

АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНСКОЙ ССР

ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ ЮЖНЫХ МОРЕЙ им. А. О. КОВАЛЕВСКОГО

ISSN 0203-4646

ЭКОЛОГИЯ МОРЕЯ

1871



ИНБЮМ

32

1989

УДК 595.384.62: (591.17+591.524)

С. А. ХВОРОВ

ПЛАВУЧЕСТЬ И ГИДРОСТАТИЧЕСКИЕ АДАПТАЦИИ КРАБОВ СЕМЕЙСТВА PORTUNIDAE (DECAPODA)

Изучение гидростатики гидробионтов представляет большой теоретический интерес в связи с различными проблемами общей и частной зоологии, гидробиологии и общей экологии, поскольку гидростатические характеристики пелагических организмов связаны со многими сторонами их экологии и морфологической организации.

Известно три основных типа плавучести организмов: нейтральный, положительный и отрицательный. «Тип плавучести гидробионтов во многом определяет морфологическую специфику экоморф. По мере удаления плавучести от нейтрального уровня ее влияние на общую конструкцию тела в целом неуклонно растет» [1, с. 123].

В настоящей работе исследовалась плавучесть и гидростатические адаптации 4 видов крабов семейства Portunidae.

Материал и методика. Материал для исследований собран в Черном море (*Carcinus mediterraneus* Czerniavsky, *Macropipus holsatus* (Fabricius)), Индийском океане (*Charybdis cruciata* Herbst), Сингапурском проливе (*Portunus pelagicus* (L.)) за период с 1980 по 1986 г.

Средняя плотность крабов-портунид определялась сразу после поминки путем двух взвешиваний — в воздухе и в воде [4]. Расчет плотности тела (ρ) объекта произведен по формуле

$$\rho = \rho_1 [1 + W_1 / (W - W_1)],$$

где ρ — плотность организма; W — масса его в воздухе; W_1 — масса в воде; ρ_1 — плотность воды.

Плавучесть организмов (Δ) рассчитывалась по известной формуле [2, 8].

С целью количественной оценки влияния структурных адаптаций на уровень плавучести крабов-портунид измеряли толщину их панцирей. Толщину фрагментов карапаксов, ориентированных перпендикулярно, определяли при помощи микроскопа МИР-12 с точностью до 10 мк. Абсолютные значения толщины панцирей (i) относили к абсолютной длине тела (l , в случае крабов-портунид брали ширину карапакса, поскольку они передвигаются боком). Безразмерный показатель относительной толщины i/l экзоскелета более приемлем при сопоставлении разноразмерных объектов.

Степень минерализации панцирей крабов-портунид определяли на основании данных об относительном содержании в них кальцитов (по И. И. Грезе [5]). О количестве кальцитов судили по разности масс образца панциря до обработки соляной кислотой (экспресс-декальцификация) и после нее. Взвешивание с точностью до 0,05 мг проводилось на равноплечих весах ВЛР-200 г. Результаты опытов представлены в таблице.

Результаты и их обсуждение. Эксперименты показали, что плавучесть крабов-портунид варьирует в пределах от $-0,13$ (*Charybdis*) до $-0,20$ (*Carcinus*), т. е. резко отрицательна. Уровень плавучести соот-

Плавучесть (Δ), толщина панцирей (i) и относительное содержание кальцитов в них у крабов сем. Portunidae

Вид	n	Наибольшая ширина тела I . М, мм	Δ	i , $M \pm m_M$, мм	i/I	Относительное содержание кальцитов, % $M \pm m_M$
Неплавающие <i>Carcinus mediterraneus</i>	10	69,5	—0,20	$0,51 \pm 0,02$	$7,6 \cdot 10^{-3}$	$84,5 \pm 1,6$
Плавающие <i>Macropirus holsatus</i>	12	32,4	—0,14	$0,27 \pm 0,01$	$7,9 \cdot 10^{-3}$	$84,2 \pm 6,5$
<i>Portunus pelagicus</i>	1	76,3	—0,14	$0,38 \pm 0,01$	$3,4 \cdot 10^{-3}$	$68,8 \pm 1,0$
<i>Charybdis cruciata</i>	1	53,6	—0,13	$0,26 \pm 0,01$	$4,8 \cdot 10^{-3}$	$68,1 \pm 2,1$

ветствует такому нектобентосных и бентосных ракообразных из других групп [3].

Основным фактором, определяющим плавучесть ракообразных, является состояние панциря, его наличие или отсутствие. Так, потеря тяжелого экзоскелета в ходе линьки у *Porcellana platycheles* (Galatheidae) влечет за собой повышение плавучести на 94% (от —0,22 до —0,01) [12].

Изучение панцирей крабов-портунид показало, что свойственные этим крабам низкие величины плавучести обусловлены значительной толщиной их панцирей и высоким содержанием кальцитов в них.

В то же время в ряду крабов-портунид *Carcinus* — *Macropirus* — *Portunus* — *Charybdis*, дающем весь спектр перехода от типично бентосных неплавающих форм (*Carcinus*) к активноплавающим (*Charybdis*), толщина панцирей как в абсолютном, так и относительном выражении уменьшается. Это сопровождается повышением плавучести. Содержание кальцитов в панцирях крабов указанного ряда изменяется (за исключением *Macropirus*) аналогично. Максимальное их количество характерно для бентосного *Carcinus*, минимально для плавающих форм — нектобентосного *Portunus* и пелагического *Charybdis* (таблица).

