

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ МОРСКОЙ ВОДЫ НА РАЗВИТИЕ ГИДРОИДА *GONOTHYRAEA LOVENI* (ALLMAN) НА ИСКУССТВЕННЫХ СУБСТРАТАХ В БУХТЕ СЕВАСТОПОЛЬСКОЙ (ЧЕРНОЕ МОРЕ)*

Л.Б. Далёкая

E-mail: dalekaya 1950@mail.ru

ФГБУН «Институт морских биологических исследований имени А.О. Ковалевского», Российская академия наук, г. Севастополь, Россия

АННОТАЦИЯ: Рассмотрено влияние температуры морской воды на оседание и развитие гидроида *Gonothyraea loveni* (Allman) в конкретной точке акватории, что позволяет проследить связь сезонных изменений температуры морской воды с процессом оседания планул и развитием гидроида *G. loveni* на искусственных субстратах различной экспозиции в Севастопольской бухте. Наблюдения проводили на протяжении двух периодов: с 1979 по 1987 гг., с 2011 по 2015 гг. Температурный диапазон 5–10 °С соответствует оседанию планул на пластины с сообществом в возрасте 10 сут в осенний и весенний периоды. Пик оседания выявлен при температуре воды 9 °С. В это время отмечено наибольшее количество пластин с осевшими гидроидами (22 %). Численность гидротек в диапазоне температур 11–19 °С достигает максимальных значений за счет оседания и активного роста колоний, т. к. частота встречаемости пластин с гидроидами в этот период снижается в два раза и остается на этом уровне при более высоких температурах (17–24 °С).

С увеличением экспозиции субстратов до 30 сут основная масса пластин с гидроидом (80 %) сосредоточена в области температур 6–11 °С. При температуре воды в море 16–24 °С пластин с гидроидом менее 5 %. Динамические изменения в сообществах показывают, что рост колоний происходит при температуре 5–9 °С с максимальной интенсивностью от 10 до 15 °С.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: гидробионты, развитие гидроида *Gonothyraea loveni* (Allman), температура морской воды, Севастопольская бухта, Черное море.

Температура морской воды оказывает влияние на формирование сообществ макрообрастания, их структуру и сукцессию, численность видов, процессы деления, роста и деструкции гидробионтов.

* Работа выполнена в рамках госзадания ФГБУН ИМБИ по теме «Закономерности формирования и антропогенная трансформация биоразнообразия и биоресурсов Азово-Черноморского бассейна и других районов Мирового океана», рег. № АААА-А18-118020890074-2

© Далёкая Л.Б., 2019

Диапазон благоприятных для развития макрообрастателей температур колеблется от величин близких к нулю до 70 °С [1]. Отклонения от температурного оптимума происходят как при снижении, так и при увеличении температуры, что определяет приуроченность оседания видов в определенные периоды года, а также смещение временных и количественных границ этого процесса [1, 2].

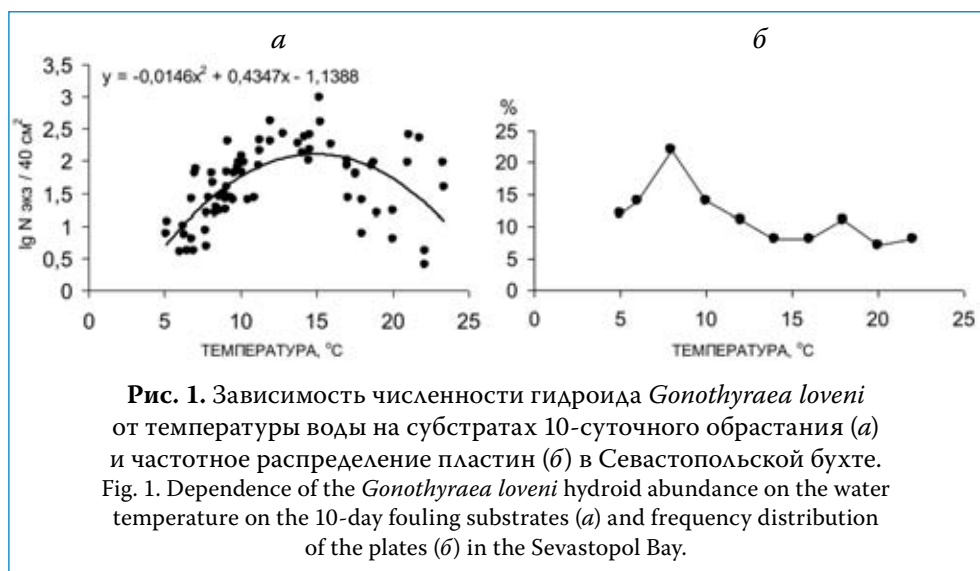
Одним из основных компонентов обрастания искусственных субстратов в различных регионах являются гидроиды [2–4], что также выявлено для Севастопольской бухты, где в сообществах обрастания доминирует *Gonothyrea loveni* (Allman). Для этого вида описаны стадии сукцессии различной интенсивности и продолжительности в зависимости от начала развития сообществ на субстратах многомесячной экспозиции [5, 6].

