментальных пластинах из различных материалов в весенний период (7–9 месяцев экспонирования), зооид./м² /
 Figure 3. Average number of bryozoans *C. pallasiana* on the experimental plates of different materials in the spring (7–9 months of exposure), zooids/m²

В начале весеннего периода, который пришелся на седьмой месяц экспонирования пластин в море, на пластинах из пластмассы и резины численность мшанки *C. pallasiana* была максимальной. Эти материалы имеют химически нейтральную поверхность, не окисляются в морской воде, не оказывают отрицательного влияния на развитие гидробионтов. На пластмассовых пластинах, имеющих шероховатую поверхность, рост численности зооидов мшанки в следующие два месяца продолжился. На пластинах из резины, имеющих гладкую поверхность, численность зооидов в конце весеннего периода уменьшилась в два раза, что, скорее всего, связано с тем, что колонии мшанки, образуя пуговчатые формы, утолщаясь и приподнимаясь над субстратом, не могли удержаться на гладкой поверхности пластин и отваливались. На резиновых пластинах девятимесячной экспозиции численность зооидов *C. pallasiana* была в пять раз меньше, чем на пластмассовых и алюминиевых пластинах этого же срока экспонирования.

В летний период (десятый-двенадцатый месяц экспонирования) в сообществе обрастания экспериментальных пластин продолжают доминировать мшанки. Колонии мшанок на всех типах пластин обрастают створки мидий, домики баянусов и известковые трубки многощетинковых червей *Spirobranchus triqueter*, угнетая жизнедеятельность последних и приводя к их гибели.

Если в весенний период доминирующим был один вид мшанок *C. pallasiana*, то в летний период интенсивно развивается еще один вид мшанок *C. seurati*. Колонии *C. pallasiana* покрывают 40 % поверхности пластин из оцинкованного железа и 70 % поверхности пластмассовых пластин, на пластинах из алюминия *C. pallasiana* занимает 50 % поверхности, а на резиновых пластинах всего 25 %. Средняя численность зооидов мшанки *C. pallasiana* на всех типах пластин в период с десятого по двенадцатый месяцы экспонирования в море составила $1\ 267\ 675 \pm 177\ 475$ экз./м² (рис. 4).

Самые большие показатели средней численности зооидов *C. pallasiana* в летний период (на протяжении десятого-двенадцатого месяцев экспонирования) выявлены на пластмассовых и алюминиевых пластинах ($2\ 003\ 703 \pm 180\ 667$ экз./м² и $1\ 666\ 667 \pm 190\ 100$ экз./м² соответственно).

Следует отметить, что на двенадцатом месяце экспонирования пластин средняя численность мшанки *C. pallasiana* снизилась по сравнению с десятым месяцем экспонирования: на пластинах из пластмассы – в 1,4 раза, на пластинах из цинкованного и цветного металла – в 1,8 раза, что, вероятно, связано с интенсивным развитием мшанки *C. seurati*, численность которой в течение двенадцатого месяца экспонирования пластин выросла на пластмассовых и резиновых пластинах в 2 раза, на пластинах из цветного металла – в 5 раз (рис. 5).

На пластинах двенадцатимесячной экспозиции из оцинкованного металла средняя численность зооидов мшанок была минимальной и составляла: для *C. pallasiana* – $456\ 050 \pm 72\ 970$ экз./м², для *C. seurati* – $101\ 587 \pm 16\ 523$ экз./м².

