

УДК 594.3: 574.52(262.5)

**С. В. Стадниченко**, к.б.н., зав. лабораторией макробиоты  
**А. П. Куракин**, младший научный сотрудник,  
Одесский филиал Института биологии южных морей им. А.О.Ковалевского  
НАН Украины, отдел экологической интеграции биоциклов,  
ул. Пушкинская, 37, Одесса, 65011, Украина; e-mail: stadiki@ukr.net

### **ИЗБИРАТЕЛЬНОСТЬ ПИТАНИЯ БРЮХОНОГО МОЛЛЮСКА *RAPANA VENOSA* (VALENCIENNES, 1846) МИДИЯМИ *MYTILUS GALLOPROVINCIALIS* LAM.**

Изучены морфологические и фенотипические признаки мидий *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819., помещенных в экспериментальные садки с хищным брюхоногим моллюском *Rapana venosa* (Valenciennes, 1846) в условиях, максимально приближенным к естественным, в северо-западной части Чёрного моря (прибрежные воды о. Змеиный). Выявлено, что размер хищника определяет размер жертвы. Максимальному давлению со стороны рапан подвергаются мидии размером 20–40 мм. Съеденные и выжившие мидии различались средними значениями длины, высоты, ширины, массы раковины, площади ее поверхности и относительной толщины раковины. Преимуществом селективного отбора рапанами мидий, различающихся по окраске наружного слоя раковины и особенностями распространения наружного призматического слоя в районе лигамента, не обнаружено.

**Ключевые слова:** Элективность питания *Rapana venosa*, морфологические признаки, фенотипы, *Mytilus galloprovincialis*, Черное море.

Тихоокеанский хищный брюхоногий моллюск *Rapana venosa* (Valenciennes, 1846) вселился в Черное море в 40-х годах прошлого столетия [4]. Этот вид характеризуется широкой экологической толерантностью к температуре, солености, концентрации кислорода [1; 10]. Предполагается, что генетически мономорфные черноморские *R. venosa* далее успешно расселились в прибрежных водах Европы, Северной и Южной Америки [9] в отсутствии пищевых конкурентов и природных врагов [3; 12; 13]. *R. venosa*, обладая широкой пластичностью питания, использует в качестве пищевых объектов двустворчатых моллюсков (*Ostrea edulis* Linnaeus, 1758; *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819; *Ruditapes philippinarum* (Adams & Reeve, 1850); *Chamelea gallina* (Linnaeus, 1758); *Anadara inaequalis* (Bruguère, 1789); *Donacilla cornea* (Poli, 1795); *Cardium*, *Pecten* и др., брюхоногих моллюсков (*Patella*, *Tritia*) и ракообразных [6; 14; 15]. При подводной съемке А. П. Куракин наблюдал выедание мелкими рапанами усоногих рачков *Amphibalanus improvisus* (Darwin, 1854). По сообщениям других подводников, крупные особи хищника могут «атаковать» даже зарывающихся в песок крабов родов *Portunus*, *Carcinus* и раков-отшельников *Diogenes*. В условиях пищевого дефицита возможно поглощение трупов рыб [5]. Смена рапа-

ной объекта питания *A. inaequalis* на *D. cornea* на песчано-илистых грунтах произошла вследствие замещения одного вида двустворчатых моллюсков другим после заморных явлений в акватории Опуцкого заповедника (Восточный Крым, Черное море) [6]. Избирательность *R. venosa* в отборе из двустворчатых моллюсков *M. galloprovincialis*, *R. philippinarum* и *A. inaequalis* в пользу последней выявлена экспериментальными исследованиями в северной части Адриатического моря [14].