Известно, что гидроиды развиваются на различных глубинах, поэтому созревание их половых продуктов на разных горизонтах происходит неравномерно, а период оседания продолжается все лето до поздней осени, кривая оседания часто носит пульсирующий характер [2]. Волнение, скорость потока и турбулентность влияют на скорость роста колоний гидроидов за счет увеличения их пищедобывающих способностей [7]. Поэтому выявление динамики оседания и развития гидроида важно проводить в конкретной точке акватории при фиксированной глубине и удаленности от берега. Целью проведенного исследования являлось выявление связи сезонных изменений температуры морской воды, оседания планул и развития гидроида *G. loveni* на искусственных субстратах различной экспозиции.

МЕТОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Состав и структуру сообществ обрастания, количественные показатели гидроидов фиксировали на попарно соединенных стеклянных пластинах, которые экспонировали на глубине 1 м. Установку в море и изъятие субстратов проводили ежедекадно и в начале каждого месяца в течение года. Наблюдения проводили в вершинной части Севастопольской бухты в районе насосной станции ГРЭС на протяжении двух периодов: с 1979 по 1987 гг., с 2011 по 2015 гг. Видовой состав и численность макрообрастателей определяли на живом материале в кюветах с морской водой под бинокуляром [1]. Для анализа отбирали пластины, на которых развивались гидроиды. Определяли среднюю численность гидротек из 4–6 пластин для каждой точки наблюдений. Для 10-суточных пластин – 64 точки, для 30-суточных – 56, для многомесячных – 102 точки.

Зависимость численности гидроида *G. loveni* на пластинах 10-суточной экспозиции от температуры морской воды представлена на рис. 1а.



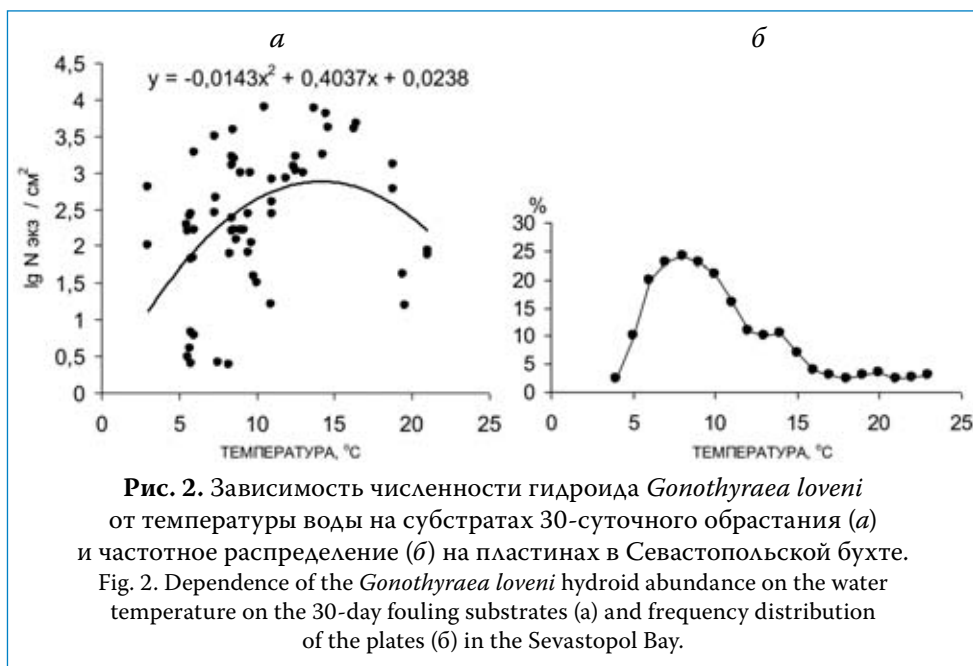
В температурном диапазоне 5–10 °С установлена восходящая линия с размахом колебаний численности гидротек 3–229 экз/40 см². Численность гидротек в диапазоне температур 11–19 °С достигает максимальных значений (до 3981 экз/40 см²), при этом нисходящий участок кривой соответствует температуре воды 18–24 °С. В это время (май–июнь) выявлен максимальный разброс значений численности гидроида – от 2 до 1259 экз/40 см². Частотное распределение (%) показало наибольшее количество пластин с осевшими гидроидами в температурном диапазоне 6–10 °С (рис. 1б). Пик оседания отмечен при температуре воды 9 °С. Максимальные значения численности гидротек в температурном интервале 11–16 °С (рис. 1а) достигаются за счет активного роста колоний, т. к. частота встречаемости пластин с гидроидами в этот период существенно снижается и остается на этом уровне при более высоких температурах (17–24 °С).

