

Научная статья
УДК 594.3-113(262.5)
doi: 10.17223/19988591/61/6

Интенсивность питания самок и самцов рапаны *Rapana venosa* (Valenciennes, 1846) (Gastropoda, Muricidae) в Чёрном море

Анна Васильевна Пиркова¹, Людмила Владимировна Ладыгина²,
Сергей Вячеславович Щуров³

^{1, 2, 3} ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН»,
Севастополь, Россия

¹ <https://orcid.org/0000-0002-7047-7010>, avpirkova@mail.ru

² <https://orcid.org/0000-0003-4617-093X>, lvladygina@yandex.ru

³ <https://orcid.org/0000-0002-8913-2637>, skrimea@mail.ru

Аннотация. Рапана *Rapana venosa* – хищный брюхоногий моллюск, вселец в Чёрное море, питается двустворчатыми моллюсками, но основным пищевым объектом являются мидии. В течение года изучали рационы самок и самцов рапаны высотой раковины ≈ 60 мм и общим весом ≈ 50 г в условиях, максимально приближенных к природным. Интенсивность питания возрастала по мере увеличения температуры воды и достигала максимальных значений в конце июня – середине августа при температуре 23,5–26,8°C. Максимальная интенсивность питания самок отмечена в период отложения кладок, начиная с 29 июня по 24 августа 2020 г. Рационы обеих полов были минимальными при температуре воды около 10°C. Перерывы потребления пищи были отмечены в зимний период: от 7 до 14 сут – у самок и от 14 до 30 сут – у самцов. Показано, что среднесуточные рационы самок достоверно выше, чем у самцов и составили соответственно 0,3784 и 0,2750 г·экз.⁻¹·сут⁻¹.

Ключевые слова: рапана *Rapana venosa*, самки, самцы, интенсивность питания, Чёрное море

Источник финансирования: работа выполнена в рамках государственного задания ФИЦ ИнБЮМ по теме «Исследование механизмов управления продукционными процессами в биотехнологических комплексах с целью разработки научных основ получения биологически активных веществ и технических продуктов морского генезиса», № гос. регистрации 121030300149-0.

Благодарности: авторы выражают благодарность директору ООО НИО «Марикультура» В.Д. Шенявскому за предоставленную возможность проведения эксперимента.

Для цитирования: Пиркова А.В., Ладыгина Л.В., Щуров С.В. Интенсивность питания самок и самцов рапаны *Rapana venosa* (Valenciennes, 1846) (Gastropoda, Muricidae) в Чёрном море // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2023. № 61. С. 134–150. doi: 10.17223/19988591/61/6

Feeding Intensity of females and males of the veined rapa whelk *Rapana venosa* (Valenciennes, 1846) (Gastropoda, Muricidae) in the Black Sea

Anna V. Pirkova¹, Ludmila V. Ladygina², Sergey V. Shchurov³

^{1, 2, 3} A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS,
Sevastopol, Russian Federation

¹ <https://orcid.org/0000-0002-7047-7010>, avpirkova@mail.ru

² <https://orcid.org/0000-0003-4617-093X>, lvladygina@yandex.ru

³ <https://orcid.org/0000-0002-8913-2637>, skrimea@mail.ru

Summary. The veined rapa whelk *Rapana venosa*, a predatory gastropod living in a wide range of salinities from 15 to 32‰ is indigenous to the coastal waters of China, Korea and Japan and is an invasive species in the Black Sea. This invasion has led to structural alterations in bivalve communities, which have changed the species dominance and ratio (Ivanov, 1961; Chukhchin, 1984; Zolotarev, Terentyev, 2012; Skolka, Preda, 2010), and was one of the reasons for the stocks of commercial bivalves – mussels and oysters – to decrease (Chukhchin, 1984; Ivanov, 1968; Chukhchin 1961b; Snigirov et al., 2013). *R. venosa* feeds on bivalves, and the mussel *Mytilus galloprovincialis* is its main food.

The purpose of this work was to determine the rations of females and males of the gastropod *R. venosa* throughout the year as a function of the sea water temperature.

The animals with the shell height of ≈ 60 mm and total weight of ≈ 50 g collected in March 2020 at a depth of 9–12 m under a mussel-and-oyster farm (outer roadstead of the Sevastopol Bay, $44^{\circ}37'$ and $13.4''$ N; $33^{\circ}30'$ and $13.6''$ E) were kept in a plastic cage at a depth of 2.5 m. The cage was divided into two compartments (for females and males) sheathed with a plastic mesh on top. The sex determination carried out at the beginning of the experiment, when observing the rapa whelk copulation, was confirmed at the end of the experiment by examining gonadal smears under a microscope (See Fig. 1, Fig. 5).

The mollusks were amply fed, and the food, which was live mussels grown on the mussel-and-oyster farm, was replenished as needed. To determine the daily rations of *R. venosa*, correlations between the weight of soft tissues of mussels and the shell length were found in the form of the power-law equations (See Table 1).

In the experiment, *R. venosa* individuals applied several methods of attacking mussels: smothering by pressing the valves with the foot, periodically weakening the pressing force until the valves opened; excreting a biotoxin near the prey, causing paralysis of the mussel adductor muscle; pressing a mussel with the foot to the edge of their shells, breaking off a piece of the mussel valve and violating the mussel shell integrity. The proportion of the damaged mussel shells was about 17% over the study period. The rest of the mussel shells were opened without damage to the shell. Whatever the attack method was performed, the gastropod ate out mussel's soft tissues after the mussel slightly opened its valves.

During the study period, the daily rations of females and males varied, respectively, in the ranges 0–1.0390 and 0–0.9012 g.ind.⁻¹.day⁻¹ (See Fig. 2). Breaks in the food intake were noted in winter, from 7 to 14 days for females, and from 14 to 30 days for males. The feeding intensity rose with the increase of water temperature and reached its highest in the late June till mid-August at a temperature of 23.5–26.8 °C. The maximum feeding intensity of females was noted during the laying of egg capsules, from June to August. The food intake was uneven, being related to the feeding rhythms.

The feeding intensities of *R. venosa* females (See Fig. 3) and males (See Fig. 4) were fitted with third-order polynomials as a function of water temperature in the sea.

The mean values of the linear or weight characteristics of females and males at the beginning and end of the experiment did not differ significantly. It was established that the average daily rations of females are significantly higher than those of males. The calculated average daily ration of females with a shell height of 63.9 mm and a total weight of 45.97 g was $0.3784 \text{ g} \cdot \text{ind.}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$, or 0.82% of their total weight. For males with a shell height of 61.2 mm and a total weight of 47.1 g, the calculated average daily ration was $0.2750 \text{ g} \cdot \text{ind.}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$, or 0.67% of the total weight.

One *R. venosa* female consumed 100.28 g of mussel soft tissues per year, or 45 commercial-size mussels ($L = 50 \text{ mm}$; mean soft tissue weight = 2.21 g), which is 2.0 times the total weight of the gastropod female. One *R. venosa* male consumed 72.88 g of soft tissues of mussels (or about 33 specimens) per year, which is 1.5 times its total weight.