Неослабевающий пресс хищника является реальной угрозой поселениям *M. galloprovincialis*. Экспериментальными исследованиями в районе острова Змеиный в северо-западной части Черного моря выявлено, что снижение численности мидий в поселении в зависимости от плотности популяции рапаны может варьировать от 33 до 79 экз·сут<sup>-1</sup>·м<sup>-2</sup>, а интенсивность питания *R. venosa* соответствует элиминации за сутки одной мидии средней длиной 36,3±1,5 мм и общей массой 3,9±0,2 г [2]. Однако актуальным остается выявление возможного выбора хищником мидий, отличающихся по морфологическим и фенотипическим признакам. Так, для мидии *Mytilus edulis* ранее были выявлены морфологические изменения, возникающие под воздействием хищника – морской звезды [11]. Поэтому целью исследования был анализ соотношения масс-размерных характеристик и фенотипов у мидий, которые были элиминированы *R. venosa* и тех же характеристик у мидий, которые остались живыми при совместном обитании в экспериментальных условиях, максимально приближенных к естественным.

### Материалы и методы исследования

Для определения избирательности *R. venosa* в питании мидиями *M. galloprovincialis* в прибрежной акватории о. Змеиный северо-западной части Черного моря с 9 по 26 августа 2012 г на глубине 9 м были размещены 4 сетчатых садка размером 100 × 50 × 30 см. В каждый садок поместили от 10 до 20 экземпляров *R. venosa* 4 размерных групп, выделенных по высоте от макушки до нижней границы устья: 30–40 мм; 40–50 мм (по 20 экз.), 60–70 мм; 80–90 мм (по 10 экз.), которые охватывают размерный диапазон хищника, обитающего в этом районе. Для возможности свободного выбора жертвы *R. venosa* в садки поместили выборки мидий размерных групп (от 2,6 до 62,8 мм), соответствующих максимальному изобилию и разнообразию пищи в данных конкретных условиях. Температура воды в период исследований была равномерной по всей толще воды и колебалась за время экспозиции в незначительных пределах (около 23 °С). Продолжительность эксперимента составила 17 сут. После завершения экспозиции из садков изымали всех живых мидий и раковины употребленных в пищу моллюсков и анализировали их. У всех мидий штангенциркулем с точностью до 0,1 мм измеряли длину (*L*), высоту (*H*), ширину (*B*), оценивали массу левой (*W<sub>sl</sub>*) и правой (*W<sub>sp</sub>*) створки с точностью до 0,001 г.

Площадь поверхности раковины мидии ( $A$ ) рассчитывали:

$$A = L \cdot (H^2 + B^2)^{0,5} \pi/2;$$

где  $L$  – длина,  $H$  – высота,  $B$  – ширина,  $\pi = 3,14$  [11].

Мидий разделяли по окраске наружного призматического слоя раковины после удаления периостракума на три фенотипические группы ( $F_a$  – коричнево-серые,  $F_b$  – сине-фиолетовые,  $F_c$  – полосатые), а также по степени развития призматического слоя раковины в районе лигамента ( $G_1$  – *trossulus*-подобные;  $G_2$  – *galloprovincialis*-подобные) [7; 8]. Всего исследовано 2267 экземпляров мидии.

Морфологические показатели мидий и соотношение их фенотипов служили основой для анализа различий между 2 группами мидий – элиминированных хищником (1) и сохранившихся живыми (2). Различия одноименных характеристик, полученные для мидий разных групп, считали значимыми при уровне доверительной вероятности не менее 95 %. Статистическую обработку данных выполняли с использованием пакета прикладных программ *Statgraphics Plus for Windows*.

### Результаты исследования и их обсуждение

Во всех садках среди первоначально размещенных *M. galloprovincialis* преобладали особи длиной 20–30 мм (табл. 1), частота их встречаемости варьировала от 29,1 до 53,6 %. Мидии этой же размерной группы стали основным пищевым объектом для рапан высотой до 70 мм. Однако с увеличением размеров хищных моллюсков снижалось количество поглощенных ими мелких *M. galloprovincialis* при увеличении доли более крупных особей этого вида. Так, в питании рапан размерных групп 40–50 и 60–70 мм количество мидий длиной 20–40 мм составляло, соответственно, 81,0 и 74,5 %. У *R. venosa* с высотой раковины 80–90 мм доля потребленных мидий этих же размеров уменьшилась до 52 % (табл. 1), но увеличилось количество съеденных мидий длиной 40–50 мм до 32,1 %. В целом, различия размерной структуры раковин съеденных и оставшихся живыми мидий статистически значимы на 95 %-ном доверительном уровне.