Аналогичные результаты получены на Баренцевом море, где оседание гидроида не происходит только зимой, а интенсивный рост с максимальными размерами колоний до 40–50 мм наблюдается в июне–августе [8]. В обрастании экспериментальных субстратов в бухте Золотой рог и портах западного побережья Камчатки появление и прекращение оседания планулы гидроида *Obelia longissimi* (Pallas) происходит только при температуре около 8 °С [2].

Известно, что гидроиды не отличаются особой избирательностью к качеству субстрата и при благоприятных условиях оседание планулы происходит незамедлительно. В период массового оседания отмечали присут-

ствие развивающихся организмов через 1–2 сут. Из планулы формируется гидрант и начинается активный рост колонии [9].

На рис. 2 зависимость численности гидроида от температуры морской воды на субстратах 30-суточной экспозиции представлена одновершинной кривой с неравномерным распределением точек. Увеличение экспозиции субстратов до 30 сут позволяет оседать и развиваться большому количеству планул в любой момент функционирования сообщества, а высокие значения численности (относительно 10-суточного сообщества) связаны с выраженным линейным ростом колоний и формированием большого количества гидрантов (рис. 2 а).



Основная их масса (80 %) сосредоточена на графике в области, соответствующей значениям температуры 6–11°C (рис. 2б). При температуре воды в море 16–24 °C величина частотного распределения на субстрате 30-суточной экспозиции составляет менее 5 %, что определяется, помимо влияния температурного фактора, массовым развитием на субстрате колонияльного оболочника *Botryllys schlosseri* (Pallas), преимущественно в мае–сентябре. До этого периода оболочник встречался в единичных экземплярах. Обладая высоким темпом прироста биомассы, *B. schlosseri* не только препятствует оседанию планул гидроида, но и вытесняет поселения, застилая субстрат разрастающимися колониями. При этом отдельные сохра-

нившиеся колонии *G. loveni* зачастую имеют в сообществе незначительную численность. В октябре, при снижении температуры воды, численность *B. schlosseri* постепенно уменьшается и в отдельные годы наблюдается менее выраженный второй период оседания гидроида.

За более короткий интервал (10 сут) формирования сообщества процесс вытеснения оболочником гидроида не успевает проявиться и наблюдается исключительно на образцах 30-суточной и более длительной экспозиции. Так, при температуре 15–23 °С отмечено развитие большего количества гидроида (рис. 1а) по сравнению с 30-суточным сообществом (рис. 2а).

Ранее, в ходе лабораторного эксперимента показано, что оптимальными условиями для *G. loveni* является диапазон температур 10–17 °С [10], при этом отклонения от температурного оптимума вызывают изменения жизненного цикла гидроида. При температуре менее 6–7 °С и более 19–20 °С выявлен переход колоний *G. loveni* к «анабиозному» состоянию с резорбцией гидрантов и вертикальных побегов, а гидрориза (корневищное основание колонии, с помощью которого гидроид прикрепляется к субстрату) с дифференцированными клетками длительное время переносит неблагоприятные условия. В природном эксперименте это наблюдалось в декабре-январе и июле-августе. Таким образом, увеличение экспозиции субстратов до 30 сут способствует оседанию большего количества планул, а также увеличению численности гидротек *G. loveni* за счет роста колоний. При температуре воды выше 15 °С отмечено вытеснение гидроида с субстрата колониями оболочника.

В сообществах 2- и 12-месячного возраста гидроид *G. loveni* развивается при широком диапазоне температур – от 5 до 23 °С (рис. 3а).

Очевидно, что разброс значений численности гидроида в многомесячном обрастании происходит за счет роста колоний и ограничения оседания планул на субстрат, занятый другими макрообрастателями. Высокие значения численности выявлены на субстратах длительной экспозиции, как правило, за счет отдельных, сильно разросшихся колоний.

Величина численности гидротек в многомесячном сообществе характеризует развитие поселений *G. loveni* в данный момент, но не отражает процессов, происходящих в колониях (рост, редукция). Поэтому более показательной является не статическая характеристика поселений, а динамические изменения в сообществах. Для этого была рассчитана зависимость между отношением конечной (N_t) и начальной (N_0) численности гидротек (кратность увеличения численности) в поселениях гидроида в течение месяца и температурой воды (рис. 3б).

Показатель кратности увеличения численности гидротек подвержен существенным изменениям в течение месяца. Если величина прироста численности гидротек положительна, то наблюдается рост колоний. Этот про-

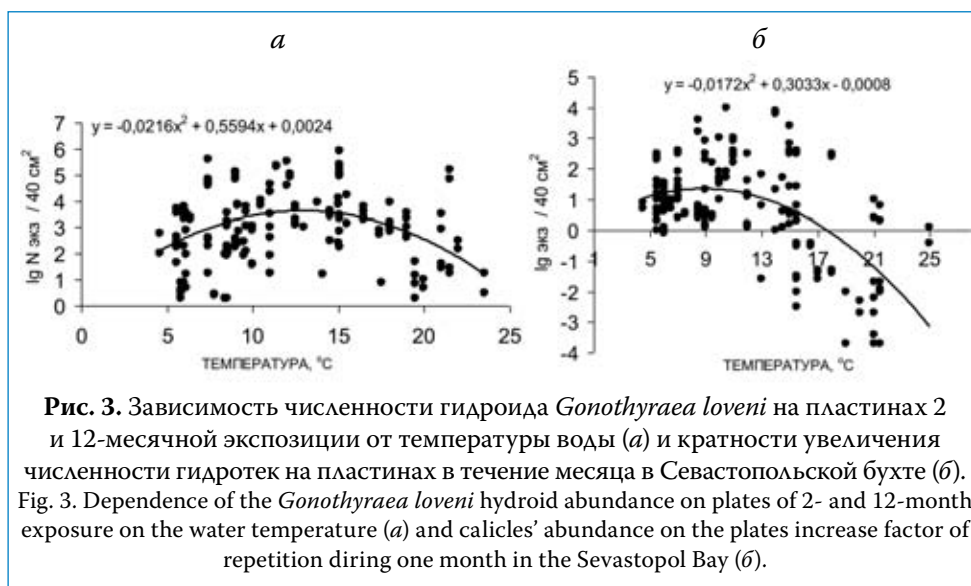


Рис. 3. Зависимость численности гидроида *Gonothyrea loveni* на пластинах 2 и 12-месячной экспозиции от температуры воды (а) и кратности увеличения численности гидротек на пластинах в течение месяца в Севастопольской бухте (б).
Fig. 3. Dependence of the *Gonothyrea loveni* hydroid abundance on plates of 2- and 12-month exposure on the water temperature (a) and calicles' abundance on the plates increase factor of repetition during one month in the Sevastopol Bay (б).

цесс наиболее активно происходит при температуре 5–9 °С. Максимальные значения показателя кратности увеличения численности гидротек обнаружены при диапазоне температур от 10 до 15 °С, а с увеличением температуры их обилие уменьшается. При температуре более 17 °С величина кратности увеличения численности гидротек отрицательна, что характеризует активную редукцию колоний.