The data obtained are necessary to study the population structure of *R. venosa* and assess the impact of this predatory gastropod on the local populations of the mussel *M. galloprovincialis* in the Black Sea. The analysis of the feeding intensity data shows that ecological damage from the predator will be noticeable for a mussel population with the density of $500 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ (or $50 \text{ ind.} \cdot \text{m}^{-2}$; mean shell length = 50 mm) if the rapa whelk density in this area is $25 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$. The mussel biomass will then have decreased by 50% over the year. The mussel settlement density can be restored within 2–3 years. It is known that the largest number of larvae enters the pelagial from the mussel biocenosis because *M. galloprovincialis* has very high fecundity and its spawning periods are extended in time (Kiseleva, 1981). The soft-bottom (silty) habitat of this mussel is limited by the depth range from 30–40 m to 50–60 m and its rocky shore habitat extends to a depth of 30 m (Zaika, 1998). *R. venosa* inhabits mainly sandy-shell and shelly seabeds to a depth of 26–30 m (Chukhchin, 1984; Bondarev, 2016; Danilov et al., 2018). Consequently, the range of the mussel *M. galloprovincialis* only partially overlaps with the range of *R. venosa* in contrast to the range of the oyster *Ostrea edulis* which exhibits full overlap with that of the rapa whelk (Chukhchin, 1961b). Mussel farms in the Black Sea are also an important source of larvae. In the last decade, the annual production of mussels in Russia amounted to about 200 tons (Kholodov et al., 2017). On farm collectors, mussels grow to a commercial size within 1.5–2 years. During this period, they can spawn 3–4 times since they become sexually mature in the first year of life. Hence, the experimental results on the feeding intensity of *R. venosa* and the analysis of the benthos state monitoring results do not confirm the hypothesis about ecological threat to the population of mussels in the Black Sea.

Key words: *Rapana venosa*, females, males, feeding intensity, the Black Sea
The paper contains 5 Figures, 1 Table, and 35 References.

Fundings: The work has received financial support within the governmental research assignment “Study of Control Mechanisms of Production Processes in Biotechnological Systems for Developing Scientific Foundations for the Production of Biologically Active Materials and Technical Products of Marine Genesis” for IBSS RAS, State Registration Number 121030300149-0.

Acknowledgments: The authors are grateful to Vladislav D. Shenyavsky, Director of Research Organization LLC Marikultura, for the opportunity to conduct the experiment.

For citation: Pirkova AV, Ladygina LV, Shchurov SV. Feeding Intensity of females and males of the veined rapa whelk *Rapana venosa* (Valenciennes, 1846) (Gastropoda, Muricidae) in the Black Sea. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya* = Tomsk State University Journal of Biology. 2023;61:134–150. doi: 10.17223/19988591/61/6

Введение

Рапана *Rapana venosa* – хищный морской брюхоногий моллюск, обитающий в прибрежных водах Китая, Кореи и Японии в широком диапазоне солёности: от 15 до 32‰ [1–3] – вселенец в Чёрное море. Впервые обнаружен в Новороссийской бухте в 1947 г. [4]. В течение двух десятилетий распространился по всему морю, кроме наиболее опреснённых участков северо-западной части [5]. Обладая высокой репродуктивной способностью и быстрым темпом роста [6, 7], через 20 лет после вселения в Чёрное море рапана в некоторых районах достигала значительной биомассы [8] и стала частью донного биоценоза [9]. Вселение рапаны привело к структурным изменениям в сообществах двустворчатых моллюсков: изменилось доминирование и соотношение видов [1, 2, 9, 10], что явилось одной из причин уменьшения запасов коммерческих двустворчатых моллюсков – мидий и устриц [2, 7, 11, 12].

Известно, что *R. venosa* проявляет видовую и размерную избирательность к пищевым объектам [2, 13–15]. Помимо мидии *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck, 1819) и устрицы *Ostrea edulis* (Linne, 1758) рапаны питаются и другими двустворчатыми моллюсками: *Cardium*, *Pecten*, *Tapes* и *Venus* [8, 16–19]. Избирательное нападение рапаны на другие виды двустворчатых моллюсков, кроме мидий, может играть важную роль в регулировании численности их популяций и изменении структуры донных сообществ моллюсков [15]. Истощив запасы пищевых объектов в одном месте, рапаны перемещаются в другие места, совершая миграции на значительные расстояния [11]. Летом рапаны концентрируются на небольших глубинах, зимой уходят глубже [2]. Интенсивность питания рапаны *R. venosa* в значительной степени зависит от размеров моллюска и температуры воды; в зимний период при низкой температуре воды интенсивность питания моллюсков резко снижается [2]. Наиболее активно моллюски питаются в летний период [8, 14]. Экспериментально показано, что с повышением температуры воды до 22°C потребление пищи моллюсками разных размеров увеличивалось [20, 21]. Однако в литературе нет сведений об интенсивности питания рапан разного пола.

R. venosa – раздельнополый моллюск. Размножается в июле–сентябре, что соответствует температурному диапазону от 19 до 25°C [2, 5]. Спаривание особей в природных условиях в массовом количестве происходит в апреле–июле [2, 5, 8]. Соотношение полов равное во всех возрастных группах [2, 12, 22, 23]. По данным других авторов, в юго-восточной части Чёрного моря [24, 25] и у берегов Крыма [16, 17] в популяциях преобладали самцы.

Потенциальное воздействие рапаны на коммерчески ценные запасы двустворчатых моллюсков и на изменение биоразнообразия бентосных сообществ вызывает серьезную озабоченность [26]. Поэтому рапану *R. venosa* относят к опасным чужеродным видам, изучению биологии которых следует уделять первоочередное внимание [15, 27].

Цель настоящей работы – определить рационы самок и самцов рапаны *R. venosa* в течение года в зависимости от температуры воды в море. Эти данные необходимы при изучении популяционной структуры рапаны и оценки влияния хищного брюхоногого моллюска на локальные поселения мидии *M. galloprovincialis* в Чёрном море.

Материалы и методики исследования

Интенсивность питания *R. venosa* изучали в течение года, начиная с 18.05.2020 г. по 18.05.2021 г. Материалом послужили 20 экз. половозрелых особей. Из них 10 экз. самок высотой раковины от $63,88 \pm 5,76$ до $63,92 \pm 4,46$ мм и общим весом от $39,94 \pm 9,74$ до $51,99 \pm 10,00$ г соответственно в начале и в конце опыта; 10 экз. самцов высотой раковины от $59,18 \pm 6,68$ до $63,21 \pm 7,32$ мм и общим весом от $45,46 \pm 21,63$ до $48,67 \pm 28,95$ г соответственно в начале и в конце опыта. Дифференциация моллюсков по половым признакам была проведена в марте–апреле при наблюдении за копуляцией в лабораторных условиях, когда самцов можно отличить от самок по наличию «penis» (рис. 1).



Рис. 1. Копуляция *Rapana venosa* (стрелкой обозначен penis)
[Fig. 1. Copulation of *Rapana venosa* (the arrow indicates the penis)]

После окончания опыта моллюсков вскрыли; принадлежность к определённому полу проверяли, просматривая мазок гонад под микроскопом «Альтами БИО 1» (цифровая камера «USB 3.0–3 Мпикс»). У самок гонады терракотового цвета, на мазке гонад видны ооциты, у самцов – жёлтого цвета, на мазке гонад – сперматоциты.

Рапаны были собраны водолазным методом в марте 2020 г. на глубине 9–12 м под мидийно-устричной фермой (внешний рейд Севастопольской бухты: 44°37'13.4"N; 33°30'13.6"E). В дальнейшем их содержали в пластмассовом садке, подвешенном в море у причальной стенки (для защиты от воздействия волн) на глубине 2,5 м. Садок был разделён на два отсека (для самок и самцов) сверху обшитый делью для предотвращения выползания моллюсков.

Температура воды в море изменялась в пределах от 8,5°C (01.03.2021 г.) до 26,8°C (06.07.2020 г.). В расчётах были использованы средние значения температуры воды за период между смежными наблюдениями.