Из полученных данных следует, что для *R. venosa* питание мидиями длиной 20–30 мм, очевидно, является наиболее оптимальным по соотношению энергии, затрачиваемой на их добычу и получаемой хищником в процессе питания.

Съеденные (1) и оставшиеся живыми мидии (2) различались также морфологией раковин, о чем свидетельствуют соотношения высоты ( $H$ ) и ширины ( $B$ ) их створок:

$$H = 3,056 + 1,116 B, (1)$$

$$H = 2,203 + 1,202 B. (2)$$

Полученные уравнения линейных регрессий для моллюсков этих двух групп различаются как угловым коэффициентом ( $F=41,21$ ;  $p < 0,001$ ), так и их свободным членом ( $F=4,50$ ;  $p = 0,034$ ).

Таблица 1

**Изменение численности мидий *Mytilus galloprovincialis* в садках при экспозиции с *Rapana venosa***

Длина <i>M. galloprovincialis</i> , мм	Высота <i>R. venosa</i> , мм							
	30–40 (садок № 1)		40–50 (садок № 2)		60–70 (садок №3)		80–90 (садок № 4)	
	$N_1$	$N_2$	$N_1$	$N_2$	$N_1$	$N_2$	$N_1$	$N_2$
0–10	10	9	18	–	8	–	11	–
10–20	86	17	135	15	120	9	146	5
20–30	139	100	267	90	203	57	135	28
30–40	57	23	75	29	70	45	85	42
40–50	16	8	20	9	28	20	43	43
50–60	1	1	4	4	7	6	5	16
Всего, экз.	310	158	519	147	436	137	426	134

Примечание:  $N_1$  – численность оставшихся мидий в садке, экз.;  $N_2$  – численность элиминированных хищником мидий в садке, экз.

Рассматриваемые группы мидий, съеденные и оставшиеся живыми, различаются также площадью поверхности створок ( $A$ ) как одним из интегральных показателей морфологии их раковины. Среднее значение ( $A$ ) для съеденных моллюсков ( $A_c$ ) составляет  $1078 \pm 28,0$  мм<sup>2</sup>, для сохранившихся живыми ( $A_{жс}$ ) –  $722 \pm 13,1$  мм<sup>2</sup>. При этом увеличение размера хищника сопровождается существенным увеличением  $A_c$  – от 806 до 1542 мм<sup>2</sup>, тогда как  $A_{жс}$  варьирует незначительно – от 692 до 787 мм<sup>2</sup> (см. рис.).

Анализ средних значений массы раковины съеденных и оставшихся живыми мидиями моллюсков выявил их статистически значимое различие ( $F=9,23$ ;  $p=0,0024$ ), свидетельствующее о преобладании более тяжелых створок ( $1,21 \pm 0,08$  г) у съеденных, чем у оставшихся живыми моллюсками ( $0,96 \pm 0,04$  г). Дисперсионный анализ отношения массы раковины к площади ее поверхности (показатель относительной толщины раковины), при использовании в качестве ковариат длины раковины, отношения высоты к ширине, показал статистически значимое различие между рассматриваемыми группами ( $F=6,64$ ;  $p=0,01$ ).

