

## МОРФОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НЕКОТОРЫХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ DECAPODA АКВАТОРИИ КАРАДАГА

Л.В. Бондаренко, О.И. Оскольская

*Институт биологии южных морей НАН Украины, Севастополь*

Десятиногие ракообразные, Decapoda — преимущественно морская группа животных, важная составная часть многих биоценозов. В бассейне Черного и Азовского морей известно 37 видов десятиногих раков, в акватории Карадага идентифицировано 19 видов (Безвушко, 2001). Большинство черноморских видов приурочено к прибрежной зоне, где они особенно многочисленны и разнообразны среди зарослей водорослей.

Адаптивный процесс в большей или меньшей степени свойствен всем представителям органического мира. Многообразие признаков организмов делится на четыре группы: морфологические, физиологические, биохимические и поведенческие. Адаптация — особая форма отражения системами воздействий внешней и внутренней среды, заключающаяся в тенденции к установлению с ними динамического равновесия (Георгиевский, 1989). В связи с этим можно рассматривать адаптации как изменения морфофизиологических структур организма с учетом его поведенческих аспектов.

Известно, что у некоторых представителей макрофитобентоса в связи с приспособлением к условиям обитания изменяется форма их талломов, что отражается в увеличении приведенной удельной поверхности ( $S_p$ ) (Oskolskaya et al., 2001). Наиболее чувствительны к изменениям среды адсотрофные структуры организмов, каковыми у макрофитов является таллом. Одна из адсотрофных структур у представителей животного царства — жабры. Показано, что дыхательный аппарат двустворчатых моллюсков отвечает на изменения состояния среды обитания увеличением его приведенной удельной поверхности (Оскольская и др., 1999). Изучаемые организмы фито- и зообентоса обычно представлены прикрепленными либо малоподвижными формами. Предстоит выяснить, как будут реагировать жабры относительно подвижных представителей отряда Decapoda на изменения условий среды обитания. Существуют исследования, затрагивающие вопросы влияния массы некоторых представителей Decapoda на дыхание (Cockroft, Wooldridge, 1985); влияния меди на ультраструктуру жаберного аппарата *Carcinus maenas* (Lawson et al., 1995) и др. Как пример адаптаций морфологического характера выполнены работы по изучению мимикрии, органов механической защиты и др. Морфофизиологические адаптации жаберного аппарата представителей Decapoda изучены недостаточно. Этим можно объяснить наш интерес к формированию адаптивных приспособлений дыхательного аппарата *Pachygrapsus marmoratus* (Fabricius, 1793), *Xantho poressa* (Olivi, 1792) и *Macropipus depurator* (Linne, 1776) из разных районов акватории Карадага. Виды идентифициро-

вали по определителю фауны Черного и Азовского морей (Мордухай-Болтовской, 1969).

Целью настоящей работы является определение морфофизиологических параметров жаберного аппарата некоторых представителей Decapoda из акватории Карадага.

### Материал и методы

Сбор проб осуществляли в 2002 — 2003 годы в бухте Лисьей, в районах Кузьмичевых камней, Разбойничьей бухты, Золотых ворот, Сердоликовой и Гравийной бухт. Бухту Лисью можно отнести к открытым бухтам, где предельно развиты эрозионные процессы прибрежной полосы. Район Кузьмичевых камней находится в западной части акватории Карадагского заповедника, источники эвтрофикации отсутствуют, эрозионные процессы выражены слабо, прозрачность воды достигает 12 м, уровень осадка минимальный (0,07 г/л). Район Золотых ворот подвержен высокой прибойной активности. Бухты Сердоликовая и Гравийная — восточная граница изучаемой акватории, — источником эвтрофикации которых является поселок Коктебель, техногенное загрязнение может поступать из расположенной в непосредственной близости войсковой части (Миронова, Нухимовская, 2001) и от технических плавсредств. Районы исследования характеризуются следующими значениями количества общего осадка в морской воде (г/л): 0,19; 0,07; 0,10; 0,09; 0,22 и 0,31 соответственно. Минимальным уровнем осадка в воде и антропогенного воздействия отличаются районы Кузьмичевых камней, Золотых ворот и б. Разбойничьей, тогда как б. Гравийная характеризуется максимальными значениями этих показателей, а бухты Лисьей и Сердоликовая — занимают промежуточное положение. Район Лисьей бухты характеризуется песчаными грунтами, бухты Разбойничья, Сердоликовая и Гравийная — галечными грунтами, а Кузьмичевых камней и Золотых ворот — скально-валунными субстратами.