Связь численности гидротек в колониях с температурой воды является не прямой, а опосредованной, поскольку с температурой связана динамика кормовой базы. По опубликованным данным по изучению структуры колоний гидроидов при смене режимов кормления, известно, что недостаток пищи замедляет скорость их роста, интенсивность ветвления и деструкции [11, 12]. В свою очередь, рост и ветвление гидроидов при благоприятных условиях кормового режима (повышенное потребление зоопланктона) приводит к ускорению прироста числа гидрантов в колониях, что в дальнейшем увеличивает ее пищедобывающие возможности [13].

ВЫВОДЫ

Детальное изучение фенологии оседания личинок в различные сезоны позволяет выявить закономерности формирования сообществ обрастания. На образцах, экспонируемых в море 10, 30 сут в течение года возможно проследить оседание личинок даже при их незначительном содержании в планктоне, а при массовом оседании – активный рост колоний, что позволяет определить зависимость этого процесса от температуры морской воды.

На искусственных субстратах в вершинной части Севастопольской бухты гидроид *G. loveni* обнаружен в широком температурном диапазоне – от 5 до 23 °С. При 6–10 °С выявлено наибольшее количество пластин 10, 30-суточной экспозиции с осевшими гидроидами. Пик оседания (23 % пластин) отмечен при температуре воды 9 °С. В температурном интервале 11–16 °С максимальные значения численности гидротек достигаются за счет активного роста колоний, т. к. частота встречаемости пластин с гидроидами в этот период существенно снижается (10–12 %) и остается на этом уровне при более высоких температурах.

В сообществах 2 и 12-месячного возраста рост колоний гидроида *G. loveni* наиболее активно происходит при температуре 5–9 °С. Максимальные увеличения численности гидротек обнаружены при диапазоне температур от 10 до 15 °С, с увеличением температуры их обилие уменьшается, а при температуре более 17 °С происходит редукция колоний.

Выявление температур, благоприятных для оседания и развития гидроида позволяет в оптимальные сроки культивировать вид с целью получения биологически активных веществ с минимальным количеством сопутствующих организмов. Анализ особенностей развития обрастателей на искусственных субстратах в перспективе способствует определению эффективных методов борьбы с этим видом биоповреждений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Брайко В.Д.* Обрастание в Черном море. Киев:Наукова думка, 1985. 250 с.
2. *Горин А.Н.* Зависимость распределения основных организмов-обрастателей Японского моря от некоторых факторов среды обитания. Обрастание в Японском и Охотском морях. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1975. № 3. С. 45–70.
3. *Далёкая Л.Б.* Культивирование гидроида *Obelia loveni* (Allm.) и оценка структурных характеристик поселений / Труды южного научно-исследов. ин-та морского рыбного хозяйства и океанографии. Керчь, 2008. Т. 46. С. 71–78.
4. *Звягинцев А.Ю.* Морское обрастание в северо-западной части Тихого океана. Владивосток: Дальнаука, 2005. 431 с.
5. *Далёкая Л.Б.* Первичная сукцессия сообществ обрастания на искусственных субстратах в Севастопольской бухте // Наук. зап. Терн. нац. пед. ун-та, Сер. биол. 2010, № 3 (44). С. 69–71.
6. *Далёкая Л.Б.* Гидроиды в обрастании искусственных субстратов / Биоразнообразие и устойчивое развитие. Симферополь, 2012. С. 356–358.
7. *Раилкин А.И., Бесядовский А.Р., Примаков И.М., Колдунов А.В.* Взаимодействие прибрежных бентосных сообществ Белого моря с придонным слоем / под ред. д-ра биол. наук А.И. Раилкина. Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2012. 408 с.
8. *Кузнецова И.А., Зевина Г.Б.* Обрастание в районах строительства приливных электростанций на Баренцевом и Белом морях / Труды ИО АН СССР, 1967. Т. 85. С. 18–28.