По данным Х. К. Бадави [10], содержание жира в теле *Portunus pelagicus* составляет 0,6, воды — 86%, что значительно ниже аналогичных величин для планктонных животных. Известно, что крабы-плавунцы рода *Charybdis* способны без движений дрейфовать, раскинув переоподы, на поверхности воды ([13], наши наблюдения), образуя долговременные (3—4 мес) скопления в верхних слоях (0—10 м) пелагиали [11].

Суточные наблюдения за поведением крабов-плавунцов вида *Charybdis cruciata* в аквариуме на борту судна, а также опыты с бентосным *Carcinus mediterraneus* в условиях лаборатории подтвердили результаты натурных наблюдений. Крабы-плавунцы *Charybdis* зависали с раскинутыми переоподами на поверхности и в толще воды в гидролотке, оставаясь в такой позе длительное время (от 3 до 85 мин). На кинограмме можно видеть, что переоподы 5-й пары неподвижны, что исключает возможность активной коррекции отрицательной плавучести. Зависание объекта в момент киносъемки свидетельствует о его нейтральной плавучести. Такое резкое повышение плавучести (от —0,13 до 0,00) может произойти благодаря включению в объем тела краба известного количества газа. Эта гипотеза получила фактическое подтверждение в опытах с бентосным крабом *Carcinus mediterraneus*. При определении средней плотности этого краба было отмечено, что если операции «взвешивание в воде» предшествовало «взвешивание в воздухе», а пребывание в воздухе длилось 2—3 мин, то в экспериментальном сосуде краб не тонул, оставаясь на поверхности воды в позе, характерной для *Charybdis cruciata*. Очевидно, его плавучесть при этом

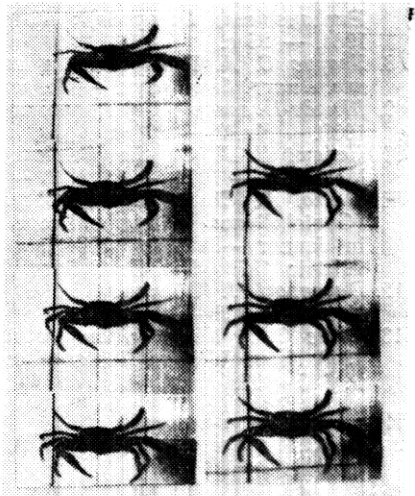
была положительной или нейтральной. Резкий скачок плавучести краба был вызван накоплением определенного количества газа во время пребывания в воздушной среде; после погружения в воду, при повороте его тела фронтальной плоскостью к поверхности воды, из ротовой полости из-под бранхиостегитов панциря выделялись пузырьки воздуха, количество которых зависело от длительности пребывания на воздухе. После этого краб опускался на дно сосуда.

При вскрытии карапаксов *Carcinus mediterraneus* пузырьки газа в теле крабов обнаружены в жевательном желудке и жаберных полостях, образованных бранхиальными областями панциря и его бранхиостегитами.

В природе поступление газа в тело крабов-плавунцов происходит, возможно, при достижении поверхности воды во время вертикальных миграций. Желудок, по-видимому, заполняется газом при активном заглатывании атмосферного воздуха, тогда как в жаберные полости пузырьки газа поступают пассивно с током воды в щели между бранхиостегитами панциря и туловищем краба при нахождении его в контакте с поверхностью воды. Указанный способ регуляции плавучести, однако, нельзя считать универсальным, поскольку размах вертикальных миграций крабов-плавунцов достаточно велик и при всплытии к поверхности воды им приходится преодолевать определенные расстояния, имея отрицательную плавучесть.

Закключение. Изучение плавучести крабов сем. Portunidae показало, что ослабление экологической связи с субстратом в ряду *Carcinus* — *Macropus* — *Portunus* — *Charybdis* сопровождается повышением плавучести. Однако в целом плавучесть портунид является резкоотрицательной, что обусловлено значительной толщиной панцирей и высоким содержанием в них кальцитов. Этим фактически подтверждается мнение К. Шмидта-Ниельсена [9] о том, что плавающие крабы не пошли далеко по пути уменьшения массы своего тяжелого экзоскелета. Отмеченный в настоящей работе механизм регуляции плавучести крабов, по-видимому, не может решить проблему компенсации остаточного веса.

Поэтому основным направлением экоморфогенеза крабов-портунид следует считать формирование эффективной локомоторной системы и совершенствование гидродинамики корпуса [6, 7]. В этом случае, согласно Ю. Г. Алееву [1], общая конструкция тела гидробионтов должна адаптироваться к созданию вертикальных сил, поддерживающих организм во взвешенном состоянии в толще воды.



Кинограмма зависания краба-плавунца *Charybdis cruciata* в толще воды в гидрлотке (скорость киносъемки 24 кадра/с)

1. Алеев Ю. Г. Экоморфология. — Киев: Наук. думка, 1986. — 424 с.
2. Алеев Ю. Г., Хворов С. А. Возрастные изменения средней плотности тела и плавучести *Daphnia magna* Straus и *Cyclops strenuus* (Fisch.) // Гидробиол. журн. — 1980. — 16, № 2. — С. 31—35.
3. Алеев Ю. Г., Хворов С. А. Плавучесть как функция жизненных форм гидробионтов // Там же. — 1985. — 21, № 6. — С. 24—28.
4. Александр Р. