

УДК 594+574.3(265.54)

О.С. Михальцова, Ю.А. Галышева*

Дальневосточный федеральный университет,
690091, г. Владивосток, ул. Суханова, 8**ПОПУЛЯЦИОННЫЕ И БИОЦЕНОЛОГИЧЕСКИЕ
ХАРАКТЕРИСТИКИ СКОПЛЕНИЙ *CRENOMYTILUS GRAYANUS*
(BIVALVIA: MYTILIDAE) В БУХТЕ КИЕВКА ЯПОНСКОГО МОРЯ**

В бухте Киевка были выявлены два места поселения мидий — о. Скалы и о. Второй. Исследованы скопления двустворчатых моллюсков сем. Mytilidae и охарактеризованы состав и структура населяющего их макробентоса. Скопления двустворчатых моллюсков семейства Mytilidae в бухте Киевка сформированы преимущественно *Crenomytilus grayanus*. Суммарная биомасса гидробионтов в скоплениях составила в среднем 3235 г/м². В целом для популяции мидии Грея в бухте Киевка характерна высокая численность мелких молодых особей и низкое относительное содержание крупных моллюсков, что в общем свидетельствует о благоприятных условиях существования вида.

Ключевые слова: *Crenomytilus grayanus*, макробентос, скопления, видовой состав, рост раковины, популяция, биомасса, бухта Киевка.

Mikhaltsova O.S., Galysheva Yu.A. Population and biological features of the settlements of *Crenomytilus grayanus* (Bivalvia: Mytilidae) in the Kievka Bay, Japan Sea // Izv. TINRO. — 2014. — Vol. 177. — P. 125–138.

Two mussel settlements are found in the Kievka Bay — at Skaly and Vtoroy Islands. They are formed mainly by Gray mussel *Crenomytilus grayanus* in druses of 6–230 individuals. Size of their shells is 10–150 mm at Vtoroy Island, with domination of small-sized mollusks < 25 mm, but 14–132 mm at Skaly Island, with the large-sized ones predominance, that reflects more severe environments for mussels in the eastern part of the Bay where Skaly Island is located. Their allometric growth is slower at Skaly Island, too. Besides Gray mussel, 89 other species are presented in the area of the settlements, mainly polychaetes, bivalves, brown algae, ascidia, gastropods, and red algae; 19 of them are common and make a «core» of these benthic assemblages. By their trophic status, they belong to sorters and non-motile sestonophages, with the latter dominating by biomass. Benthic communities in the area of the settlements are formed by 4–37 species, mainly macrozoobenthos. Density of benthic organisms distribution in the assemblages varies in the range 8–1000 ind./m², their mean biomass is 3235 g/m² (maximum 7215 g/m², mainly animals), the average species diversity is 25.7 ± 7.3 species at Skaly Island and 13.9 ± 3.9 species at Vtoroy Island.

Key words: *Crenomytilus grayanus*, macrobenthos, benthic assemblage, species structure, shell growth, population, benthos biomass, Kievka Bay.

* Михальцова Ольга Сергеевна, магистрант, ведущий инженер, e-mail: mihailovskaya-ol@mail.ru; Галышева Юлия Александровна, кандидат биологических наук, доцент, заведующая кафедрой, e-mail: marinec09@rambler.ru.

Mikhaltsova Olga S., leading engineer; e-mail: mihailovskaya-ol@mail.ru; Galysheva Yulia A., Ph.D., lecturer, head of department, e-mail: marinec09@rambler.ru.

Введение

В морях Дальнего Востока среди двустворчатых моллюсков широко распространены представители семейства Mytilidae: *Crenomytilus grayanus* (Dunker, 1853), *Mytilus trossulus* (Gould, 1850) и *Modiolus modiolus* (Linne, 1758). В Японском море они встречаются вдоль почти всего побережья Приморского края, Японии и о. Сахалин. Способность мидий закрепляться на голых, омываемых прибоем камнях морских побережий, скально-валунных грунтах и на искусственных субстратах служит главным фактором, обеспечивающим процветание многих других членов сообщества от литорали и до значительных глубин (Иванов, 1983; Tsuchiya, 2002).

Скопления мидий имеют прикладное значение: одна мидия размером до 6 см способна отфильтровать 60–70 л воды в сутки, а гектар мидийной плантации за 7 мес профильтровывает более 5 км³ воды. Биоценоз, развивающийся на искусственных субстратах, способен утилизировать от 450 до 1500 мг нефти на 1 м² в сутки, а за вегетационный период плантация этого моллюска длиной 100 м утилизирует около 500 кг нефти (Сергеева, 2007).

Мидия Грея *C. grayanus* — самый крупный моллюск из семейства Mytilidae. В южной части Приморья этот вид является доминантом одного из самых богатых сообществ (Иванов, 1983). Поселения мидий (мидийные банки) привлекательны для формирования трофически и топически связанного с ними сообщества. Друза мидий служит вторичным субстратом для поселения на ней других организмов, а накапливающаяся в биссусных нитях органика привлекает множество детритофагов.

Мидии Грея посвящено довольно много исследований. Изучены морфология и физиология моллюска, его распространение, биоиндикационные способности, видовой состав сопутствующей макрофауны и ряд других черт биологии и экологии. Большинство работ охватывают зал. Петра Великого (Вигман, Кутищев, 1979; Герасимов, 1979; Селин, Понуровский, 1981; Кутищев, 1983; Селин, Черняев, 1986; Гальшева, 2008; и др.). Работ по изучению формируемых мидиями скоплений в условиях открытого моря у северного и восточного побережий Приморья крайне мало. В связи с этим были спланированы исследования в бухте Киевка Японского моря — открытой акватории восточного Приморья.

Исследования морских организмов бухты Киевка, в том числе и мидии Грея, имеют существенное прикладное значение, поскольку здесь уже более 30 лет осуществляется летняя учебная практика студентов ДВФУ, планируются марикультурные хозяйства. Акватория бухты примыкает к Лазовскому государственному природному заповеднику, и сбор сведений о составе и структуре ее населения имеет общебиологическое и экологическое значение.

Цель работы заключалась в изучении популяционных и биоэкологических аспектов локальных скоплений мидии Грея в бухте Киевка, включая оценку локализации скоплений в пределах бухты и обилия в них моллюсков, характеристику размерно-возрастной структуры, описание состава и структуры макробентосного населения, приуроченного к поселениям мидии Грея.

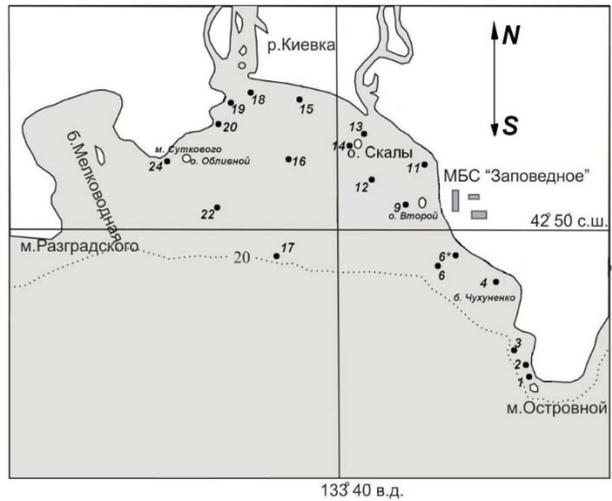
Материалы и методы

Работы проводили в августе 2005 и 2006 гг., октябре 2006 и 2009 гг., августе и октябре 2010 г., августе 2011 г. (7 съемок). По результатам первичной общей бентосной съемки (май 2005 г.) были выявлены места локализации скоплений мидии Грея. Характеристики обилия, размерно-возрастного состава и сообщества мидии Грея обследованы в местах данных скоплений — в подводной части о-вов Скалы (ст. 14) и Второй (ст. 9) (рис. 1).