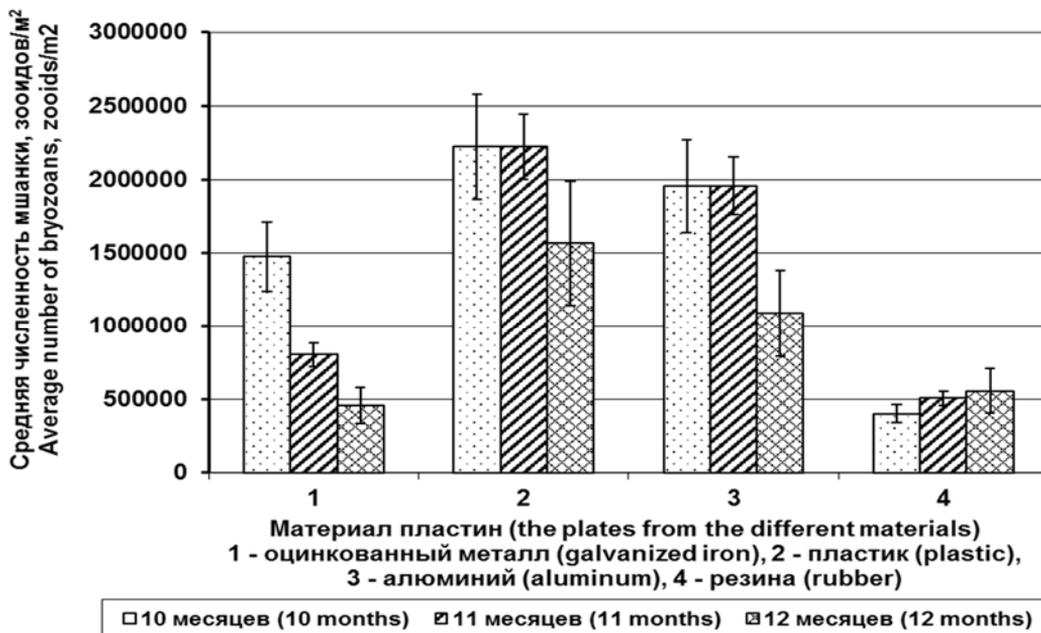


Рис. 4. Средняя численность мшанки *C. pallasiana* на экспериментальных пластинах из различных материалов в летний период (10–12 месяцев экспонирования), зооид./м² /
Figure 4. Average number of bryozoans *C. pallasiana* on the experimental plates of different materials in summer (10–12 months of exposure), zooids/m²

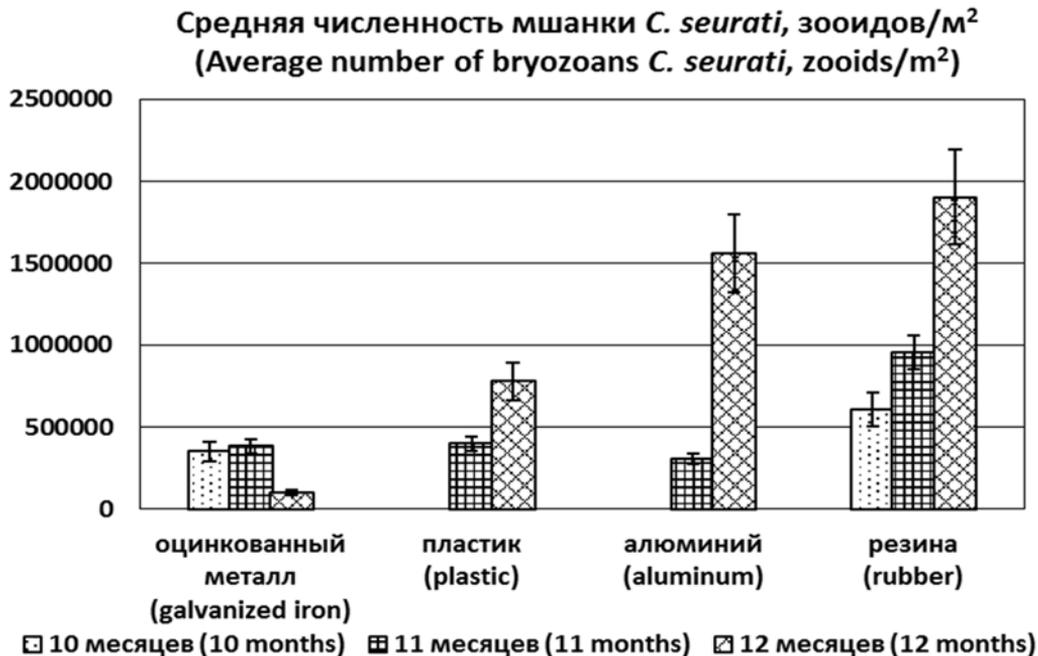


Рис. 5. Средняя численность мшанки *C. seurati* на экспериментальных пластинах из различных материалов в летний период (10–12 месяцев экспонирования), зооид./м² /
Figure 5. Average number of bryozoans *C. seurati* on the experimental plates of different materials in summer (10–12 months of exposure), zooids/m²

Вся поверхность пластин из оцинкованного металла была подвергнута коррозии и покрыта ржавчиной, гидробионты были в угнетенном состоянии. Анцеструлы во многих колониях мшанок были пустыми, в них не было обнаружено зооидов. Данное явление может объяснить тот факт, что цинк – один из наиболее токсичных металлов, соли которого оказывают ярко выраженное негативное воздействие на оседание и развитие гидробионтов [10].

Заключение

В течение года сообщество обрастания экспериментальных пластин, экспонированных в бухте Казачья на глубине 5 м, прошло последовательные стадии доминирования: микроорганизмов → усоного рака *Amphibalanus improvisus* → мшанки *C. pallasiana*.

Мшанки являются постоянным, а начиная с четвертого месяца – доминирующим компонентом сообществ обрастания. В летний период (10–12 месяцы экспонирования пластин) средняя численность зооидов мшанки *Cryptosula pallasiana* (Moll, 1803) достигла максимальных значений на пластмассовых пластинах ($2\,003\,703 \pm 180\,667$ экз./м²). На остальных типах пластин она была меньше: на пластинах из цветного металла в 1,2 раза, на пластинах из оцинкованного металла в 2,1 раза, на резиновых пластинах в 4 раза, вероятно, это связано с тем, что цинк и железо относятся к ряду наиболее токсичных металлов, соли которых оказывают ярко выраженное негативное воздействие на оседание и развитие гидробионтов. Гладкая поверхность резиновых пластин способствовала элиминации крупных, имеющих пуговчатую форму колоний *C. pallasiana*, освободившееся пространство заняли колонии мшанки *C. seurati*, интенсивно развивающиеся в этот период.