В качестве корма для рапаны послужили живые мидии, выращенные на мидийно-устричной ферме. Корм подавали в избытке, учитывая количество потребленных мидий и измеряя длину пустых раковин. Высоту раковин рапаны (Н, мм – расстояние от вершины до сифонального канала) и длину раковины мидий измеряли цифровым штангенциркулем (ШЦ-1 «Зубр»), с точностью до 0,01 мм; вес моллюсков – на электронных весах ОНАУС, с точностью до 0,01 г.

Рацион рапан (или абсолютная интенсивность питания: I , г·экз.⁻¹·сут⁻¹) определяли как количество потреблённой пищи ($W_{м.тк.}$, г) одним экземпляром моллюска за сутки [2]:

$$I = \frac{(W_{м.тк.}) \cdot n(\text{экз.мидий})}{n(\text{экз.рапан}) \cdot t(\text{сут})}. \quad (1)$$

Для определения суточных рационов рапаны были рассчитаны формулы зависимостей веса мягких тканей мидий от длины раковины и представлены степенными уравнениями: $W_{м.тк.} = a \cdot L^b$, где: a – коэффициент пропорциональности; b – показатель степени; L , мм – диапазон размеров мидий, используемых для корма рапаны. Вес мягких тканей мидий ($W_{м.тк.}$, г) определяли согласно методике [28] (таблица).

Параметры зависимости массы мягких тканей мидий от длины раковины
[Parameters of dependence of the mussels' soft tissues mass on the shell length]

Дата [Date]	Min-max размеры мидий, L , мм [Min-max mussel size, L , mm]	Средняя длина, L , мм [Mean length, L , mm]	Средняя масса мягких тканей, W , г [Mean soft tissue weight, W , g]	a	b	R^{2*}
2020 г.						
Май	33,2–81,5	50,1 ± 3,87	2,30 ± 0,53	0,00007	2,6240	0,9565
Июнь	29,5–79,9	45,2 ± 3,56	1,96 ± 0,47	0,00009	2,5652	0,9259
Июль	19,2–60,1	42,0 ± 2,52	1,78 ± 0,28	0,00002	2,9838	0,9477
Август	25,8–54,9	42,8 ± 2,02	1,86 ± 0,22	0,00009	2,6167	0,9547
Сентябрь	29,3–62,7	47,8 ± 1,69	2,61 ± 0,24	0,00006	2,7345	0,9125
Октябрь	24,4–60,3	45,4 ± 2,71	2,16 ± 0,30	0,00006	2,7387	0,9401
Ноябрь	23,0–65,5	48,1 ± 2,79	2,97 ± 0,42	0,00003	2,9091	0,9495

Дата [Date]	Min-max размеры мидий, L , мм [Min-max mussel size, L , mm]	Средняя длина, L , мм [Mean length, L , mm]	Средняя масса мягких тканей, W , г [Mean soft tissue weight, W , g]	a	b	R^2*
Декабрь	26,7–63,7	43,1 ± 2,81	1,83 ± 0,34	0,00001	3,1138	0,9536
2021 г.						
Январь	18,0–64,5	44,4 ± 2,94	2,18 ± 0,31	0,00002	2,9843	0,9691
Февраль	18,9–81,9	49,1 ± 5,46	3,07 ± 0,66	0,00003	2,8651	0,9893
Март	24,6–74,5	50,6 ± 3,15	3,35 ± 0,52	0,00001	3,0748	0,9753
Апрель	28,8–72,8	52,2 ± 4,18	2,82 ± 0,55	0,00002	2,9659	0,9622
Май	27,5–75,4	53,1 ± 4,16	2,91 ± 0,55	0,00004	2,7611	0,9280

* R^2 – коэффициент детерминации [the determination coefficient].

Оценку достоверности различий абсолютной интенсивности питания самок и самцов рапаны проводили по средней разности вариантов (критерий Стьюдента) [29]. Ошибку средней разности определяли по формуле

$$md = \sqrt{\frac{1}{n-1} \left(\frac{\sum d^2}{n} - \bar{d}^2 \right)}, \quad (2)$$

где d – разность между соответствующими вариантами парных наблюдений; $\left(\bar{d} \right) = \frac{\sum d}{n}$ – средняя разность; n – общее число наблюдений.

Средние значения и доверительные интервалы линейных параметров моллюсков, а также аппроксимации зависимостей суточного рациона рапаны от температуры воды в море и зависимостей веса мягких тканей мидий от длины раковины выполнены в программе Excel и представлены в виде уравнений.

Результаты исследования и обсуждение

При нападении на жертву взрослые рапаны раскрывают створки двустворчатых моллюсков мышечной силой ноги и в щель вводят биотоксин, парализующий замыкательные мышцы [2]. В эксперименте рапаны применяли несколько способов нападения: ногой сжимали створки мидий, периодически послабляя силу сдавливания, пока мидия не открывалась; выделяли биотоксин вблизи жертвы, вызывая паралич замыкательных мышц мидий; ногой прижимали мидию к краю своей раковины, отламывая кусок створки, нарушая её целостность. За период исследования доля повреждённых раковин мидий составила около 17%. Остальные мидии были вскрыты без повреждения раковин. При всех способах нападения мидии приоткрывали створки и рапана выедала мягкие ткани.

За период исследования суточные рационы самок и самцов составили соответственно от 0 до 1,0390 г·экз.⁻¹·сут⁻¹ и от 0 до 0,9012 г·экз.⁻¹·сут⁻¹ (рис. 2). Интенсивность питания обоих полов прибли-

жалась к нулевым значениям при температуре воды около 10°C. Причем перерывы в потреблении пищи у самок были от 7 до 14 сут соответственно 21–28 декабря и с 15 февраля до 1 марта; у самцов – от 14 до 30 сут соответственно 11–25 января и с 1 февраля до 1 марта. Вероятно, источником энергии для их жизнедеятельности служат запасные питательные вещества [2].

Интенсивность питания рапаны возрастала по мере увеличения температуры воды и достигала максимальных значений в конце июня-середине августа при температуре 23,5–26,8°C. Потребление пищи было неравномерным. Так, суточные рационы даже при близких значениях температуры воды: 24,7 и 24,2°C (данные за 14 сентября и 21 сентября) составили соответственно 0,5806 и 0,2272 г·экз.⁻¹·сут⁻¹ для самок и 0,5572 и 0,2130 г·экз.⁻¹·сут⁻¹ для самцов, что связано с ритмами питания. Известно, что рапана питается с перерывами. После нападения на жертву наступает перерыв в питании в несколько дней [2].

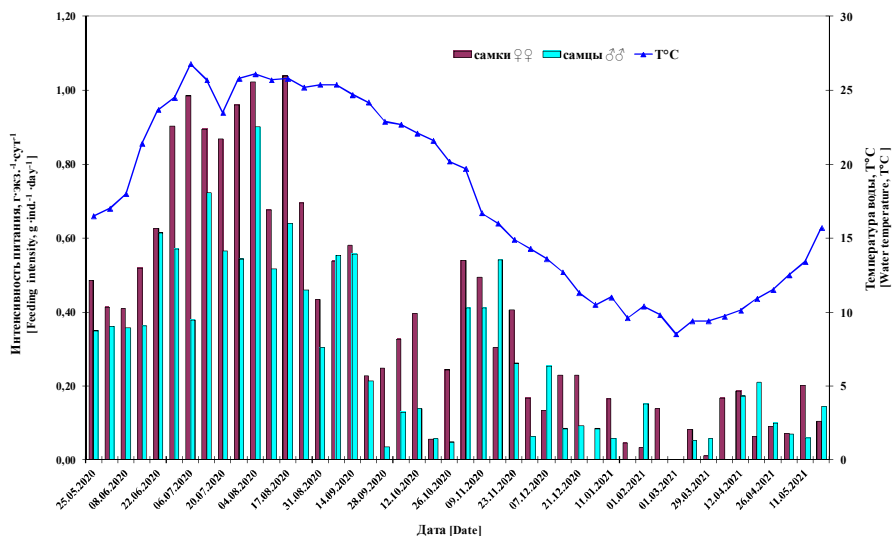


Рис. 2. Интенсивность питания самок и самцов рапаны *Rapana venosa* при разной температуре воды в море

[Fig. 2. Feeding intensity of females and males of *Rapana venosa* at different water temperature in the sea]

Максимальная интенсивность питания самок отмечена в период отложения кладок, начиная с 29 июня по 24 августа 2020 г. Аналогичные сроки размножения указаны для рапаны, обитающей в юго-восточной части Чёрного моря [24] и у западного побережья Кореи [22].

Средние значения суточных рационов самок и самцов рапаны, определённые за период исследования, соответственно равны $(\bar{a})_{\text{♀♀}} = 0,3784 \text{ г·экз.}^{-1}\cdot\text{сут}^{-1}$ и $(\bar{a})_{\text{♂♂}} = 0,2750 \text{ г·экз.}^{-1}\cdot\text{сут}^{-1}$; разница составила $0,1034 \text{ г·экз.}^{-1}\cdot\text{сут}^{-1}$. При этом ошибка средней разности равна

$$md = \sqrt{\frac{1}{45} \left(\frac{1,575999}{46} - (0,1034)^2 \right)} = \sqrt{0,00052392} = 0,0229.$$

Отсюда

$$t_{\phi} = \frac{0,1034}{0,0229} = 4,52. \text{ Для } P = 0,05 \text{ и } k = 46 - 1 = 45; t_{st} = 2,02.$$

Поскольку $t_{st} = 2,01 < t_{\phi} = 4,52$, среднесуточный рацион самок рапаны достоверно выше, чем самцов.

Зависимости интенсивности питания самок (рис. 3) и самцов (рис. 4) рапаны от температуры воды в море описываются уравнениями полинома третьей степени. Средние значения линейных и весовых характеристик самок и самцов соответственно в начале и в конце опыта достоверно не отличались. Расчетный среднесуточный рацион самок высотой раковины 63,9 мм и общим весом 45,97 г составил $0,3784 \text{ г} \cdot \text{экз.}^{-1} \cdot \text{сут}^{-1}$, или 0,82% от их общего веса. У самцов высотой раковины 61,2 мм и общим весом 47,1 г расчетный среднесуточный рацион составил $0,2750 \text{ г} \cdot \text{экз.}^{-1} \cdot \text{сут}^{-1}$, или 0,67% от общего веса. Одна самка рапаны потребила за год 100,28 г мягких тканей мидий, или 45 экз. моллюсков товарного размера ($L = 50 \text{ мм}$; среднее значение веса мягких тканей – 2,21 г), что в 2,0 раза превышает общий вес самки рапаны. Один самец рапаны потребила за год 72,88 г мягких тканей мидий (или примерно 33 экз.), что в 1,5 раза превышает его общий вес.

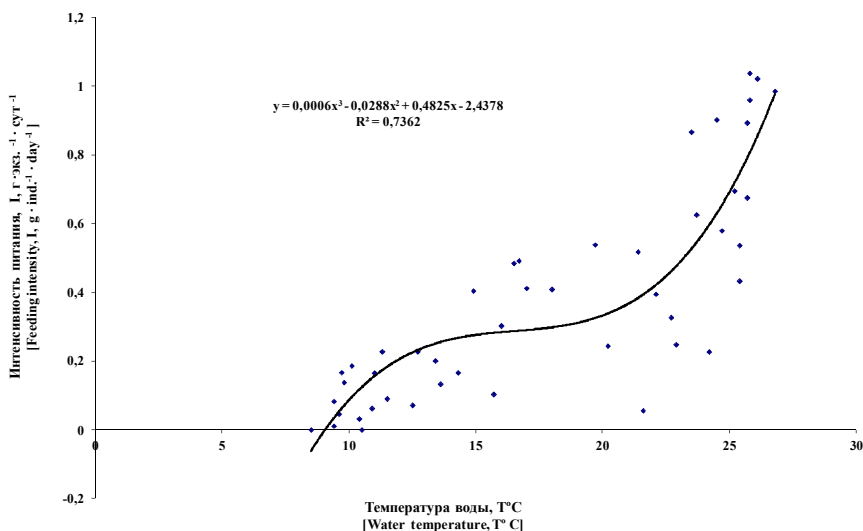


Рис. 3. Зависимость интенсивности питания самок рапаны *Rapana venosa* от температуры воды в море

[Fig. 3. Dependence of feeding intensity of *Rapana venosa* females on sea water temperature]

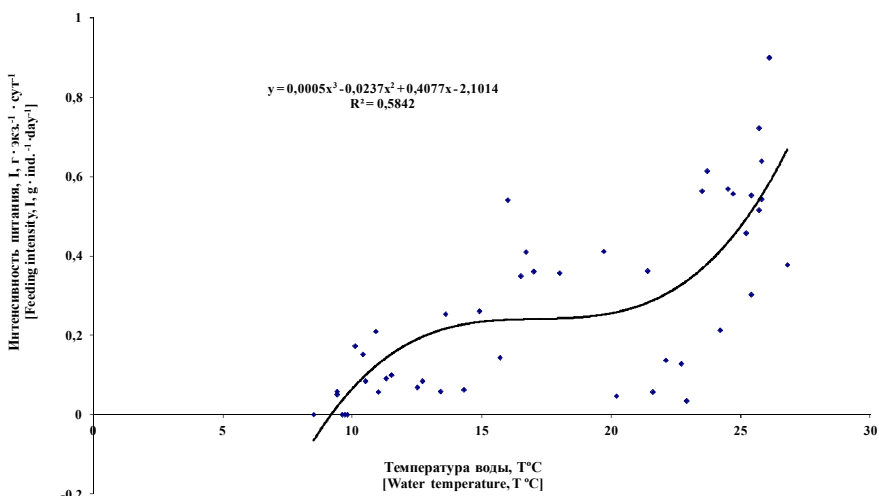


Рис. 4. Зависимость интенсивности питания самцов рапаны *Rapana venosa* от температуры воды в море

[Fig. 4. Dependence of feeding intensity of *Rapana venosa* males on sea water temperature]

Исследованием под микроскопом мазков гонад рапаны была подтверждена дифференциация пола моллюсков, проведённая в начале опыта при наблюдении за копуляцией (рис. 5).

Например, согласно данным, полученным в эксперименте в течение года, расчётный средний рацион самок и самцов рапаны высотой раковины около 60 мм и общим весом около 50 г соответственно равен 0,3784 и 0,2750 г·экз.⁻¹·сут.⁻¹. При экспериментальном изучении рационов рапаны из Керченского пролива были получены близкие значения: моллюски размерами 60–70 мм потребляли 0,37 г·экз.⁻¹·сут.⁻¹ [20]. Для рапаны из восточного побережья Чёрного моря при исследовании скорости опорожнения желудков, также установлены аналогичные значения рационов: рапаны со средним общим весом 50 г потребляли около 0,30 г·экз.⁻¹·сут.⁻¹ мягких тканей мидий [30]. Учитывая вышеизложенное, можно констатировать, что экологический ущерб от хищника будет ощутимым при плотности поселения мидий 500 г·м⁻² (или 50 экз·м⁻²; средняя длина раковины 50 мм), если плотность рапаны на этом участке составляет 25 г·м⁻². При этом биомасса мидий в течение года уменьшится на 50%. Расчеты показывают, что восстановление плотности поселения мидий может произойти в течение 2–3 лет.

Результаты мониторинга Кавказского побережья и Керченского пролива подтверждают, что негативное влияние рапаны прослеживается лишь на отдельных участках, где она образует высокую плотность поселений [8]. Известно, что в Чёрном море сезонные различия плотности поселений рапаны обусловлены особенностями ее жизненного цикла, которые связаны с сезонными миграциями: летом моллюски концентрируются на небольших

глубинах, а зимой уходят глубже или зарываются в песок [2, 8]. Так, в Керченском проливе наиболее высокие численность – $0,2 \text{ экз.} \cdot \text{м}^{-2}$, и биомасса – $30 \text{ г} \cdot \text{м}^{-2}$, наблюдались в мае–июне, когда моллюски размножаются; в апреле и сентябре их плотность снизилась в 3–4 раза [8].

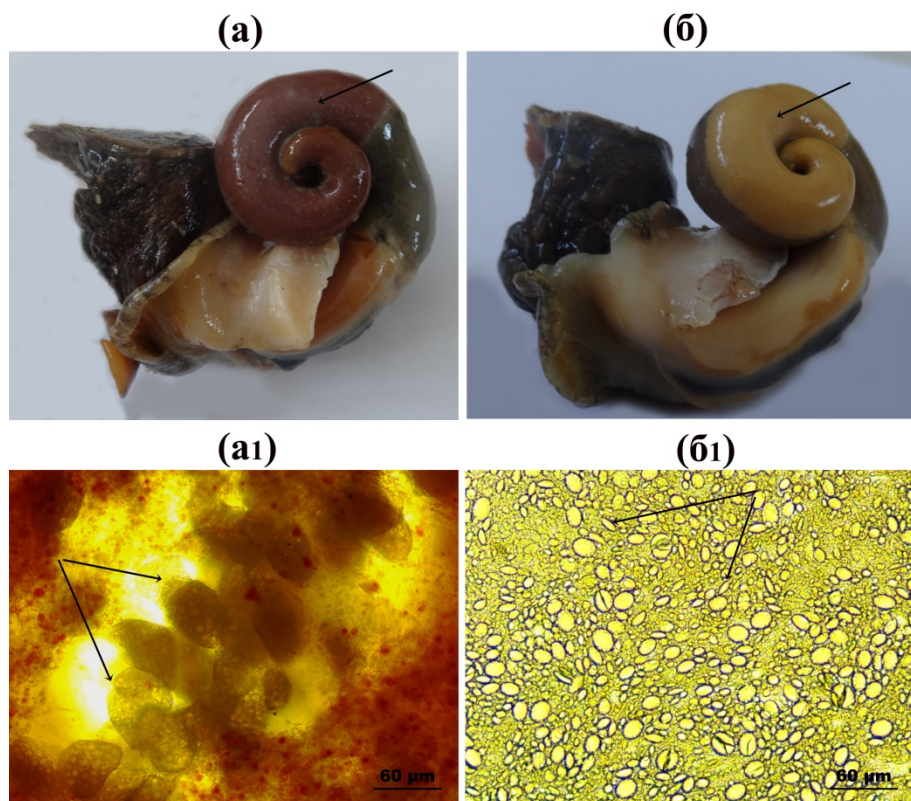


Рис. 5. Дифференциация рапаны *Rapana venosa* по половым признакам: *a* – самка; *б* – самец (стрелкой обозначены гонады); *a1* – мазок гонады самки (стрелкой обозначены ооциты); *б1* – мазок гонады самца (стрелкой обозначены сперматоциты)
[Fig. 5. Differentiation of *Rapana venosa* according to sexual characteristics: (*a*) female and (*b*) male (the arrow indicates gonads); *a1* – female gonad smear (the arrow indicates oocytes), *b1* – male gonad smear (the arrow indicates spermatozoa)]

В результате мониторинга состояния бентоса вдоль побережья Крыма (1980–1990-е гг.), было показано, что среднее значение биомассы рапаны на глубинах 10–30 м составило $50 \text{ г} \cdot \text{м}^{-2}$, а максимальная биомасса мидии *M. galloprovincialis* была зарегистрирована на глубине 20 м ($\sim 900 \text{ г} \cdot \text{м}^{-2}$) [31].

Результаты сезонных исследований в российских прибрежных водах Чёрного моря (НЭС «Акванавт») показали, что увеличение биомассы рапаны с $3 \text{ г} \cdot \text{м}^{-2}$ в 2001 г. до $\sim 35\text{--}45 \text{ г} \cdot \text{м}^{-2}$ в 2002–2003 гг. привело к сокращению биомассы и численности двусторчатых моллюсков с $470 \text{ г} \cdot \text{м}^{-2}$ и $1\,292 \text{ экз.} \cdot \text{м}^{-2}$ в 2002 г. до $35\text{--}45 \text{ г} \cdot \text{м}^{-2}$ и $29\text{--}61 \text{ экз.} \cdot \text{м}^{-2}$ в 2003–2004 гг. Одна-

ко в 2004–2005 гг. отсутствие достаточного количества пищи привело к сокращению численности рапаны до фонового уровня ($< 5 \text{ г} \cdot \text{м}^{-2}$) [31]. У восточного побережья Крыма в июле 2020 г. наибольшая численность ($1,4 \text{ экз.} \cdot \text{м}^{-2}$) и биомасса ($21,4 \text{ г} \cdot \text{м}^{-2}$) рапаны выявлены на песчаных грунтах на глубине до 17 м [17].

В последние годы отмечено снижение запасов рапаны, как следствие коммерческой эксплуатации вида, что является основным способом регулирования их численности. На шельфе Румынии уловы рапаны увеличились от 1,7 т в 2009 г. до 6 504 т в 2016 г. [32]. Турция ежегодно экспортирует на рынки Японии до 800 т рапаны [25]. В Азово-Черноморском бассейне за последние 5 лет объем ежегодной добычи рапаны российскими пользователями увеличился в 2,8 раза (с 1 010,7 т в 2015 г. до 2 831,925 т в 2019 г.) [17].

После добычи крупных особей рапаны и сокращения поселений двустворчатых моллюсков размер взрослых особей уменьшился [18, 25]. Так, в начале 1980-х гг. рапаны достигали половозрелости в возрасте двух лет при средних значениях высоты раковины 58 мм [2]. Через 20 лет средняя длина раковины в период половой зрелости составила около 40 мм [24]. В природных условиях, как указывал В.Д. Чухчин, интенсивность роста рапаны в значительной степени зависит от обеспеченности их пищей [2].

Рапана заселяет в основном песчано-ракушечные и ракушечные грунты до глубины 26–30 м [2, 16, 32]. Полоса иловых мидий ограничивается диапазоном глубин от 30–40 до 50–60 м; скальных – до 30 м [33]. Следовательно, пространственное распределение мидии *M. galloprovincialis* только частично совпадает с пространственным распределением рапаны *R. venosa*, в отличие от устрицы *O. edulis*, где было полное совпадение [11]. Известно, что из биоценоза мидий в пелагиаль поступает наибольшее количество личинок, так как руководящий вид – *M. galloprovincialis* – имеет очень высокую плодовитость, характеризуется растянутыми во времени периодами размножения [34]. Мидийные фермы на Чёрном море также являются важным источником личинок. В последнее десятилетие годовое производство мидий в России составило около 200 т [35]. До товарного размера на коллекторах фермы мидий доращивают в течение 1,5–2 лет. За этот срок они могут отнереститься 3–4 раза, так как половозрелыми мидии становятся в первый год жизни.

Заключение

Экспериментальные результаты по интенсивности питания рапаны и анализ мониторинга состояния бентоса не подтверждают гипотезу об экологической угрозе популяции мидий Чёрного моря, так как пространственное распределение мидии *M. galloprovincialis* только частично совпадает с распределением рапаны *R. venosa*. Интенсивность питания рапаны зависит в основном от температуры воды. Максимальная интенсивность питания самок отмечена в период отложения кладок при температуре воды в море $23,5\text{--}26,8^\circ\text{C}$. Минимальная интенсивность питания моллюсков обе-

их полов отмечена при температуре воды ниже 10°C с перерывами потребления пищи от 7 до 30 сут. Установлено, что среднесуточные рационы самок достоверно выше, чем самцов.

Список источников

1. Иванов А.И., Руденко В.И. Интенсивность питания рапаны (*Rapana thomasiana* Grosse) в зависимости от размеров тела и сезона года // Труды Азово-Черноморского научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанологии. 1969. Вып. 26. С. 167–172.
2. Чухчин В.Д. Экология брюхоногих моллюсков Чёрного моря. Киев : Наукова думка, 1984. 176 с.
3. Chandler E.A., McDowell J.R., Graves J.E. Genetically monomorphic invasive populations of the rapa whelk, *Rapana venosa* // Molecular. Ecology. 2008. Vol. 17. PP. 4079–4091. doi: 10.1111/j.1365-294X.2008.03897.x
4. Драпкин Е.И. Новый моллюск в Чёрном море // Природа. 1953. № 9. С. 92–95.
5. Чухчин В.Д. Размножение рапаны (*Rapana bezoar* L.) в Чёрном море // Труды Севастопольской биологической станции / под ред. В.А. Водяницкого. Севастополь, 1961a. Т. XIV. С. 163–168.
6. Chung E.Y., Kim S.Y., Kim Y.G. Reproductive ecology of the purple shell *Rapana venosa* (Gastropoda: Muricidae), with special reference to the reproductive cycle, depositions of egg capsules and hatchings of larvae // Korean J. Malacology. 1993. Vol. 9, № 2. PP. 1–15.
7. Иванов А.И. Изменение численности рапаны в Керченском проливе за 1958–1965 гг. // Гидробиологический журнал. 1968. Т. 4, № 4. С. 46–49.
8. Золотарёв П.Н., Евченко О.В. Некоторые черты биологии и оценка запаса рапаны *Rapana venosa* (Gastropoda: Muricidae) в северо-восточной части Чёрного моря в 1988–1994 гг. // Вопросы рыболовства. 2010. Т. 11, № 3(43). С. 442–452.
9. Золотарев П.Н., Терентьев А.С. Изменения в сообществах макробентоса Гудаутской устричной банки // Океанология. 2012. Т. 52, № 2. С. 251–257.
10. Skolka M., Preda C. Alien invasive species at the Romanian Black sea coast – present and perspectives // Travaux du Muséum National d'Histoire Naturelle “Grigore Antipa”. 2010. № LIII. PP. 443–467
11. Чухчин В.Д. Рапана (*Rapana bezoar* L.) на Гудаутской устричной банке // Труды Севастопольской биологической станции / под ред. В.А. Водяницкого. Севастополь, 1961b. Т. XIX. С. 177–187.
12. Snigirov S., Medinets V., Chichkin V., Sylantyev S. Rapa whelk controls demersal community structure off Zmiinyi Island, Black Sea // Aquatic Invasions. 2013. Vol. 8, № 3. PP. 289–297. doi: 10.3391/ai.2013.8.3.05
13. Чухчин В.Д. Рост рапаны (*Rapana bezoar* L.) в Севастопольской бухте // Труды Севастопольской биологической станции / под ред. В.А. Водяницкого. Севастополь, 1961b. Т. XIX. С. 169–177.
14. Говорин И.А., Куракин А.П. Оценка влияния хищного брюхоногого моллюска *Rapana venosa* (Valenciennes, 1846) на фильтрационный потенциал мидийных поселений // Экологическая безопасность прибрежных, шельфовых зон и комплексное использование ресурсов шельфа. Севастополь, 2011. Вып. 25, т. 1. С. 435–442.
15. Savini D., Occhipinti-Ambrogi A. Consumption rates and prey preference of the invasive gastropod *Rapana venosa* in the Northern Adriatic Sea // Helgoland Marine Research. 2006. Vol. 60. PP. 153–159. doi: 10.1007/s10152-006-0029-4
16. Бондарев И.П. Структура популяций *Rapana venosa* (Gastropoda, Muricidae) Севастопольских бухт (Чёрное море) // Морской биологический журнал. 2016. Т. 1, № 3. С. 14–21. doi: 10.21072/mbj.2016.01.3.02
17. Саенко Е.М., Шаганов В.В. Пространственное распределение и биологические характеристики рапаны в прибрежной зоне юго-восточного побережья Крыма (Чёрное

- море) // Вопросы рыболовства. 2021. Т. 22, № 1. С. 48–63. doi: 10.36038/0234-2774-2021-22-1-48-63
18. Alyakrinskaya I.O. Morphofunctional Properties of Nutrition of Certain Predatory Gastropods // Biology Bulletin. 2002. Vol. 29, № 6. PP. 589–600. doi: 10.1023/A:1021728311595
 19. Kosyan A. Predation mechanisms of *Rapana venosa* (Gastropoda: Muricidae) in different biotopes along the Black Sea coast // Marine Pollution Bulletin. 2016. Vol. 102, № 2. PP. 265–270. doi: 10.1016/j.marpolbul.2015.07.069
 20. Иванов А.И., Руденко В.И. Интенсивность питания рапаны (*Rapana thomasiana* Grosse) в зависимости от размеров тела и сезона года // Труды Азово-Черноморского научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии. 1969. Вып. 26. С. 167–172.
 21. Mei-Jie Yang, Hao Song, Li-Na Sun, Zheng-Lin Yua, Zhi Hua, Xiao-Long Wang, Jia-Yi Zhue, Tao Zhang. Effect of temperature on the microflora community composition in the digestive tract of the veined rapa whelk (*Rapana venosa*) revealed by 16S rRNA gene sequencing // Biochemistry and Physiology. 2019. Part D 29. PP. 145–153.
 22. Chung E.Y., Kim S.Y., Park K.H., Park G.M. Sexual maturation, spawning and deposition of the egg capsules of the female purple shell, *Rapana venosa* (Gastropoda: Muricidae) // Malacologia. 2002. Vol. 44. PP. 241–257.
 23. Savini D.M., Castellazzi M.F., Ambrogi A.O. The alien mollusk *Rapana venosa* (Valenciennes, 1846; Gastropoda, Muricidae) in the northern Adriatic Sea: population structure and shell morphology // Chem. Ecol. 2004. Vol. 20. PP. 411–424. doi: 10.1080/02757540310001629242
 24. Sağlam H., Düzgüneş E. Deposition of egg capsule and larval development of *Rapana venosa* (Gastropoda: Muricidae) from the south-eastern Black Sea // Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom. 2007. Vol. 87. PP. 953–957.
 25. Sağlam H., Düzgüneş E., Ögüt H. Reproductive ecology of the invasive whelk *Rapana venosa* Valenciennes, 1846, in the southeastern Black Sea (Gastropoda: Muricidae) // ICES Journal of Marine Science. 2009. Vol. 66, № 9. PP. 1865–1867. doi: 10.1093/icesjms/fsp184
 26. Mann R., Harding J.M. Invasion of the North American Atlantic coast by a large predatory Asian mollusks // Biological Invasions. 2000. Vol. 2. PP. 7–22.
 27. ICES. Alien species alert: *Rapana venosa* (veined whelk) / eds by R. Mann, A. Occhipinti, J.M. Harding // ICES Cooperative Research Report. 2004. № 264. 14 p.
 28. Алимов А.Ф., Львова А.А., Макарова Г.Е., Солдатов И.Н. Рост и возраст // Методы изучения двусторчатых моллюсков / под ред. Г.Л. Шкорбатова, Я.И. Старобогатова. Л., 1990. С. 121–141.
 29. Лакин Г.Ф. Биометрия : учеб. пособие для биол. спец. вузов. М. : Высшая школа, 1973. 352 с.
 30. Seyhan K., Mazlum E.R., Emiral H., Engin S., Demirhan S. Diel Feeding Periodicity, Gastric emptying, and Estimated daily food consumption of whelk (*Rapana venosa*) in the South Eastern Black Sea Marine Ecosystem // Indian Journal of Marine Sciences. 2003. Vol. 32, № 3. PP. 249–251.
 31. Revkov N., Abaza V., Dumitrache C., Todorova V., Konsulova T., Mickashavidze E., Varshanidze M., Sezgin M., Ozturk Bayram, Chikina M., Kucheruk N.V. State of the Environment of the Black Sea (2001–2006/7) // Black Sea Commission Publications / Istanbul, Turkey. 2008. № 3. PP. 243–291.
 32. Danilov C.-S., Tiganov G., Anton E., Nenciu M.-I., Nita V.N., Cristea. V. *Rapana venosa* – new exploitable resource at the Romanian Black sea coast // Scientific Papers. Series D. Animal Science. 2018. Vol. LXI, № 2. PP. 274–279.
 33. Zaika V.E. Spatial structure of the Black Sea benthic communities: influence of the pelagic processes // Ecosystem Modeling as a Management Tool for the Black Sea. Kluwer Acad. Publ. 1998. Vol. 1. PP. 293–299.
 34. Киселева М.И. Бентос рыхлых грунтов Чёрного моря. Киев : Наукова думка, 1981. 164 с.

35. Холодов В.И., Пиркова А.В., Ладыгина Л.В. Выращивание мидий и устриц в Чёрном море. 2-е изд., доп. Воронеж : Издат-Принт, 2017. 508 с.

References

1. Ivanov AI, Rudenko VI. Intensivnost' pitaniya rapany (*Rapana thomassiana* Grosse) v zavisimosti ot razmerov tela i sezona goda [Feeding intensity of the veined rapa whelk (*Rapana thomassiana* Grosse) depending on body size and season]. *Trudy Azovo-Chernomorskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta morskogo rybnogo khozyaystva i okeanologii*. 1969; 26: 167-172. In Russian
2. Chukhchin VD. Ekologiya bryukhonogih mollyuskov Chernogo morya [Ecology of gastropods of the Black Sea]. Kiev: Naukova Dumka Publ.; 1984. 176 p. In Russian
3. Chandler EA, McDowell JR, Graves JE. Genetically monomorphic invasive populations of the rapa whelk, *Rapana venosa*. *Molecular Ecology*. 2008; 17: 4079-4091. <https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.2008.03897.x>
4. Drapkin EI. Novyj mollyusk v Chernom more [New mollusk in the Black Sea]. *Priroda*. 1953; 9: 92-95. In Russian
5. Chukhchin VD. Razmnozhenie rapany (*Rapana bezoar* L.) v Chernom more [Reproduction of the rapa whelk (*Rapana bezoar* L.) in the Black Sea]. *V sbornike: Trudy Sevastopol'skoj biologicheskoy stancii*. Sevastopol: 1961a. XIV: pp.163-168. In Russian
6. Chung EY, Kim SY, Kim YG. Reproductive ecology of the purple shell *Rapana venosa* (Gastropoda: Muricidae), with special reference to the reproductive cycle, depositions of egg capsules and hatchings of larvae. *Korean J. Malacology*. 1993; 9(2): 1-15.
7. Ivanov AI. Izmenenie chislennosti rapany v Kerchenskom prolive za 1958–1965 gg. [Changes in the veined rapa whelk abundance in the Kerch Strait in 1958-1965]. *Gidrobiologicheskij zhurnal = Hydrobiological Journal*. 1968; 4(4): 46-49. In Russian
8. Zolotarev PN, Yevchenko OV. Nekotorye cherty biologii i ocenka zapasa rapany *Rapana thomassiana* (Gastropoda: Muricidae) v severo-vostochnoj chasti Chernogo morya v 1988–1994 gg. [Some biology features and stock assessment of rapana *Rapana thomassiana* (Gastropoda: Murexidae) in the north-eastern part of the Black Sea in 1988-1994]. *Voprosy rybolovstva = Problems of Fisheries*. 2010; 11(3-43): 442-452. In Russian
9. Zolotarev PN., Terent'ev AS. Izmeneniya v soobshchestvakh makrobentosa Gudautskoy ustrichnoy banki. [Changes in macrobenthos communities of Gudauta oyster bank]. *Okeanologiya = Oceanology*. 2012; 52(2): 251-257. In Russian
10. Skolka M., Preda C. Alien invasive species at the Romanian Black Sea coast – present and perspectives. *Travaux du Muséum National d'Histoire Naturelle “Grigore Antipa”*. 2010; LIII: 443-467
11. Chukhchin VD. Rapana (*Rapana bezoar* L.) na Gudautskoy ustrichnoj banke [Rapana (*Rapana bezoar* L.) on Gudauta oyster bank]. *V sbornike: Trudy Sevastopol'skoj biologicheskoy stancii Sevastopol'*. 1961b; XIX: pp.177-187. In Russian
12. Snigirov S, Medinets V, Chichkin V, Sylant'ev S. Rapa whelk controls demersal community structure off Zmiyniy Island, Black Sea. *Aquatic Invasions*. 2013; 8(3): 289-297. doi: <http://dx.doi.org/10.3391/ai.2013.8.3.05>
13. Chukhchin VD. Rost rapany (*Rapana bezoar* L.) v Sevastopol'skoj buhte [The growth of the rapa whelk (*Rapana bezoar* L.) in Sevastopol Bay]. *V sbornike: Trudy Sevastopol'skoj biologicheskoy stancii*. Sevastopol': 1961b; XIX: pp.169-177. In Russian
14. Govorin IA, Kurakin AP. Ocenka vliyaniya hishchnogo bryuhonogogo mollyuska *Rapana venosa* (Valenciennes, 1846) na fil'tracionnyj potencial midijnyh poselenij [Assessment of the influence of the predatory gastropod *Rapana venosa* (Valenciennes, 1846) on filtration potential of mussel settlements]. *Ekologicheskaya bezopasnost' pribrezhnyh, shelf'ovykh zon i kompleksnoe ispol'zovanie resursov shelf'a*. Sevastopol' = *Environmental safety of coastal and shelf zones and integrated use of shelf resources*. Sevastopol. 2011; 25(1): 435-442. In Russian