Пробы отобраны количественным водолазным методом с учетных площадок в 0,25 м² в трех повторностях в каждый сезон. Друзы мидий срезали водолазным ножом, стараясь сохранить их целостность и сопутствующий макробентос и помещали в питомзы с ячеей не более 0,5 мм. Кроме того, с учетных площадок были собраны подвижные формы организмов (морские звезды и крабы).

Рис. 1. Схема расположения станций отбора проб макробентоса в бухте Киевка: отбор проб в пределах скоплений мидии Грея осуществлялся в районе о-вов Скалы и Второй

Fig. 1. Scheme of macrobenthos sampling in the Kievka Bay



Для анализа соотношения показателей макробентоса в скоплениях и вне их количественным методом (с учетных площадок в 1,0 и 0,25 м²) также отбирали макробентос за пределами поселений мидий. Всего отобрано и обработано 43 количественные пробы макробентоса в пределах скоплений и 13 — за пределами. Все данные приведены к 1 м².

В лаборатории морской биологической станции ДВФУ «Заповедное» в день отбора пробы подвергали первичной обработке: друзы разделяли, моллюсков отмывали от ила, промывали биссусные нити, выбирали скопившихся животных, счищали обрастателей. Снятых с поверхности и отмытых животных и смыв с мидий пропускали через гидробиологические сита с ячейей 0,5 мм, сортировали по видам. После предварительного подсушивания (2–3 мин) на фильтровальной бумаге животных одного вида взвешивали, подсчитывали численность в пробе. Водоросли-эпифиты, поселившиеся на мидиях (за исключением корковых водорослей — литотамний), также отмывали, слегка подсушивали и взвешивали. Точность взвешивания макробентоса ± 0,01 г.

В 2010–2011 гг. кроме анализа соотношения показателей макробентоса были изучены размерный и возрастной состав 9 друз и выполнены промеры 610 экз. мидий. В каждой друзе подсчитывали количество моллюсков всех размерных групп, определяли линейные размеры раковин с точностью ± 1 мм, оценивали возраст по кольцам нарастания или по внутренней структуре раковины (у старых и поврежденных моллюсков) (Золотарев, 1989).

Возрастные изменения длины раковины мидии Грея аппроксимировали уравнением Берталанфи: $L_t = L_\infty [1 - e^{-k(t-t_0)}]$, где L_t — длина раковины (мм) моллюска в возрасте t (годы); L_∞ — физиологически возможная длина раковины, мм; k — коэффициент, характеризующий скорость затухания процесса роста; t_0 — возраст, в котором длина раковины равна нулю, годы. Коэффициенты уравнения рассчитывали с использованием прикладных программ пакета GraphPad Prism.

Для описания скоплений мидии Грея, а также состава и структуры населяющего их макробентоса использовали следующие термины и показатели: скопления мидий — сконцентрированные на относительно небольшом участке дна (несколько квадратных метров) друзы двустворчатых моллюсков семейства Mytilidae; поселение мидий — относительно равномерно распространенные на однородной площади определенного участка бухты скопления друз мидий; население скоплений — макробентос, обитающий в составе друз мидий и непосредственно на них, имеющий с мидиями трофические и топические связи; видовое разнообразие — число видов в пробе; количественное (удельное) отражение видового богатства; видовое богатство — общее число видов в составе населения скоплений; биомасса — масса всех организмов макробентоса на учетной площади (г/м²); плотность поселения — число особей животных на учетной площади (экз./м²).

Для характеристики величины плотности скоплений мидий использован показатель отношения общей биомассы макробентоса скоплений к биомассе макробентоса, прилегающего к скоплениям (коэффициент скопления С).

Идентификация основных таксонов макрозообентоса проведена канд. биол. наук Ю.А. Гальшевой, макрофитов — канд. биол. наук С.И. Коженковой, многощетинковых червей — канд. биол. наук М.И. Некрасовой, гидроидных полипов — Е.А. Петровой. Мшанки, губки и амфиподы учтены на уровне крупных таксонов.

Результаты и их обсуждение

Локализация скоплений мидии Грея в бухте Киевка

По результатам количественной съемки макробентоса, проведенной на всей площади бухты (водолазные работы, май 2005 г.), было выявлено два места поселения мидий, сформированных наиболее существенными скоплениями — о. Скалы (ст. 14) и о. Второй (ст. 9) (рис. 1). Остальные районы с валунно-глыбовым и каменистым субстратом, потенциально подходящим для формирования скоплений друз, характеризуются по большей части ламинариевыми зарослями: юго-восточная часть бухты (от мыса Островного до о. Скалы, включая кекуры и островки), западная часть (от мыса Суткового до бухты Северной, включая о. Обливной). Локальные зоны подводных банок населены бедными в видовом отношении группировками с доминированием агарума (*Agarum clathratum*) и морских ежей (*Strongylocentrotus intermedius* и *Strongylocentrotus nudus*) (банка Киевка, о. Обливной, слаборасчлененный субстрат, скала), либо богатыми в видовом отношении ценозами с не выделяющимся явно доминантом (банка Хабарова, расчлененный субстрат, россыпи валунов, камней, гальки, ракуши, песка) (Гальшева и др., 2010). Во всех этих биотопах и сообществах мидия Грея встречается единично в качестве второстепенного или сопутствующего вида.

Места поселения мидии Грея представляют собой подводные склоны и уступы островов и характеризуются валунно-глыбовым субстратом, где мидии селятся в расщелинах, постепенно формируя скопления в виде друз. При этом наибольшая концентрация мидий выявляется на склонах островов, обращенных к морю (мористая часть), подверженных более интенсивному волновому воздействию. Активные гидродинамические условия являются необходимой характеристикой местообитания мидий, что связано с их трофической принадлежностью. Основные места локализации в бухте выявлены в горизонте от 1,5 до 7,0 м.

Характеристика обилия мидии Грея в скоплениях в бухте Киевка

Скопления двустворчатых моллюсков семейства Mytilidae в бухте Киевка сформированы преимущественно *S. grayanus*. Суммарная биомасса гидробионтов в скоплениях варьирует от 1000 до 7215 г/м², составляя в среднем 3235 г/м². Биомасса макробентоса вне скоплений Mytilidae варьирует от 615 до 2426 г/м², составляя в среднем 1443 г/м². Таким образом, средняя биомасса гидробионтов в скоплениях мидии в 2,2 раза превышает средний показатель для окружающего макробентоса этих же районов. Mytilidae образуют более 70 % общей биомассы макробентоса, при этом в районе о. Второй друзы сформированы исключительно *S. grayanus*, а у о. Скалы 21 % биомассы митилид составляет *Modiolus modiolus*. Таким образом, доминирование мидии Грея в друзах дает основание рассматривать анализируемые скопления как скопления *S. grayanus*.