9. Марфенин Н.Н. Функциональная морфология колониальных гидроидов. СПб:ЗИН РАН, 1993. 153 с.
10. Марфенин Н.Н., Косевич И.А. Биология гидроида *Obelia loveni* (Allm.): образование колоний, поведение и жизненный цикл гидрантов, размножение // Вестник Московского университета. Сер.16. Биология. 1984, № 3. С.16–24.
11. Марфенин Н.Н. Рост колонии *Obelia loveni* в зависимости от количества пищи / III съезд совет. океанол.– Биол. океана. Л, 1987. Ч. II. С. 128–130.
12. Марфенин Н.Н. Функционирование распределительной системы в колониях гидроидов: новейший метод и факты / Фундаментальные исследования современных губок и кишечнополостных. Л., 1989. С. 78–80.
13. Косевич И.А. Взаимодействие локальных и общеколониальных процессов во время роста колонии *Obelia loveni* (Allm.). Губки и кишечнополостные. Современное состояние и перспективы исследования. Л, 1988. С. 85–90.

Для цитирования: Далекая Л.Б., Название статьи Влияние температуры морской воды на развитие гидроида *Gonothyrea loveni* (Allman) на искусственных субстратах в бухте Севастопольской (Черное море) // Водное хозяйство России. 2019. № 5. С. 98-107.

Сведения об авторе:

Далёкая Людмила Борисовна, младший научный сотрудник, лаборатория фиторесурсов отдела биотехнологии и фиторесурсов, ФГБУН «Институт морских биологических исследований имени А.О. Ковалевского», РАН, Россия, 299011, г. Севастополь, ул. Нахимова 2; e-mail: dalekaya 1950@ mail.ru

**THE SEA WATER TEMPERATURE IMPACT UPON GONOTHYRAEA LOVENI
(ALLMAN) HYDROID DEVELOPMENT ON THE ARTIFICIAL SUBSTRATES
IN THE SEVASTOPL BAY (THE BLACK SEA)**

Lyudmila B. Dalyokaya

E-mail: dalekaya 1950@ mail.ru

Russian Academy of Sciences A.O. Kowalewski Institute of Marine Biological Researches, Sevastopol. Russia

Abstract: The effect of seawater temperature on the subsidence and development of the *Gonothyrea loveni* (Allman) hydroid at a specific point in the water area was discussed. This allows us to trace the connection of seasonal changes in sea temperature with the process of sedimentation of planules and the development of hydroid *G. loveni* on artificial substrates of various exposures in the Sevastopol bay. Observations were carried out over two periods: from 1979 to 1987. and from 2011 to 2015. The temperature range of 5-10 °C corresponds to the subsidence of planula on plates with a community 10 days aged in the autumn and spring periods. The peak of subsidence was detected at a water temperature of 9 °C. At this time, the greatest number of plates with settled hydroids was detected (22%). The number of hydrotecas in the temperature range of 11-19 °C reaches maximum values due to sedimentation and active growth of colonies, since the frequency of occurrence of plates with hydroids during this period is halved and remains at this level at higher temperatures (17-24 °C).

With an increase in the exposure of substrates up to 30 days, the bulk of the plates with hydroid (80%) are concentrated in the temperature range of 6–11 °C. When the temperature

of water in the sea is 16-24 °C, plates with hydroids are less than 5%, which is determined in addition to the effect of temperature by the massive subsidence of *Botryllys schlosseri* (Pallas), which replaces the hydroid. In communities of 2-12 months of age, the hydroid *G. loveni* develops over a wide range of temperatures, from 5 to 23 °C. Dynamic changes in communities show that the growth of colonies occurs at a temperature of 5-9 °C with a maximum intensity of 10 to 15 °C. At temperatures above 17 °C, the reduction of colonies occurs.

Key words: subsidence, development of hydroid *Gonothyrea loveni*, the temperature of the sea water of the Sevastopol Bay, the Black sea

About the authors:

Lyudmila B. Dalyokaya, Junior Researcher, Russian Academy of Sciences A.O. Kowalewski Institute of Marine Biological Researches Department of Biotechnology and Phyto/resources Laboratory of Phyto/resources, ul. Nakhimova, 2, Sevastopol, Russia; e-mail: dalekaya 1950@mail.ru

For citation: *Dalyokaya L.B. The sea water temperature impact upon *Gonothyrea loveni* (allman) hydroid development on the artificial substrates in the sevastopol bay (the Black sea) // Water sector of Russia. 2019. No. 5. P. 98-107.*

REFERENCES

1. *Braiko V.D.* Obrastanie v Chyornom more [Fouling in the Black Sea]. Kiev: Naukova dumka, 1985. 250 p.
2. *Gorin A.N.* Zavisimost raspredeleniya osnovnykh organizmov – obrastatelei Yaponskogo morya ot nekotorykh faktorov srede obitaniya. [Dependance of the Sea of Japan main fouling organisms on some factors of environment] Obrastanie v Yaponskom I Okhotskom moryakh. – Vladivostok: DVNS AN SSSR, 1975. №3. P. 45–70.
3. *Dalyokaya L.B.* Kultivirovanie gidroida *Obelia loveni* (Allm.) i otsenka strukturnykh kharakteristik poseleny [The *Obelia loveni* (Allm.) hydroid cultivation and assessment of the colonies' structural characteristics]. Trudy yuzhnogo in-ta morskogo rybnogo khozyaystva i okeanografiyi. Kerch, 2008. T. 46. P. 71–78.
4. *Zwyaginzev A.Yu.* Morskoe obrastanie v severo-zapadnoy chasti Tihogo okeana [Marine fouling in the North-Western part of the Pacific Ocean]. – Bladivostok: Dalnauka, 2005. 431 p.
5. *Dalyokaya L.B.* Pervichnaya suktsessia soobshtstv obrastaniya na iskustvennykh substratakh v Sevastopolskoy bukhte [Initial succession of the fouling communities on artificial substrates in the Sevastopol Bay]. Ternopol: Nauk sap. ped. un-ta. – cer. boil., 2010, № 3 (44). P. 69-71.
6. *Dalyokaya L.B.* Gidroidy v obrastaniyi iskustvennykh substratov [Hydroids in fouling of artificial substrates]. – Biorasnoobrasie I ustoichivoe rasvitie.: – Simferopol, 2012. P. 356-358.
7. *Railkin A.I., Betsyadobckij A.P., Primakob I.M., Koldunob A.B.* Vzaimodeystviye pribrezhnykh bentosnykh soobshchestv Belogo morya s pridonnyim sloem [Interaction of the White Sea coastal benthos communities with a near-bottom layer] / Pod red. d-ra boil. nauk A.I. Railkina. – SPb.: Izd-bo S.-Peterb. un-ta, 2012. 408 p.
8. *Kuznetsova I.A., Zevina G.B.* Obrastanie v rayonah stroitelstva prilivnykh elektrostantsiy na Barentsevom i Belom moryah [Fouling in the rizing tide power station construction areas in the Sea of Barents and the White Sea] : Nauka, 1967. P. 18–28.
9. *Marfenin N.N.* Funktsionalnaya morfologiya kolonialnykh gidroidov [Functional morphology of colonial hydroids]. SPb: ZIN RAN, 1993. 153 p. (in Russ.).

10. *Marfenin N.N., Kocevich I.A.* Biologiya gidroida *Obelia loveni* (Allm.): obrazovanie koloniy, povedenie i zhiznenniy tsikl gidrantov, razmnojenie [The *Obelia loveni* (Allm.) hydroid biology: colony formation, hydrants' behavior and life cycle, reproduction]. Vestn. Mosk. un-ta, ser. 16. Biologiya. 1984. № 3. P. 16–24.
11. *Marfenin N.N.* Rost kolonii *Obelia loveni* v zavisimosti ot kolichestva pishchi [The *Obelia loveni* colony growth dependent of food quantity] //III sezd sovet. okeanol. Biol. okeana: L, 1987, ch. II. P. 128–130.
12. *Marfenin N.N.* Funktsionirovanie raspredelitelnoy sistemy v koloniyah gidroidov: noveyshiy metod i fakty. [The distribution system functioning in a hydroid colony: the latest method and facts] // Fundamentalnye issledovaniya sovremennykh gubok i kishichnopolosnykh. tez. dokl. Belomor. bios. MGU. 1989: L, 1989. P. 78–89.
13. *Kocevich I.A.* Vzaimodeystvie lokalnykh i obshchekolonialnykh protsessov vo vremya rosta kolonii *Obelia loveni* (Allm.) [Interaction of local and all-colony processes during the *Obelia loveni* (Allm.) colony growth]. Gubki i knidarii. Sovremennoe sostoyanie i perspektivy issledovaniya: L, 1988. P. 85–90.