У представителей отряда жабры сидят под боковыми краями головно-го щита внутри жаберной полости. Располагаются они продольными рядами. Жабры одного ряда сохраняют первичное положение на протоподитах ног (подобранхии), жабры другого ряда помещаются на местах соединения протоподитов с телом (артробранхии), тогда как в третьем ряду они сидят уже на боковой стенке тела (плевробранхии). Кутикула жабр очень нежна, и через нее легко происходит газообмен. Предметом изучения служили плевробранхии *Pachygrapsus marmoratus*, *Xantho poressa* и *Macropipus depurator*.

Морфометрию изучали на одноразмерных экземплярах самцов с длиной панциря 17 — 20 мм. С помощью штангенциркуля определяли длину ( $L_{\text{кар}}$ ) и ширину ( $H_{\text{кар}}$ ) карапакса, а также длины конечностей. Морфологические показатели жабр: длину осевого стержня ( $L_c$ ), длину филамента ( $L_\phi$ ), высоту филамента ( $H_\phi$ ), ширину филамента ( $T_\phi$ ) и количество филментов на единицу длины осевого стержня ( $n$ ) подсчитывали с помощью бинокля с применением окулярной линейки. Количество филментов на каждой паре жабр высчитывали по формуле:

$$N_n = L_n / 0,25 \times n \times 2,$$

где  $N_n$  — количество филламентов на каждой паре жабр,  $L_n$  — длина осевого стержня,  $n$  — количество филламентов на единицу длины осевого стержня.

Далее находили их сумму на жабрах одной половины тела и умножали на 2, чтобы определить общее количество филламентов ( $N_{об}$ ):

$$N_{об} = 2N.$$

Принимая во внимание, что форма жаберного филламента представляет собой пирамиду, мы рассчитывали площадь филламента по формуле:

$$S_{\phi} = H_{\phi} (L_{\phi} + T_{\phi}) + S_{осн},$$

где  $S_{\phi}$  — площадь филламента,  $H_{\phi}$  — высота филламента,  $L_{\phi}$  — длина филламента,  $T_{\phi}$  — ширина филламента и  $S_{осн}$  — площадь его основания.

Полученный результат умножали на количество филламентов в каждой паре жабр, и эти показатели суммировали для определения общей площади поверхности жабр ( $S_{об}$ ).

Объем жабр также находили суммированием объемов каждой пары жабр. Объем одного филламента ( $V_{\phi}$ ) определяли по формуле:

$$V_{\phi} = S_{осн} \times H_{\phi}.$$

Площадь основания филламента рассчитывали по формуле:

$$S_{осн} = \sqrt{T_{\phi}^2 - L_{\phi}^2} / 4 \times L_{\phi} / 2.$$

Зная общую площадь и объем жабр, определяли степень расщепленности жаберной поверхности краба или приведенную удельную поверхность его дыхательного аппарата ( $S_0$ ) по формуле (Алеев, 1972):

$$S_0 = \sqrt{S} / \sqrt[3]{V}$$

АТФ-азную активность в жаберной ткани крабов определяли по количеству фосфора, отщепляемого АТФ-азой за единицу времени от АТФ. Расчет производили на единицу белка (Полевой, Максимов, 1978).

Уровень осадка в воде определяли путем фильтрации воды через складчатый фильтр с последующим взвешиванием.

В таблицах представлены средние значения параметров и их ошибки, на графиках — стандартные отклонения.

### Результаты и их обсуждение

Длина карапакса исследуемых особей — 17-20 мм (табл. 1). Отношение длины карапакса к его ширине составляет 0,9, 0,8 и 0,7 для *Pachygrapsus marmoratus*, *Macropipus depurator* и *Xantho poressa* соответственно.

Для передвижения крабы используют подиальный движитель, состоящий из пяти локомоторных блоков. Первая пара конечностей (клешни) непосредственного участия в движении не принимает. Локомоторные конечности *Pachygrapsus marmoratus* имеют разную длину, которая выше у 3 и 4 пар ног в 1,3—1,5 раза. У *Xantho poressa*, активно зарывающихся в песок, таких четких отличий не наблюдается. *Macropipus depurator* обладает плавательной конечностью, рабочая лопасть которой составляет треть часть ее длины. Представители данного вида способны не только передвигаться с опорой на твердый субстрат, но и плавать в толще воды. Крабы достаточно активны в передвижении, и работа их дыхательного аппарата находится в зависимости от работы самих конечностей, так как на них расположены подо- и артробранхии.

Таблица 1. Морфометрические параметры тела крабов из акватории Карадага

Вид	L <sub>кар</sub> (мм)	Длины конечностей (мм)				
		L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	L <sub>4</sub>	L <sub>5</sub>
<i>Pachygrapsus marmoratus</i>	17-20	18-26	24-31	31-34	31-35	24-29
<i>Xantho poressa</i>	17-20	23-26	18-20	17-20	17-19	16-17
<i>Macropipus depurator</i>	17-20	24-32	26-35	25-35	26-31	20-28

Плевробранхии исследуемых видов представлены шестью парами и располагаются под бронхальной областью карапакса. По структуре жаберы представлены филобранхиями, имеющими осевой стержень с расположенными на нем жаберными филаментами (Макаров, 1983). Показано (табл. 2), что средняя длина осевого стержня жаберного аппарата мраморного краба уменьшается в 1,3 раза по мере изменения уровня осадка в морской воде от бухты Разбойничьей к Гравийной.

Таблица 2. Морфометрические показатели жаберного аппарата крабов акватории Карадага

Район	N <sub>об</sub>	H <sub>об</sub>	L <sub>о</sub>	S	V
<i>Pachygrapsus marmoratus</i>					
Кузьмичевы камни	2220±142,4	2040,4±295,9	44,7±5,4	879,5±49,9	16,5±3,06
б. Разбойничья	2188±163,4	2038,2±241,9	44,0±3,6	810,7±38,4	14,9±1,02
Золотые ворота	2216±169,5	1812,9±242,7	38,0±4,2	539,6±67,1	9,7±1,61
б. Сердоликовая	2088±150,1	1682,4±178,6	36,0±3,4	501,0±59,4	9,4±1,4
б. Гравийная	2096±85,2	1761,2±210,6	37,0±4,8	527,8±87,9	9,8±2,3
<i>Xantho poressa</i>					
б. Лисья	1876±86,6	1552,2±110,8	29,3±3,6	507,8±64,7	8,9±0,7
б. Гравийная	1814±72,2	1479,0±67,2	29,5±1,4	445,4±24,8	7,5±0,38
<i>Macropipus depurator</i>					
б. Лисья	2368±173,1	2219,5±221,5	37,0±3,3	634,7±92,1	10,7±1,3

При этом также уменьшаются и другие морфометрические показатели жабр: количество филаментов (N<sub>об</sub>) в 1,3 раза; общая длина филаментов (H<sub>об</sub>) и площадь (S) — в 1,6; объем (V) — в 1,8 раза. Наибольшими значениями морфометрических показателей обладают жаберы *Pachygrapsus marmoratus* из наиболее чистых районов акватории Карадага. Отмечена сильная корреляционная связь между показателем приведенной удельной поверхности жаберного аппарата и ростом высоты жаберных филаментов ( $r = 0,99$ ). Установлена обратная зависимость между показателем приведенной удельной поверхности жабр, характеризующим степень их развития, и ростом уровня осадка в воде ( $r = -0,79$ ) (рис. 1).

Показано, что АТФ-азная активность дыхательного аппарата мраморного краба также выше в относительно чистых районах у Кузьмичевых камней и б. Разбойничьей и составляет 0,4 и 0,39 соответственно. У Золотых ворот этот показатель превышает таковой в бухтах Сердоликовой и Гравийной в 2,3 и 2,8 раза (табл. 3). Различия по этому показателю в исследуемых районах достоверны ( $t_s = 14,3$ ).

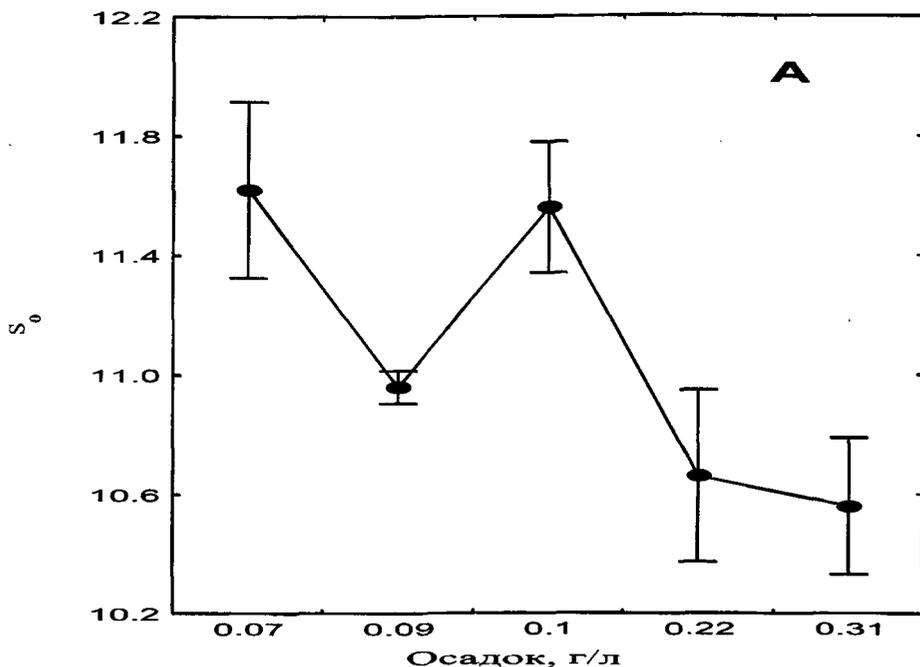


Рис. 1. Зависимость  $S_o$  жабр *Pachygrapsus marmoratus* от уровня осадка в воде

Таблица 3. Морфофизиологические показатели жаберного аппарата крабов и уровень осадка в воде у Карадага

Район	Осадок (г/л)	АТФ-азная активность (мкг Р/мин мгбелка)	$S_o$
<i>Pachygrapsus marmoratus</i>			
Кузьмичевы камни	0,07±0,002	0,40±0,02	11,6±0,22
Б. Разбойничья	0,1±0,02	0,39±0,006	11,6±0,15
Золотые ворота	0,09±0,01	0,37±0,009	10,9±0,05
Б. Сердоликовая	0,22±0,01	0,16±0,006	10,6±0,23
Б. Гравийная	0,31±0,01	0,13±0,01	10,6±0,19
<i>Xantho poressa</i>			
Б. Лисья	0,19±0,01	0,48±0,01	10,9±0,46
Б. Гравийная	0,31±0,01	0,12±0,01	10,8±0,25
<i>Macropipus depurator</i>			
Б. Лисья	0,19±0,01	0,36±0,01	11,4±0,30

Так же, как и приведенная удельная поверхность, АТФ-азная активность жабр находится в обратной зависимости от уровня осадка в морской воде ( $r = -0,97$ ) (рис.2).