Размер друз доминирующего вида — мидии Грея — варьирует от 6 до 230 экз. Весь полученный ряд значений плотности поселения *S. grayanus* в друзах мы поделили на три категории: менее 50 экз. (малые друзы, 35 % выборки), 50–100 (средние друзы, 30 %) и более 100 (крупные друзы, 35 % выборки).

Поселения характеризуются почти равным распределением друз разного размера, что свидетельствует о благополучии популяции *S. grayanus* в бухте Киевка (Селин, 1991; Гальшева, 2008). Плотность поселения субдоминанта *M. modiolus* варьирует от 2 до 38 экз. на друзу, не внося существенного вклада в формирование скоплений у о. Второго и составляя в общей плотности поселения митилид у о. Скалы лишь 10 %.

Размерный и возрастной состав мидии Грея в скоплениях в бухте Киевка

Наглядным показателем особенностей существования животных являются размерный и возрастной состав их популяций или локальных скоплений (Константинов, 1986; Одум, 1986). Анализ характеристик размерного и возрастного состава локальных популяций животных, и в частности моллюсков, позволяет ретроспективно судить об особенностях пополнения скоплений молодью, выживаемости и продолжительности жизни вида в конкретных условиях. Являясь отражением взаимодействия животных со средой обитания, размерный и возрастной состав показывает степень их приспособленности к конкретным условиям.

Анализ размерного состава скоплений мидии Грея у защищенного от волнового воздействия побережья о. Второго свидетельствует, что в этом районе обитают моллюски с длиной раковины от 10 до 150 мм (рис. 2, А). Сравнительно многочисленны здесь моллюски размером мельче 25 мм, 50–55 мм, а также 90–105 мм. Меньше численность мидий с длиной раковины 30–50 и 70–85 мм. Моллюски крупнее 125 мм встречаются редко и составляют незначительную часть поселения (около 1 %).

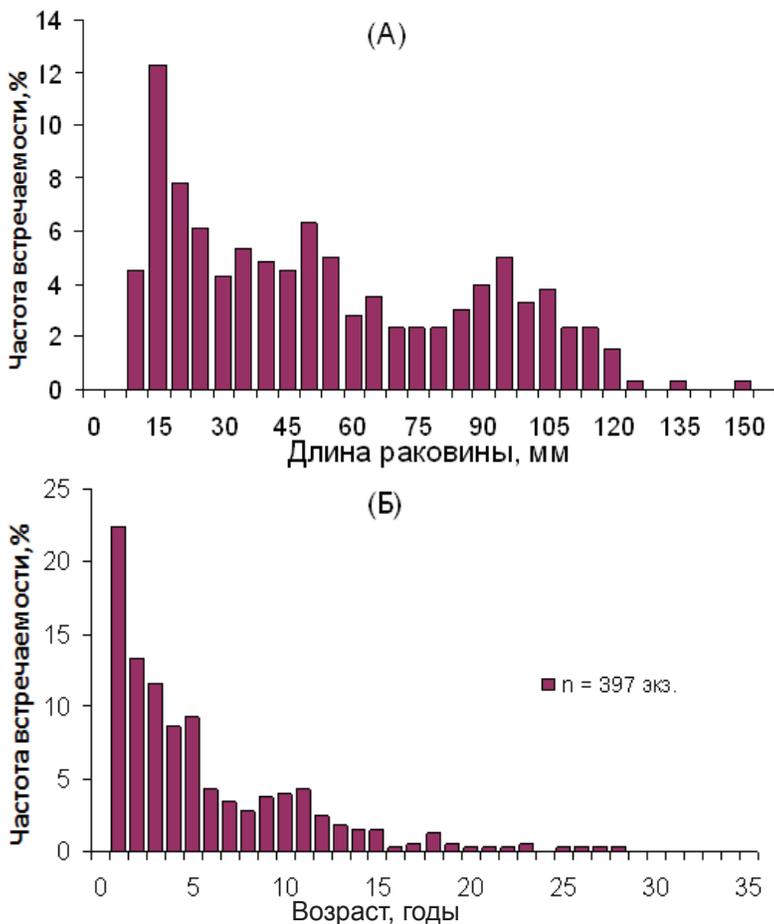


Рис. 2. Размерный (А) и возрастной (Б) состав поселения мидии Грея у о. Второго
Fig. 2. Size (А) and age (Б) structure of *Crenomytilus grayanus* settlement at Vtoroy Island

Индивидуальный возраст мидий этого поселения колеблется от 1 до 28 лет (рис. 2, Б). Картина возрастного распределения моллюсков показывает классический случай снижения в популяциях численности животных все более высокого возраста. На этом фоне наблюдаются колебания относительного содержания моллюсков ряда возрастных групп: сравнительно малочисленны 7–8-летние мидии Грея, хотя более многочисленны 9–11-летние особи. Небольшие пики в распределении численности можно отметить и среди более взрослых моллюсков.

Несколько иной характер частотного распределения размера и возраста мидии Грея отмечен для поселения у о. Скалы, где по визуальным наблюдениям в районе отбора проб нередко отмечался волновой накат. Это поселение представлено моллюсками с длиной раковины от 14 до 132 мм (рис. 3, А).

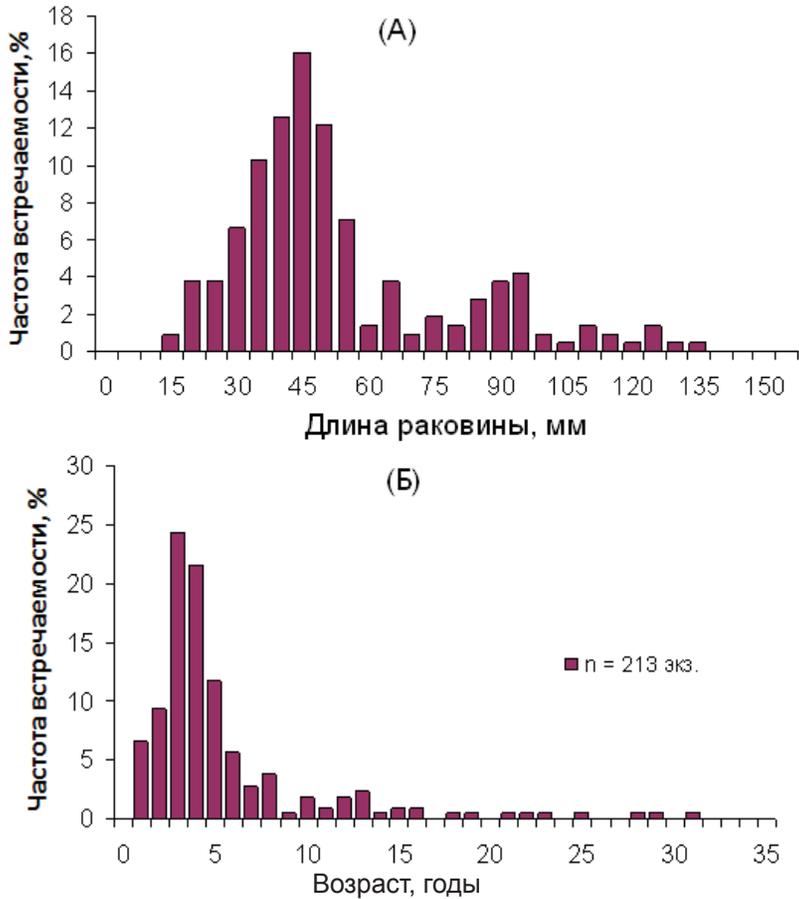


Рис. 3. Размерный (А) и возрастной (Б) состав поселения мидии Грея у о. Скалы
 Fig. 3. Size (А) and age (Б) structure of *Crenomytilus grayanus* settlement at Skaly Island

В распределении отчетливо выделяются несколько пиков численности, самые значительные из которых приходятся на моллюсков с длиной раковины 35–55 и 85–100 мм. Привлекает внимание сравнительно низкая относительная численность мелких особей, что существенно отличает состав этого поселения от поселения мидии Грея у о. Второго и свидетельствует о большей суровости условий обитания моллюсков в районе о. Скалы.