Статистически значимых различий в фенотипической структуре рассматриваемых групп мидий по окраске наружного призматического слоя

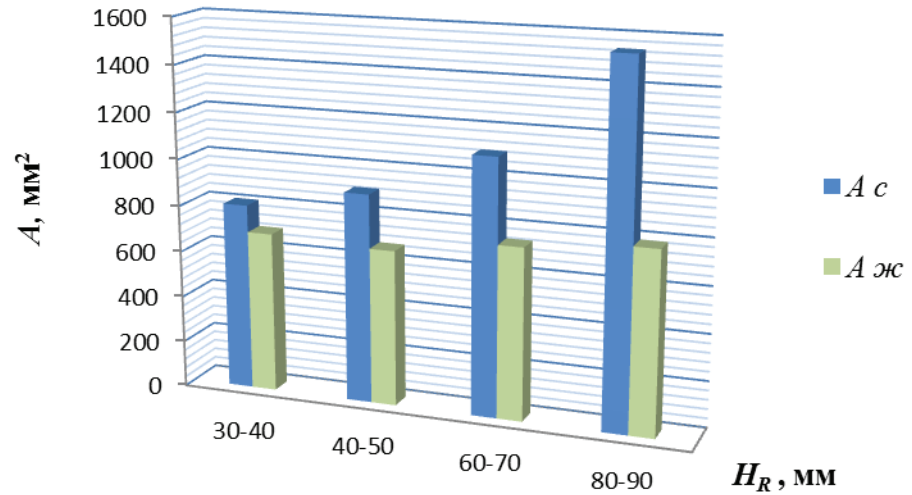


Рисунок. Варьирование средних значений площади поверхности створки мидии  $A$ , мм<sup>2</sup> ( $A_c$  – съеденные,  $A_ж$  – живые) от высоты раковины рапаны ( $H_R$ , мм)

раковины не выявлено ( $F=0,01$ ;  $p=0,9219$ ), однако в садке № 4 с крупными рапанами полосатые мидии (гетерозиготы) выедались в большей степени ( $F=6,44$ ;  $p=0,0114$ ), чем коричневые (гомозиготы) (табл. 2).

Таблица 2

Соотношение долей фенотипов мидий (%), выделенных по распределению фиолетового пигмента в наружном призматическом слое раковины ( $F_a$ ;  $F_b$ ;  $F_c$ ) и по характеру развития призматического слоя в районе лигамента ( $G_1$  – *trossulus*-подобные;  $G_2$  – *galloprovincialis*-подобные,  $G_3$  – не ясно выраженные) в эксперименте

Фенотип мидий	Садок № 1		Садок № 2		Садок № 3		Садок № 4	
	$N_1$	$N_2$	$N_1$	$N_2$	$N_1$	$N_2$	$N_1$	$N_2$
$F_a$	21,5	21,3	23,8	25,6	19,7	23,9	14,2	25,5
$F_b$	27,9	28,1	32,0	25,6	33,6	31,0	38,1	34,9
$F_c$	50,6	50,6	44,2	48,8	46,7	45,2	47,8	39,6
$G_1$	8,9	1,3	8,8	18,3	16,8	15,8	12,7	3,0
$G_2$	69,9	94,2	81,6	67,0	66,4	55,1	76,9	92,5
$G_3$	21,2	4,5	9,5	14,7	16,8	29,1	10,5	4,5

Примечание:  $N_1$  – численность оставшихся мидий в садке, экз.;  $N_2$  – численность элиминированных хищником мидий в садке, экз.

По характеру развития призматического слоя в районе лигамента выявлено достоверное различие на 95 %-ном уровне доли *trossulus*-подобных мидий только в садке № 1 между элиминированными хищником и живыми моллюсками, то есть рапана размерной группы 30–40 мм в большей степени употребляла моллюсков морфологического типа  $G_1$  (*trossulus*-подобные мидии). Это может быть связано с поеданием рапаной самых мелких моллюсков в этом садке (табл. 2).

### Выводы

Пищевое предпочтение *R. venosa* определяется размерами поедаемых мидий. Средний размер выедаемых особей больше среднего размера мидий в этом поселении. Эти предпочтения изменяются с размером хищника.

Максимальному давлению со стороны популяции хищника подвергаются мидии размером 20–40 мм, являющиеся популяционным ядром моллюска в поселениях в северо-западной части Черного моря. На основе полученных зависимостей возможно проводить ранжирование ожидаемого размера элиминируемых хищником мидий для каждого размерного класса рапан.

Избирательность питания *R. venosa* мидиями разных фенотипических форм не обнаружена. Это может означать, что их возможные физиологические различия либо невелики, либо не критичны для хищника.

Авторы выражают искреннюю благодарность сотрудникам ОФ ИнБЮМ Т. А. Пашаевой и Е. А. Наум за помощь в обработке проб.

### Список использованной литературы

1. Алякринская И. О. Физиолого-биохимические предпосылки устойчивости рапаны / И. О. Алякринская // Гидробиол. журн. – 1989. – Т. 25, № 6. – С. 83–87.
2. Говорин И. А. Оценка влияния хищного брюхоногого моллюска *Rapana venosa* (Valenciennes, 1846) на фильтрационный потенциал мидийных поселений / И. А. Говорин, А. П. Куракин // Экол. безпека прибереж. та шельф. зон та комплекс. використ. ресурсів шельфу. – Севастополь, 2011. – Вип. 25, Т. 1. – С. 435–442.
3. Снігірьов С. М. Розмірно-масові характеристики рапани *Rapana thomasiana thomasiana* Crosse, 1861 в акваторії о. Зміїний в 2004–2010 рр. / С. М. Снігірьов та ін. // Екологічні проблеми Чорного моря: зб. наук. ст. Міжнародної науково-практичної конференції. 28–29 жовтня 2010 р., Одеса. – О.: ІНВАЦ, 2010. – С. 298–300.
4. Чухчин В. Д. Рост рапаны (*Rapana besoar* L) в Севастопольской бухте/ В. Д. Чухчин // Труды Севастопольской биологической станции. – 1961. – Т. 14. – С. 169–177.
5. Чухчин В. Д. Экология брюхоногих моллюсков Черного моря / В. Д. Чухчин. – К.: Наукова думка, 1983. – 176 с.
6. Шадрин Н. В. Питание и распределение *Rapana venosa* (Valenciennes, 1846) в акватории Опуцкого заповедника (Восточный Крым, Чёрное море) / Н. В. Шадрин, Т. А. Афанасова // Морський Екологічний Журнал. – 2009. – Т. VIII, № 2. – С. 24.
7. Шурова Н. М. Структурно-функциональная организация популяций мидий *Mytilus galloprovincialis* Черного моря / Н. М. Шурова – К.: Наукова думка, 2013. – 208 с.
8. Шурова Н. М. Анализ фенотипической структуры поселений мидий Черного моря по окраске наружного призматического слоя их раковин / Н. М. Шурова, В. Н. Золотарев // Морський Екологічний Журнал. – 2008. – Т. VII, № 4. – С. 88–97.