15. Savini D, Occhipinti-Ambrogi A. Consumption rates and prey preference of the invasive gastropod *Rapana venosa* in the Northern Adriatic Sea. *Helgoland Marine Research*. 2006; 60:153-159. <https://doi.org/10.1007/s10152-006-0029-4>
16. Bondarev IP. Structure of *Rapana venosa* (Gastropoda, Muricidae) population of Sevastopol bays (the Black Sea). *Marine Biological Journal*. 2016; 1(3):14-21. doi: 10.21072/mbj.2016.01.3.02 In Russian
17. Saenko EM, Shaganov VV. Prostranstvennoe raspredelenie i biologicheskie karakteristiki rapany v pribrezhnoy zone yugo-vostochnogo poberezh'ya Kryma (Chernoe more) [The spatial distribution and biological characteristics of *Rapana* in the coastal zone of the south-eastern Crimea (the Black Sea)]. *Problems of Fisheries*. 2021; 22(1): 48-63. doi: 10.36038/0234-2774-2021-22-1-48-63 In Russian
18. Alyakrinskaya IO. Morphofunctional properties of nutrition of certain predatory gastropods. *Biology Bulletin*. 2002; 29(6):589-600. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1021728311595>
19. Kosyan A. Predation mechanisms of *Rapana venosa* (Gastropoda: Muricidae) in different biotopes along the Black Sea coast. *Marine Pollution Bulletin*. 2016; 102(2):265-270. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.07.069>
20. Ivanov AI, Rudenko VI. Intensivnost' pitaniya rapany (*Rapana thomasi* Grosse) v zavisimosti ot razmerov tela i sezona goda [Feeding intensity of the veined rapa whelk (*Rapana thomasi* Grosse) as a function of body size and season]. *Trudy Azovo-Chernomorskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta morskogo rybnogo khozyaystva i okeanologii*. 1969; 26:167-172. In Russian
21. Mei-Jie Yang, Hao Song, Li-Na Sun, Zheng-Lin Yua, Zhi Hua, Xiao-Long Wang, Jia-Yi Zhue, Tao Zhang. Effect of temperature on the microflora community composition in the digestive tract of the veined rapa whelk (*Rapana venosa*) revealed by 16S rRNA gene sequencing. *Biochemistry and Physiology*. 2019; Part D 29:145-153.
22. Chung EY, Kim SY, Park KH, Park GM. Sexual maturation, spawning and deposition of the egg capsules of the female purple shell, *Rapana venosa* (Gastropoda: Muricidae). *Malacologia*. 2002; 44:241-257.
23. Savini DM, Castellazzi MF, Ambrogi AO. The alien mollusk *Rapana venosa* (Valenciennes, 1846; Gastropoda, Muricidae) in the northern Adriatic Sea: population structure and shell morphology. *Chemistry and Ecology*. 2004; 20:411-424. <https://doi.org/10.1080/02757540310001629242>
24. Sağlam H, Düzgüneş E. Deposition of egg capsule and larval development of *Rapana venosa* (Gastropoda: Muricidae) from the south-eastern Black Sea. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*. 2007; 87:953-957. doi: <https://doi.org/10.1017/S0025315407056330>
25. Sağlam H, Düzgüneş E, Ögüt H. Reproductive ecology of the invasive whelk *Rapana venosa* Valenciennes, 1846, in the southeastern Black Sea (Gastropoda: Muricidae). *ICES Journal of Marine Science*. 2009; 66(9):1865-1867. doi: 10.1093/icesjms/fsp184
26. Mann R, Harding JM. Invasion of the North American Atlantic coast by large predatory Asian mollusks. *Biological Invasions*. 2000; 2:7-22.
27. ICES. Alien species alert: *Rapana venosa* (veined whelk). / In: Mann R., Occhipinti A, Harding J.M. editors. (editors). ICES Cooperative Research Report: 2004; 264. 14 p.
28. Alimov AF, Lvova AA, Makarova G.E, Soldatova IN. Rost i vozrast // Metody izucheniya dvustvorchatykh mollyuskov [Growth and age. // Methods for the study of bivalve mollusks]. Leningrad Publ.; 1990. pp. 121-141. In Russian
29. Lakin GF. Biometriya: Ucheb. posobie dlya biol. spets. vuzov. M.: Vysshaya shkola; 1973. 352 s. In Russian
30. Seyhan K, Mazlum ER, Emirhan H, Engin S, Demirhan S. Diel Feeding Periodicity, Gastric emptying, and Estimated daily food consumption of whelk (*Rapana venosa*) in the South Eastern Black Sea Marine Ecosystem. *Indian Journal of Marine Sciences*. 2003; 32(3):249-251
31. Revkov N, Abaza V, Dumitrache C, Todorova V, Konsulova T, Mickashavidze E, Varshanidze M, Sezgin M, Ozturk Bayram, Chikina M, Kucheruk NV. State of the

- Environment of the Black Sea (2001–2006/7). Black Sea Commission Publ. / Istanbul, Turkey: 2008; 3: 243-291.
32. Danilov CS., Tiganov G, Anton E, Nenciu MI, Nita VN, Cristea V. *Rapana venosa* – new exploitable resource at the Romanian Black sea coast. *Scientific Papers. Series D. Animal Science*. 2018, LXI (2): 274-279.
33. Zaika VE. Spatial structure of the Black Sea benthic communities: influence of the pelagic processes. *Ecosystem Modeling as a Management Tool for the Black Sea*. Kluwer Acad. Publ. 1998; 1: 293-299.
34. Kiseleva MI. Bentos rykhlykh gruntov Chernogo morya. [Benthos of loose soils of the Black Sea]. Kiev: Naukova Dumka. Publ.; 1981. 164 p. In Russian
35. Kholodov VI, Pirkova AV, Ladygina LV. Cultivation of mussels and oysters in the Black Sea. 2nd edition, supplemented. Voronezh: LLC "Izdat Print"; Publ.; 2017. 508 p. In Russian

Информация об авторах:

Пиркова Анна Васильевна – канд. биол. наук, с.н.с. отдела аквакультуры и морской фармакологии, ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН» (Севастополь, Россия).

ORCID: 0000-0002-7047-7010.

E-mail: avpirkova@mail.ru

Ладыгина Людмила Владимировна – канд. биол. наук, с.н.с. отдела аквакультуры и морской фармакологии, ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН» (Севастополь, Россия).

ORCID: 0000-0003-4617-093X

E-mail: lvladygina@yandex.ru

Щуров Сергей Вячеславович – н.с. отдела аквакультуры и морской фармакологии, ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН» (Севастополь, Россия).

ORCID: 0000-0002-8913-2637.

E-mail: skrimea@mail.ru

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about the authors:

Anna V. Pirkova, Cand. Sci. (Biol.), Department of Department of Aquaculture and Marine Pharmacology, A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS (Sevastopol, Russian Federation).

ORCID: 0000-0002-7047-7010.

E-mail: avpirkova@mail.ru

Ludmila V. Ladygina, Cand. Sci. (Biol.), Department of Department of Aquaculture and Marine Pharmacology, A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS (Sevastopol, Russian Federation).

ORCID: 0000-0003-4617-093X.

E-mail: lvladygina@yandex.ru

Sergey V. Shchurov, Researcher, Department of Department of Aquaculture and Marine Pharmacology, A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS (Sevastopol, Russian Federation).

ORCID: 0000-0002-8913-2637.

E-mail: skrimea@mail.ru

The Authors declare no conflict of interest.

*Статья поступила в редакцию 20.06.2022;
одобрена после рецензирования 14.03.2023; принята к публикации 02.08.2023.*

*The article was submitted 28.06.2022;
approved after reviewing 14.03.2023; accepted for publication 02.08.2023.*