Эта же особенность прослеживается и при анализе возрастного состава поселения мидии Грея у о. Скалы, где по численности заметно преобладают 3–5-летние особи, а доля более молодых моллюсков сравнительно невелика (рис. 3, Б). Небольшой пик численности формируют также 12–13-летние моллюски. В целом численность мидий более высокого возраста довольно резко снижается, особи старше 16 лет в поселении составляют незначительную часть (около 4,5 %). Индивидуальный возраст наиболее старой мидии составил 31 год, что незначительно превышает максимальный возраст, зарегистрированный для моллюсков из поселения у о. Второго.

Анализ размерного и возрастного состава суммарной выборки мидии Грея из двух анализируемых поселений свидетельствует, что в целом для популяции этого вида в бухте Киевка характерно довольно высокое относительное содержание молодых моллюсков (рис. 4). Достаточно отметить, что 1–5-летние мидии с длиной раковины 10–60 мм составляют около 70 % общей численности моллюсков объединенной

выборки. Это свидетельствует о том, что в районе исследования в летнем планктоне ежегодно существует обильный пул личинок мидии Грея, обеспечивающий при их оседании на дно регулярное пополнение поселений у о-вов Второй и Скалы. Исследования зоопланктона, проведенные Е.Н. Селивановой в бухте, свидетельствуют о сезонном колебании общей биомассы зоопланктона (170–3290 мг/м³) в течение календарного года. В динамике общей биомассы зоопланктона выделено 4 годовых пика (в июне, августе, феврале и мае). Весенний пик соответствовал годовому максимуму (3290 мг/м³), а сильное понижение биомассы в декабре до 170 мг/м³ — ее годовому минимуму. Для зоопланктона бухты Киевка характерен неритический характер, обусловленный развитием прибрежных видов голопланктона и постоянным присутствием в течение большей части года представителей меропланктона (Селиванова, 2007). Интенсивность пополнения донного населения молодью зависит от локальных условий, о чем свидетельствует наблюдаемое различие в содержании молоди в разных поселениях, а также наличие пиков в их размерном и возрастном составе (рис. 4). Последнее обстоятельство, очевидно, связано также с разной выживаемостью моллюсков в отдельные годы. Наши данные позволяют предполагать, что в районе о. Второго для мидии Грея существуют более благоприятные условия, чем у о. Скалы.

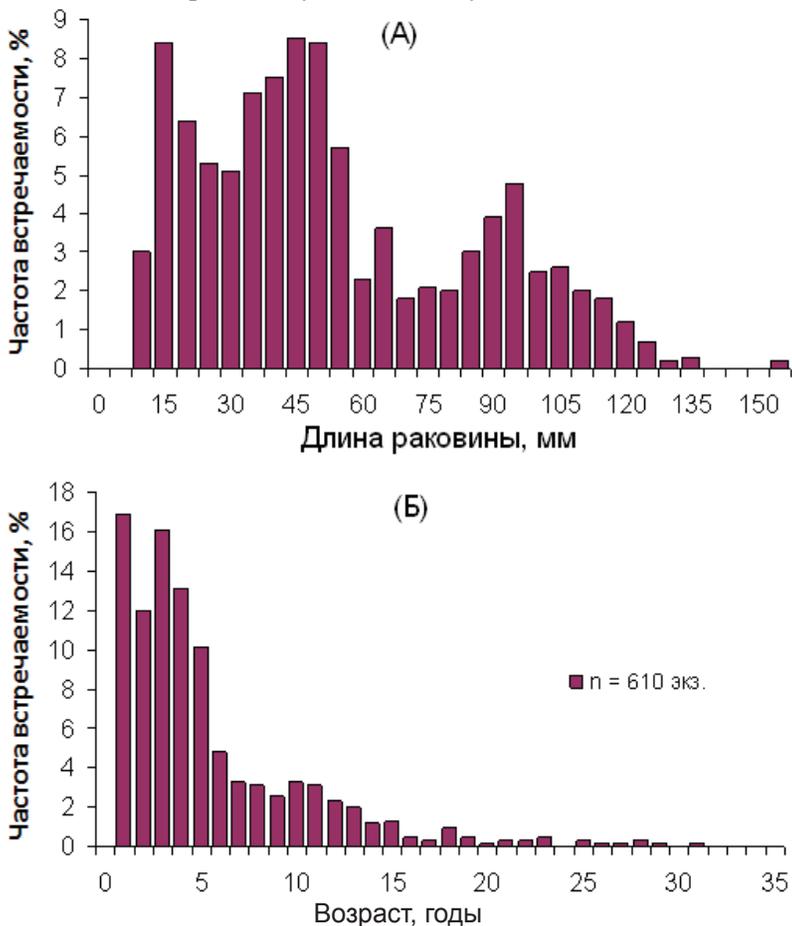


Рис. 4. Размерный (А) и возрастной (Б) состав популяции мидии Грея в бухте Киевка
 Fig. 4. Size (А) and age (Б) structure of the whole *Crenomytilus grayanus* population in the Kievka Bay

О существенном влиянии локальных условий на процесс пополнения донного населения молодью, жизнедеятельность моллюсков и, как следствие, на состав поселений свидетельствуют и результаты сравнительного исследования литературных данных. Было установлено, что размерный и возрастной состав мидии Грея существенно зависит от условий обитания на разных грунтах (Селин, 1980а). В бухте Витязь (зал. Посыета

Японского моря) на скалах моллюски формируют более разновозрастной состав, чем на валунах и тем более на заиленном песке. Существенные различия отмечены и для состава поселений мидии Грея, приуроченных к разным глубинам. Показано, что чем меньше гидродинамическое воздействие на мидий и ниже диапазон годовых колебаний температуры воды, тем протяженнее размерная и возрастная шкала (Селин, 1991).

Необходимо отметить, что в бухте Киевка мидия Грея характеризуется сравнительно небольшой максимальной длиной раковины и продолжительностью жизни (150 мм и 31 год). Известно, что в зал. Петра Великого Японского моря встречаются мидии крупнее 20 см (Скарлато, 1981; Селин, 1991); в ряде случаев была зафиксирована продолжительность жизни этих моллюсков в 150 лет (Золотарев, 1989; Селин, 1991). Вместе с тем отмеченные для бухты Киевка низкие предельные значения размера раковины и возраста не являются уникальным явлением. Так, в сообществе обрастания металлических якорных цепей в бухте Витязь длина раковины наиболее крупных моллюсков лишь слегка превышала 100 мм при возрасте 10 лет. Не исключено также, что использование для анализа состава поселений мидии Грея в бухте Киевка большего фактического материала, чем тот, которым мы располагали, приведет к получению несколько иных оценок максимального размера раковины и продолжительности жизни этого вида.

Таким образом, популяция мидии Грея в бухте Киевка характеризуется высокой численностью мелких молодых особей и низким относительным содержанием крупных «старых» моллюсков. Такой тип частотного распределения животных обычно свидетельствует о благоприятных условиях существования вида. Некоторые различия, характерные для состава поселений мидии Грея у о-вов Второй и Скалы обусловлены локальными особенностями среды обитания, в частности различиями гидродинамики.

Рост мидии Грея в бухте Киевка

Из всего многообразия способов оценки роста животных (Мина, Клевезаль, 1976) мы исследовали аллометрический рост и линейный групповой рост, которые позволяют ретроспективно оценить условия обитания мидии Грея в бухте Киевка и степень адаптации к ним вида.

Аллометрический рост. Исследования характера зависимости между основными линейными параметрами раковины мидии Грея показали, что соотношение высота–длина и ширина–длина хорошо описывается уравнением степенной зависимости (коэффициент детерминации $r^2 = 0,96–0,97$; уровень доверительной вероятности p меньше 0,01). Анализ линий регрессии свидетельствует о том, что в онтогенезе пропорции раковины у обитателей в районе о. Скалы и о. Второго изменяются с разной интенсивностью (табл. 1; рис. 5). В некоторых случаях наблюдается изометрический рост (угловой коэффициент $b = 1$), а в других случаях отмечена положительная ($b > 1$) и/или отрицательная аллометрии ($b < 1$), что в целом характерно для двустворчатых моллюсков, и в частности для мидии Грея (Селин, 1984; Селин, Блинов, 1988).

В онтогенезе мидии Грея у моллюсков из поселений о-вов Скалы и Второй высота раковины изменяется относительно её длины по принципу отрицательной аллометрии (табл. 1). При равной длине раковины моллюски менее 50 мм имеют одинаковую высоту (рис. 5), у более крупных моллюсков высота раковины в поселении у о. Скалы несколько больше, чем у о. Второго. Например, при длине раковины 10 мм в первом и во втором случае высота равна в среднем 6 мм, при длине 125 мм в первом случае высота равна в среднем 71 мм, а во втором — 67 мм. Однако эти различия просматриваются на уровне тенденции из-за большой вариабельности параметров, о чём свидетельствуют статистические характеристики средних величин коэффициентов уравнений.

В соотношении между длиной и шириной раковины мидий из поселений у этих островов наблюдается положительная аллометрия (табл. 1). При длине раковины до 50–55 мм моллюски имеют одинаковую ширину (рис. 6), а у более крупных особей из поселения у о. Второго этот параметр больше, чем у мидий в прибрежье о. Скалы. Например, при длине, равной 125 мм, моллюски из поселения у о. Второго имеют ширину, равную в среднем 48,5 мм, а у о. Скалы — 46,5 мм.

Таблица 1

Коэффициенты уравнений, описывающих изменение в онтогенезе пропорций раковины у мидии Грея из бухты Киевка

Table 1

Coefficients of the equations describing ontogenic change of *Crenomytilus grayanus* shells in the Kievka Bay

Район	Коэффициенты		SEa	SEb	r ²	n, экз.	P
	a	b					
$H = aL^b$							
О. Скалы	0,6312	0,9766	0,0410	0,0106	97,4	226	< 0,001
О. Второй	0,6581	0,9575	0,0375	0,0092	97,3	298	< 0,001
$D = aL^b$							
О. Скалы	0,2342	1,0959	0,0558	0,0145	96,2	226	< 0,001
О. Второй	0,2295	1,1088	0,0446	0,0110	97,2	298	< 0,001
$D/H = a + bL$							
О. Скалы	0,5195	0,0014	0,0083	0,0001	27,9	226	< 0,001
О. Второй	0,5315	0,0018	0,0103	0,0001	34,0	299	< 0,001

Примечание. L, H и D — длина, высота и ширина раковины мидии Грея; a и b — коэффициенты уравнений; SE — стандартная ошибка; r² — коэффициент детерминации, %; n — объем выборки; P — уровень доверительной вероятности. Для степенных уравнений приведено SElna.

Рис. 5. Эмпирические данные и линии регрессии, отражающие изменение в онтогенезе соотношения между длиной и высотой раковины у мидии Грея в бухте Киевка у о-вов Скалы (пунктирная линия) и Второй (сплошная линия)

Fig. 5. Ontogenic change of the length-height ratio for *Crenomytilus grayanus* shells in the Kievka Bay at Skaly Island (dotted line) and Vtoroy Island (solid line): empirical data and lines of regression

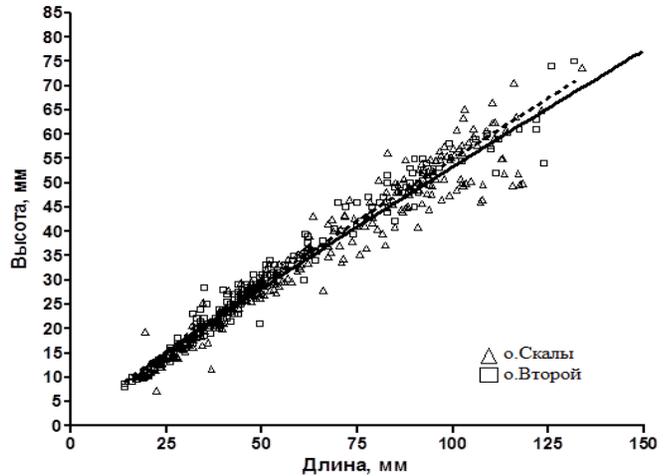
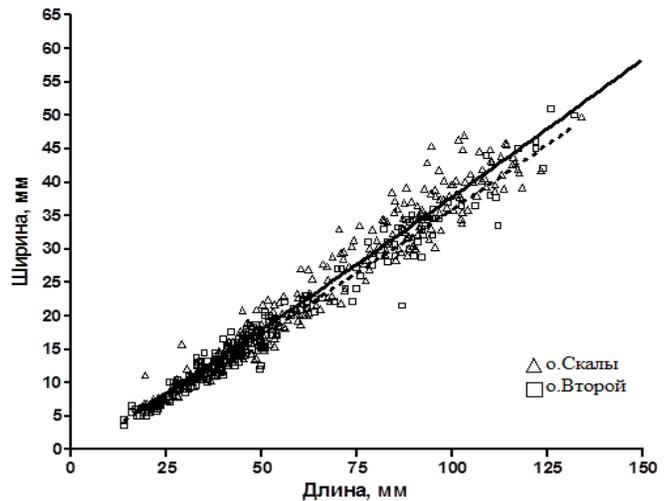


Рис. 6. Эмпирические данные и линии регрессии, отражающие изменение в онтогенезе соотношения между длиной и шириной раковины у мидии Грея в бухте Киевка у о-вов Скалы (пунктирная линия) и Второй (сплошная линия)

Fig. 6. Ontogenic change of the length-width ratio for *Crenomytilus grayanus* shells in the Kievka Bay at Skaly Island (dotted line) and Vtoroy Island (solid line): empirical data and lines of regression



При анализе отношения ширины раковины к ее высоте, наглядно характеризующего степень выпуклости раковины, также отмечена высокая изменчивость морфологии раковины мидии Грея как из одного, так и из другого района исследований

(табл. 1). Полученные данные свидетельствуют о том, что при равной длине раковины моллюски у о. Второго имеют несколько большее отношение этих параметров, чем у о. Скалы (рис. 7). Так, например, при длине раковины в 100 мм в первом случае ее ширина составляет в среднем 71 % от высоты, а во втором — 66 %. Это свидетельствует о том, что мидии в поселении у о. Второго характеризуются более выпуклой раковиной, чем у о. Скалы.

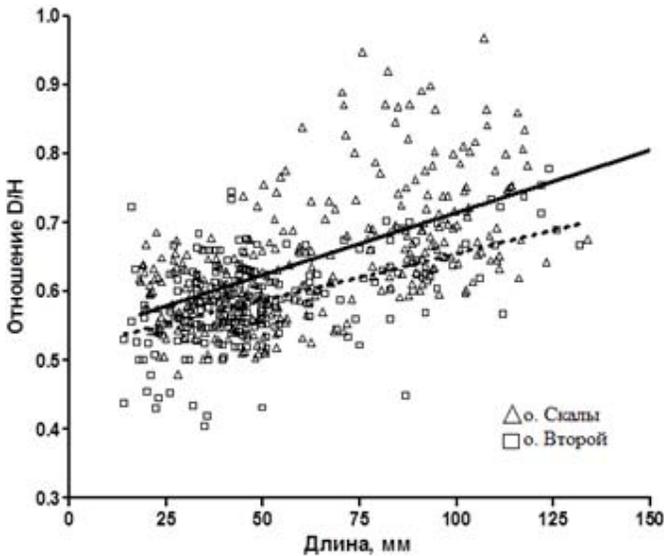


Рис. 7. Эмпирические данные и линии регрессии, отражающие изменение в онтогенезе отношения ширины к высоте раковины у мидии Грея в бухте Киевка у о-вов Скалы (пунктирная линия) и Второй (сплошная линия)

Fig. 7. Ontogenic change of the width-height ratio for *Crenomytilus grayanus* shells in the Kievka Bay at Skaly Island (dotted line) and Vtoroy Island (solid line): empirical data and lines of regression

Наблюдаемые между поселениями различия формы раковины моллюсков в некоторой степени, по-видимому, связаны с особенностями их линейного роста. Известно, что различия формы раковины мидий обусловлены темпами наращивания створок в длину. Чем медленнее рост, тем больше относительная выпуклость за счёт подворота краёв створок внутрь раковины и преимущественного роста в ширину. Мидии, характеризующиеся низкими темпами роста на протяжении большого периода жизни, имеют наиболее выпуклую раковину (Селин, 1984; Золотарёв, 1989).

Линейный рост. Оценивая общие тенденции линейного роста мидии Грея в районе бухты Киевка, необходимо отметить, что наиболее интенсивно моллюски растут в первые 6–7 лет жизни, когда ежегодный прирост раковины в длину составляет в среднем 7–10 мм, а размер — 50–70 мм (рис. 8). С возрастом ежегодные приросты снижаются. В возрасте 15 лет прирост равен 2–3 мм, а к 30 годам — менее 1 мм. Длина раковины моллюсков в этом возрасте равна в среднем соответственно 101–109 и 126–127 мм.

Сравнительный анализ локальных особенностей линейного роста мидии Грея у о. Скалы и о. Второго показывает, что в первом случае моллюски растут несколько медленнее. Например, в возрасте 10 лет они имеют в этих местообитаниях длину раковины, равную в среднем соответственно 74 и 90 мм, в возрасте 20 лет — 114 и 119 мм. Со временем эти различия сглаживаются, у 30-летних моллюсков длина раковины в среднем достигает 126–127 мм как в одном, так и в другом поселениях. Данные показывают, что рост мидий характеризуется сильной вариабельностью и все различия, отмеченные для обитателей двух анализируемых районов, носят случайный характер, о чём свидетельствуют характеристики средних величин длины раковины.

Возрастные изменения длины раковины мидии Грея хорошо аппроксимируются уравнением роста Бергаланфи (табл. 2), которое широко используется для анализа роста животных, в том числе и двустворчатых моллюсков (Мина, Клевезаль, 1976; Селин, 1991, 2007; Шурова, 2004; Зотин, 2009; и др.). Сравнительное изучение параметров этого уравнения, рассчитанных нами для обитателей у о. Второго и о. Скалы, показывает, что физиологически возможная предельная длина раковины (L_{∞}) для моллюсков из первого района составляет 131,6 мм, из второго — 139,9 мм. Коэффициент

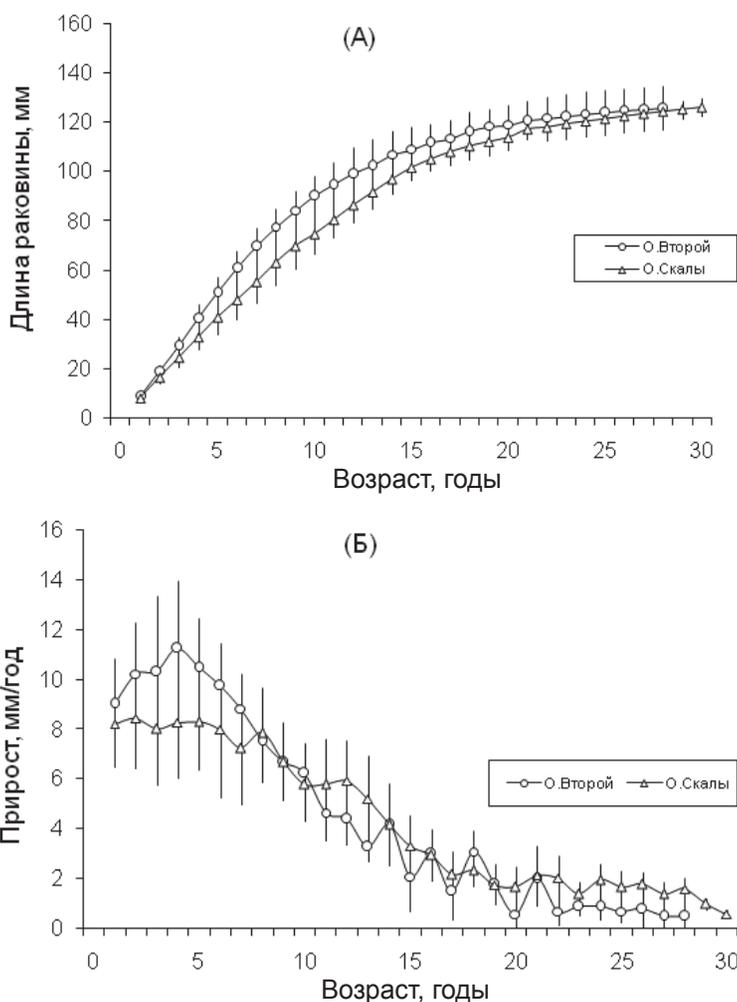


Рис. 8. Возрастные изменения длины раковины (А) и ее ежегодного прироста (Б) у мидии Грея из бухты Киевка. Вертикальные линии — стандартное отклонение

Fig. 8. Age changes of shell length (A) and its annual increments (B) for *Crenomytilus grayanus* in the Kievka Bay. Standard deviation is shown by vertical bars

k , характеризующий скорость замедления процесса роста, больше для моллюсков, обитающих у о. Второго, т.е. здесь период относительно интенсивного роста мидий сравнительно непродолжительный. У о. Скалы мидии с первых же лет жизни растут несколько медленнее, но достигают больших размеров тела. Подобная зависимость между скоростью роста и максимальными размерами тела (максимальным возрастом) неоднократно отмечалась ранее для мидии Грея и ряда других видов животных и часто связывалась с особенностями широтной изменчивости температурных условий их обитания (Мина, Клевезаль, 1976; Селин, 1991).