9. Chandler E. A. Genetically monomorphic invasive populations of the rapa whelk, *Rapana venosa* / E. A. Chandler, J. R. McDowell, J. E. Graver // *Molecular Ecology*. – 2008. – № 17. – P. 4079–4091.
10. Mann R. Salinity tolerance of larval *Rapana venosa*: implications for dispersal and establishment of an invading predatory gastropod on the north American Atlantic Coast / R. Mann, J. M. Harding // *Biol. Bull.* – 2003. – Vol. 204. – P. 96–103.
11. Reimer O. Phenotypical improvement of morphological defences in the mussel *Mytilus edulis* induced by exposure to the predator *Asterias rubens* / O. Reimer, M. Tedengren // *Oikos*. – 1996. – Vol. 75, No. 3. – P. 383–390.
12. Sağlam H. Reproductive ecology of the invasive whelk *Rapana venosa* Valenciennes, 1846, in the southeastern Black Sea (Gastropoda: Muricidae) / H. Sağlam, E. Düzgüneş, H. Öğüt // *Journal of Marine Science*. – 2009. – Vol. 66. – P. 1865–1867.
13. The alien mollusc *Rapana venosa* (Valenciennes, 1846; Gastropoda, muricidae) in the northern Adriatic sea: population structure and shell morphology / D. Savini, M. Castellazzi, M. Faruzzo, A. Occhipinti-Amborgi // *Chemistry and Ecology*. – 2004. – Vol. 20. – P. 411–424.
14. Savini D. Consumption rates and prey preference of the invasive gastropod *Rapana venosa* in the Northern Adriatic Sea / D. Savini, A. Occhipinti-Amborgi // *Helgol. Mar. Res.* – 2006. – Vol. 60 – P. 153–159.
15. Zolotarev V. The Black Sea ecosystem changes related to the introduction of new mollusc species / V. Zolotarev // *PSZNI: Mar. Ecology*. – 1996. – Vol. 17. – P. 227–236.

Статья поступила в редакцию 15.05.2014

**С. В. Стадніченко, О. П. Куракін**

Одеський філіал Інституту біології південних морів НАН України  
вул. Пушкінська, 37, Одеса, 65011, Україна;  
e-mail: stadiki@ukr.net

**ВИБІРКОВІСТЬ ЖИВЛЕННЯ ЧЕРЕВОНОГО МОЛЮСКА  
*RAPANA VENOSA* (VALENCIENNES, 1846) МІДІЯМИ  
*MYTILUS GALLOPROVINCIALIS* LAMARCK, 1819**

**Резюме**

Вивчені морфологічні і фенотипічні ознаки мідій *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819., що поміщені в експериментальні садки з хижим червоногим моллюском *Rapana venosa* (Valenciennes, 1846) в умовах, максимально наближених до природних, в північно-західній частині Чорного моря (прибережні води острова Зміїний). Виявлено, що розмір хижака визначає розмір жертви. Максимальному тиску з боку хижака піддаються мідії розміром 20–40 мм. Спожиті та ті, що вижили, мідії розрізнялися середніми значеннями довжини, висоти, ширини, масою мушлі, площею її поверхні та відносною товщиною мушлі. Переваг у відборі хижаком мідій, що відрізняються забарвленням зовнішнього шару мушлі і особливостями поширення зовнішнього призматичного шару в районі лігаменту, не виявлено.

**Ключові слова:** елективність харчування *Rapana venosa*, морфологічні ознаки, фенотип, *Mytilus galloprovincialis*; Чорне море.

**S. V. Stadnichenko, O. P. Kyrakin**

Odesa branch of Institute of Biology of the Southern Seas, NAS of Ukraine  
37, Pushkinska Str., Odesa, 65011, Ukraine; e-mail: stadiki@ukr.net

**SELECTIVITY IN FEEDING OF RAPA WHELK *RAPANA VENOSA* (VALENCIENNES, 1846) BY MUSSELS *MYTILUS GALLOPROVINCIALIS* LAMARCK, 1819**

**Summary**

Feeding selectivity of rapa whelk, *Rapana venosa* (Valenciennes, 1846) on mussels *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819 was estimated by the caging experiment in the coastal waters of the Zmeinii Island (north-western Black sea) in summer 2012. For 17 days the size, morphological and phenotypic characteristics were revealed in shells of eaten and living mollusks in cages. The mussel phenotypes were revealed on color of outer prismatic layer of shells and also on interrelation of prismatic and nacreous shell layers in the ligament area. The shells of eaten mussels were differed from the shells of mussels which remained living by length, height, width, shell mass/surface–area ratio.

**Keywords:** Feeding selectivity of *Rapana venosa*, morphology, fenotype, *Mytilus galloprovincialis*, Black Sea.