В течение года в обрастании экспериментальных пластин отмечено еще два вида мшанок: *Amathia imbricata* (Adams, 1800), *Cradoscrupocellaria bertholletii* (Audouin, 1826).

Список литературы

- [1] Брайко В.Д., Бобкова А.Н., Добротина Г.А. Метаболиты ботриллюсов и их функциональная роль в сообществах // Известия АН СССР. Серия: Биология. 1988. № 1. С. 29–35.
- [2] Лебедовская М.В., Далекая Л.Б., Шахматова О.А. Влияние сообщества черноморских обрастателей ранних стадий развития на оседание личинок гигантской устрицы (*Crassostrea gigas* Thunberg, 1793) // Экология моря. 2007. Вып. 74. С. 40–46.
- [3] Раилкин А.И. Колонизация твердых тел бентосными организмами. СПб.: Изд-во Санкт-Петербург. ун-та, 2008. 427 с.
- [4] Брайко В.Д. Обрастание в Черном море. Киев: Наукова думка, 1985. 123 с.
- [5] Лебедовская М.В. Сообщество обрастания искусственных субстратов в условиях бухты Казачья (Черное море) // Актуальные проблемы биоразнообразия и природопользования: материалы Всероссийской научно-практической конференции. Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2017. С. 103–107.
- [6] Никитин В.Н. Биология обрастания судов в Черном море // Докл. АН СССР. 1947. № 6 (58). С. 1183–1185.

- [7] Зевина Г.Б. Биология морского обрастания. М.: Изд-во МГУ, 1994. 134 с.
- [8] Далекая Л.Б. Особенности сукцессии сообществ обрастания на искусственных субстратах // Риб. гос-во України. 2004. № 7. С. 182–188.
- [9] Зевина Г.Б. Обрастания в морях СССР. М.: Изд-во МГУ, 1972. 219 с.
- [10] Гелашивили Д.Б., Безель В.С., Романова Е.Б., Безруков М.Е., Силкин А.А. Нижегородцев А.А. Принципы и методы экологической токсикологии. Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2015. 142 с.

References

- [1] Braiko VD, Bobkova AN, Dobrotina GA. Botryllus metabolites and their functional role in communities. *Izvestiia Akadeii nauk SSSR. Biologiya*. 1988;(1):20–35. (In Russ).
- [2] Lebedovskaya MV, Dalekaya LB, Shakhmatova OA. Influence of the Black Sea fouling community of early developmental stages on concretion of larvae of huge oyster (*Crassostrea gigas* Thunberg, 1793). *Ekologiya moray*. 2007;(74):40–46. (In Russ).
- [3] Railkin AI. *Colonization of solid substrates by benthic organisms*. Saint Petersburg: Saint Petersburgskii gosudarstvennyi universitet; 2008. (In Russ).
- [4] Braiko VD. *Fouling in the Black Sea*. Kiev: Nauchnaja mysl'; 1985. (In Russ).
- [5] Lebedovskaya MV. Fouling community on artificial substrates in Kazachya Bay (The Black Sea). *Aktual'nye problemy bioraznoobraziya i prirodopol'zovaniya: Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference, Simferopol'*, IT «ARIAL». 2017:103–107. (In Russ).
- [6] Nikitin VN. Biology of the ship fouling in the Black Sea. *Doklady Akadeii nauk SSSR*. 1947;(58, 6):1183–1185. (In Russ).
- [7] Zevina GB. *Biology of marine fouling*. Moscow: Moskovskii gosudarstvennyi universitet; 1994. (In Russ).
- [8] Dalekaya LB. Peculiarities of succession of fouling community on artificial substrates. *Rybnoe hozjajstvo Ukrainy*. 2004;(7):182–188. (In Russ).
- [9] Zevina GB. *Fouling in the seas of the USSR*. Moscow: Mosrovskii gosudarstvennyi universitet; 1972. (In Russ).
- [10] Gelashvili DB, Bezel' VS, Romanova EB, Bezrukov ME, Silkin AA, Nizhegorodtsev AA. *Principles and methods of ecological toxicology*. Nizhnij Novgorod: Nizhegorodskij gosuniversitet; 2015. (In Russ).

Сведения об авторе:

Лебедовская Маргарита Витальевна, кандидат биологических наук, доцент, Научно-исследовательский центр Министерства обороны Российской Федерации. 299057, Севастополь, ул. Эпронувская д. 7. E-mail: lebedovskaya.margarita@yandex.ru

Bio note:

Margarita V. Lebedovskaya, PhD of Biological Science, Docent, Research Center of Ministry of Defence of the Russian Federation, 7 Epronovskaya St, Sevastopol, 299057, Russian Federation. E-mail: lebedovskaya.margarita@yandex.ru