Таблица 2

Параметры уравнения Бергаланфи, описывающего рост мидии Грея из бухты Киевка

Table 2

Parameters of Bertalanffy equation describing growth of *Crenomytilus grayanus* in the Kievka Bay

Район	$L_{\infty} \pm SE$, мм	$k \pm SE$	$t_0 \pm SE$	R
О. Скалы	$139,9 \pm 1,9$	$0,085 \pm 0,003$	$0,67 \pm 0,07$	0,99
О. Второй	$131,6 \pm 0,7$	$0,120 \pm 0,002$	$0,70 \pm 0,12$	0,99

Примечание. L_{∞} , k и t_0 — коэффициенты уравнения Бергаланфи; SE — стандартная ошибка; R — коэффициент корреляции.

Наряду с этим существуют обширные данные, свидетельствующие о том, что рост моллюсков определяется конкретными условиями обитания (Sukhotin et al., 2007; Selin, 2008; Селин, 2010; и мн. др.). Для мидии Грея известно, что скорость роста существенно изменяется в зависимости от обеспеченности пищей, субстрата, плотности поселения, гидродинамики и других факторов (Селин, 1980а, б, 1984, 1991). Данные по росту мидии Грея в бухте Киевка, представленные как в виде кривых возрастного изменения длины раковины и статистических характеристик средних величин, так и в форме коэффициентов уравнения Бергаланфи, свидетельствуют о том, что условия обитания моллюсков в исследуемых районах несколько различаются. По-видимому, сравнительно низкая скорость роста моллюсков в районе о. Скалы в значительной мере обусловлена гидродинамической активностью, присущей анализируемому побережью. Однако это волновое воздействие не является пагубным и, как свидетельствуют наши данные по составу локальных поселений и росту, моллюски как у о. Второго, так и у о. Скалы обильно пополняют донное население, развиваются и растут столь же успешно, как и во многих биотопах более южных частей ареала, в частности в зал. Петра Великого.

Видовой состав и частота встречаемости населения скоплений

В результате анализа проб за периоды август 2005 г. и 2006 г., октябрь 2006 г. и 2009 г., август, октябрь 2010 г. и август 2011 г. в составе населения скоплений были обнаружены представители 89 таксонов.

По числу видов в составе населения скоплений доминируют полихеты. Существенно отстают от них двустворчатые моллюски, бурые водоросли, хитоны, асцидии, брюхоногие моллюски и красные водоросли. Гидробионты других групп составляют менее 5 % видового разнообразия населения. По биомассе доминирующей группой являются двустворчатые моллюски, по плотности поселения — голотурии и полихеты.

Чаще всего встречались: *Eupentacta fraudatrix* — 85 %, *Phascolosoma japonicum* — 62, *Modiolus modiolus*, *Tonicella granulata*, *Bosiella cretacea* — 54, *Leptasterias similispines*, *Boltenia echinata*, *Arca boucardi*, *Amphipholis kochi*, *Ralfsia fungiformes*, *Lepidozona albrechti*, *Placiphorella stimpsoni* — 38, *Monia macrochisma*, *Strongylocentrotus nudus*, *Phyllospadix iwatensis*, *Eudistilia polymorpha*, *Lithotamnion phymatodeum*, *Ischnochiton hakodadensis* — 31 %. Эти виды составляют «ядро» населения скоплений, присутствуя практически постоянно (в каждой третьей пробе и более) и придавая ему своеобразный облик. Их доля от общего числа видов составляет 22 %. Остальная часть (67 видов, 78 %) является «аспект разнообразия», при этом 41 вид (45 % населения скоплений) встречается с частотой только 8 %, что свидетельствует о высокой степени разнообразия населения (Лебедева и др., 1999). Это главным образом многощетинковые черви.

Трофическая структура населения скоплений

Из всего списка видов, отмеченных в составе населения скоплений мидий, большую часть составляют сортирующие детритофаги. Это многие виды полихет (*Cirratulus cirratus*, *Pherusa plumosa*, *Euphrosyne multibranchiata*, *Eupolymnia robusta*, *Pterocirrus macroceros*), некоторые двустворчатые моллюски (*Protothaca euglipta*, *Hiatella arctica*), офиуры (*Amphipholis fissa*, *Amphipholis kochi*) и хитоны (*Tonicella granulata*, *Ischnochiton hakodadensis*). Несколько меньше в видовом богатстве доля неподвижных сестонофагов. По биомассе же преобладают неподвижные сестонофаги. Это главным образом *S. grayanus* и *M. modiolus*, довольно часто встречающиеся *Arca boucardi* и *Pododesmus macrochisma*, а также поселяющиеся реже, но имеющие существенную массу асцидии *Halocynthia aurantium* и *Styela clava*.

Видовое разнообразие и обилие макробентосного населения скоплений

Видовое разнообразие (среднее число видов на пробу) в скоплениях варьировало от 4 до 37 видов. Средний показатель видового разнообразия в скоплениях мидий в районе о. Скалы ($25,7 \pm 7,3$ вида) выше, чем в скоплениях у о. Второго ($13,9 \pm 3,9$ вида).

Биомасса гидробионтов достигала 7215 г/м^2 и формировалась в основном за счет животных. Средние значения в двух районах были близки: о. Скалы — $2404 \pm 1783 \text{ г/м}^2$, о. Второй — $2922 \pm 1818 \text{ г/м}^2$. Численность макрозообентоса в пробах изменялась от 8 до 1000 экз./м^2 , при этом среднее значение в скоплениях у о. Скалы ($324,5 \pm 115,2 \text{ экз./м}^2$) было выше, чем в районе о. Второго ($130,9 \pm 90,4 \text{ экз./м}^2$).

Таким образом, население скоплений мидии Грея в районе о. Скалы характеризуется большим видовым разнообразием и численностью, чем скоплений с о. Второго. Средняя биомасса в обоих районах примерно равна.