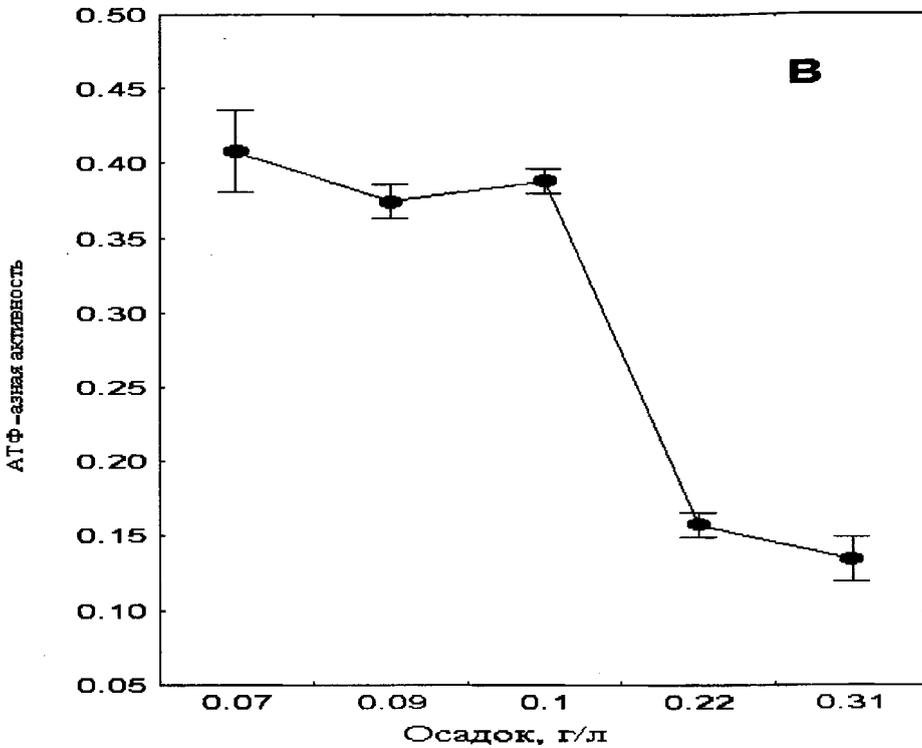


Рис. 2. Зависимость показателя АТФ-азной активности жабр *Pachygrapsus marmoratus* от уровня осадка в воде

Таким образом, с увеличением уровня осадка в воде наблюдается снижение морфофизиологических показателей жаберного аппарата мраморного краба. Причем, если морфометрические показатели изменяются в среднем в полтора раза, то уровень АТФ-азной активности — в 3 раза. Подавление данного физиологического показателя и отсутствие компенсаторного механизма, ведущего к увеличению приведенной удельной поверхности, как это наблюдается у двустворчатых моллюсков (Оскольская и др., 1999), при дальнейшем увеличении уровня антропогенной нагрузки может привести к сокращению численности популяции *Pachygrapsus marmoratus*.

Морфометрические показатели жабр *Xantho poressa* из б. Лисьей и б. Гравийной отличаются незначительно, тогда как их АТФ-азная активность выше в жаберных тканях крабов из б. Лисьей в 4 раза. В жабрах ракообразных из б. Гравийная наблюдали частицы размером от

0,025 до 0,2 мм, что, по-видимому, можно объяснить высоким уровнем осадка в морской воде данного района.

Жаберный аппарат *Macropipus depurator* из б. Лисьей обладает одинаковыми морфометрическими показателями и АТФ-азной активностью такого *Pachygrapsus marmoratus* из района Золотых ворот, за исключением показателя приведенной удельной поверхности и высоты жаберных филламентов. Эти величины больше соответствуют показателям жабр *Pachygrapsus marmoratus* из относительно чистых районов.

У исследуемых представителей отряда Decapoda наименьшим показателем приведенной удельной поверхности дыхательного аппарата обладает *Pachygrapsus marmoratus* (10,2), наибольшим — *Macropipus depurator* (12,2), что, вероятно, можно объяснить условиями обитания этих видов. *Pachygrapsus marmoratus* можно встретить на камнях, и в случае опасности они убегают в укрытие или прыгают в воду. В ночное время крабы могут подниматься по скалам и береговым склонам на 2-5 метров выше уровня моря, а на пологих склонах удаляться на 5 — 10 метров (Зайцев, 1978). *Macropipus depurator* обитает на небольшой глубине в приповерхностных слоях водной толщи.

Высокий уровень АТФ-азной активности жабр имеет *Xantho poressa* (0,48), что свидетельствует о высокой интенсивности работы жаберного аппарата в связи с тем, что они обитают в песчаных грунтах, где содержание кислорода по сравнению с водной средой, как правило, пониженное. Это соответствует тенденциям, выявленным для *Chamelea gallina*, у которого потребление необходимого для нормальной жизнедеятельности количества кислорода требует более интенсивной работы жаберного аппарата (Петров, Ревков, 1987).

Таким образом, наблюдается тенденция к снижению как морфометрических, так и физиологических показателей жаберного аппарата *Pachygrapsus marmoratus* из исследуемых районов акватории Карадага с увеличением уровня осадка в морской воде, что может привести к сокращению численности популяции данного вида в условиях повышенного загрязнения среды обитания. Наличие относительно высокого показателя приведенной удельной поверхности дыхательной системы *Macropipus depurator*, по-видимому, связано с высокой локомоторной активностью как в толще воды (плавание), так и при опоре на твердый субстрат (ходьба). Высокий уровень АТФ-азной активности жаберной ткани *Xantho poressa* (0,48) свидетельствует о высокой интенсивности работы жаберного аппарата в связи с обитанием в песчаных грунтах, где содержание кислорода по сравнению с водной средой, как правило, пониженное.

**Благодарность!** Авторы выражают благодарность за помощь в сборе материала инженеру ИнБЮМ НАНУ В.А. Тимофееву и студенту IV курса Таврического национального университета Д. Бунину.

**Литература**

Алеев Ю.Г. О биогеодинамических различиях планктона и нектона // Зоол. журн. — 1972. — Т. 51. — Вып. 1. — С. 5—12.

Беззушко А.И. Видовой состав и сезонная динамика меропланктона // Карадагский природный заповедник. Летопись природы. 1999. Т.16. — Симферополь: СОНАТ, 2001. — С. 70 — 74.

Георгиевский А.Б. Эволюция адаптаций. — Л.: Наука, 1989. — 189с.

Зайцев Ю.П. Это удивительное море. — Одесса: Маяк, 1978. — 158с.

Макаров Ю.Н. Анатомия и физиология десятиногих раков / рукопись ДЕП. в ВИНТИ 05.11.83 № 5971 — 83. — 1983. — 180 с.

Миროнова Л.П., Нухимовская Ю.Д. Итоги и проблемы сохранения фиторазнообразия в Карадагском природном заповеднике НАН Украины // Карадаг. История, биология, археология. Сборник научных трудов, посвященный 85-летию Карадагской научной станции — Симферополь: СОНАТ, 2001. — С. 45 — 63.

Мордужай-Болтовской Ф.Д. Определитель фауны Черного и Азовского морей. — Киев: Наук. думка, 1969. — Т. 2. — 535 с.

Оскольская О.И., Тимофеев В.А., Бондаренко Л.В. Влияние загрязнения шельфовой зоны Черного моря на морфофизиологические характеристики мидии *Mytilus galloprovincialis* Lmk // Экология моря. — 1999. — Вып. 49. — С. 84 — 89.

Петров А.Н., Ревков Н.К. Изучение респираторной и фильтрационной активности у двух видов моллюсков в зависимости от экологических особенностей мест обитания / рукопись ДЕП. в ВИНТИ 14.09.87 № 6652 — В87. — 1987. — 3 с.

Полевой В.В., Максимов Г.Б. Методы биохимического анализа растений. — Л.: — 1978. — 192 с.

Cockroft A.C., Wooldridge T. The effects of mass, temperature and molting on the respiration of the surf zone penaeid *Macropetasma africanus* Balss // Comp. — Biochem. — Physiol. — 1985. — V. 81, p. 1. — P. 143 — 148.

Lawson S.L., Jones M.B., Moate R.M. Effect of copper on the ultrastructure of the gill epithelium of *Carcinus maenas* (Decapoda) // Trace-Metals in the aquatic environment. Proceeding of the third international conference held in Aarhus, 16-20 may 1994 / Phillips, D.J.H.; Rainbow, P.S., eds. — 1995. — V. 31, p. 1-3. — P. 63 — 72.

Oskolskaya O.I., Torskaya A.V., Timofeev V.A. Preliminary results on Macroalgae distribution in destructive processes // Mediterranean Marine Science. — 2001. — V. 2/1. — С. 37 — 43.