Заключение

В бухте Киевка Японского моря существуют два поселения мидий, сформированных наиболее существенными скоплениями — о. Скалы и о. Второго. Мидия Грея вносит самый большой вклад в общую биомассу макробентоса о-вов Скалы и Второй (более 70 %). Ее численность в друзьях варьирует от 6 до 230 экз. Размер мидии Грея в скоплениях у о. Второго варьирует от 10 до 150 мм; доминируют моллюски размером мельче 25 мм. Скопления мидии Грея у о. Скалы представлены моллюсками с длиной раковины от 14 до 132 мм; пики численности характерны для моллюсков со средней длиной раковины; численность мелких (молодых) моллюсков невелика, что свидетельствует о большей суровости условий обитания в данном районе бухты. В целом для популяции мидии Грея в бухте Киевка характерна высокая численность мелких молодых особей и низкое относительное содержание крупных моллюсков, что в общем свидетельствует о благоприятных условиях существования вида. Анализ аллометрического роста свидетельствует о разной интенсивности изменения пропорции раковины у обитателей в районе о. Скалы и о. Второго в онтогенезе. Сравнительный анализ особенностей линейного роста мидии Грея в двух поселениях показал более медленный рост моллюсков данного вида у о. Скалы, что обусловлено гидродинамической активностью, присущей анализируемому побережью, которое, однако, не является пагубным. В результате анализа проб в составе населения скоплений мидии Грея обнаружено 89 видов. Чаще всего встречались 19 видов (22 %), составляющие «ядро» населения скоплений. По числу видов в составе населения скоплений доминируют полихеты, а также двустворчатые моллюски, бурые водоросли, хитоны, асцидии, брюхоногие моллюски и красные водоросли. Из трофических групп большую часть в видовом богатстве населения скоплений составляют сортирующие и неподвижные сестонофаги. По биомассе преобладают неподвижные сестонофаги. Число видов в пробах макробентоса скоплений варьировало от 4 до 37 видов — преимущественно макрозообентос. Средний показатель видового разнообразия в скоплениях мидий в районе о. Скалы ($25,7 \pm 7,3$ вида) выше, чем в скоплениях у о. Второго ($13,9 \pm 3,9$ вида). Биомасса гидробионтов в скоплениях достигала 7215 г/м^2 и формировалась в основном за счет животных.

Список литературы

Вигман Е.П., Кутищев А.А. Роль друз разной величины в поддержании численности популяции *Crenomytilus grayanus* // Промысловые двустворчатые моллюски — мидии и их роль в экосистемах. — Л.: Наука, 1979. — С. 34–35.

Гальшева Ю.А. Современное состояние и долговременные изменения сообщества *Crenomytilus grayanus* в заливе Восток Японского моря // Экология. — 2008. — № 4. — С. 1–7.

Гальшева Ю.А., Коженкова С.И., Емельянов А.А. Сообщества макробентоса подводной части островов и банок бухты Киевка Японского моря // Материалы Всероссийской научной молодежной конференции школы ЮНЕСКО «Проблемы экологии морского шельфа». — Владивосток: ДВГУ, 2010. — С. 11–19.

Герасимов С.Л. Население раковин *Crenomytilus grayanus* (Dunker) в заливе Петра Великого Японского моря // Промысловые двустворчатые моллюски — мидии и их роль в экосистемах. — Л.: ЗИН АН СССР, 1979. — С. 40–41.

Золотарёв В.Н. Склерохронология морских двустворчатых моллюсков: монография. — Киев: Наук. думка, 1989. — 112 с.

- Зотин А.А.** Закономерности роста и энергетического обмена в онтогенезе моллюсков : автореф. дис. ... д-ра биол. наук. — М., 2009. — 30 с.
- Иванов А.В.** Морфология мидии Грея // Биология мидии Грея. — М. : Наука, 1983. — С. 7–18.
- Константинов А.С.** Общая гидробиология : монография. — М. : Высш. шк., 1986. — 472 с.
- Кутищев А.А.** Состояние популяции мидии Грея в заливе Петра Великого // Биология мидии Грея. — М. : Наука, 1983. — С. 108–114.
- Лебедева Н.В., Дроздов Н.Н., Криволицкий Д.А.** Биоразнообразие и методы его оценки : монография. — М. : МГУ, 1999. — 94 с.
- Мина М.В., Клевезаль Г.А.** Рост животных : монография. — М. : Наука, 1976. — 291 с.
- Одум Ю.** Экология : монография. — М. : Мир, 1986. — Т. 1. — 328 с.; Т. 2. — 376 с.
- Селиванова Е.Н.** Зоопланктон бухты Киевка Японского моря (состав, сезонная и межгодовая изменчивость) : автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Владивосток, 2007. — 20 с.
- Селин Н.И.** Особенности роста мидии Грея в связи со степенью агрегированности особей // Биол. моря. — 1984. — № 3. — С. 50–56.
- Селин Н.И.** Размерно-возрастная структура поселений мидии Грея на разных грунтах в заливе Посьета Японского моря // Биол. моря. — 1980а. — № 1. — С. 56–62.
- Селин Н.И.** Рост мидии Грея на искусственных субстратах в зал. Посьета Японского моря // Биол. моря. — 1980б. — № 3. — С. 97–99.
- Селин Н.И.** Рост и продолжительность жизни двустворчатых моллюсков у северо-восточного побережья острова Сахалин // Биол. моря. — 2010. — Т. 36, № 4. — С. 265–273.
- Селин Н.И.** Структура поселений и рост мидии Грея в сублиторали Японского моря // Биол. моря. — 1991. — № 2. — С. 55–63.
- Селин Н.И.** Форма раковины, рост и продолжительность жизни *Astarte arctica* и *A. borealis* (Mollusca: Bivalvia) из сублиторали северо-восточной части острова Сахалин // Биол. моря. — 2007. — Т. 33, № 4. — С. 278–283.
- Селин Н.И., Блинов С.В.** Структура популяции и рост мидии Грея в сублиторали южных Курильских островов // Биол. моря. — 1988. — № 6. — С. 31–35.
- Селин Н.И., Понуровский С.К.** Некоторые особенности роста мидии Грея и *Модиолуса* длиннощетинкового в бухте Витязь залива Посьета Японского моря // Биол. моря. — 1981. — № 6. — С. 75–77.
- Селин Н.И., Черняев М.Ж.** Распределение и рост мидии Грея в заливе Восток Японского моря // Биол. моря. — 1986. — № 3. — С. 21–24.
- Сергеева Н.Р.** Мидии — живые фильтры нефтепродуктов. <http://www.roskrup.ru/articles/articles.php?id=242>. — 09 дек. 2007.
- Скарлато О.А.** Двустворчатые моллюски умеренных широт западной части Тихого океана : монография. — Л. : Наука, 1981. — 480 с.
- Шурова Н.М.** Изменение популяционных характеристик черноморской мидии в условиях эвтрофирования и гипоксии морских прибрежных вод // Экология моря. — 2004. — Вып. 65. — С. 94–99.
- Selin N.I.** Distribution, population structure and growth of *Protothaca euglypta* (Sowerby, 1914) (*Bivalvia*: *Veneridae*) from the northwestern part of the East Sea of Russia // *Korean J. Malacol.* — 2008. — Vol. 24(2). — P. 81–87.
- Sukhotin A.A., Strelkov P.P., Maximovich N.V., Hummel H.** Growth and longevity of *Mytilus edulis* (L.) from northeast Europe // *Mar. Biol. Res.* — 2007. — Vol. 3. — P. 155–167.
- Tsuchiya M.** Faunal structures associated with patches of mussels on East Asian coasts // *Helgol. Mar. Res.* — 2002. — Vol. 56. — P. 31–36.

Поступила в редакцию 18.12.13 г.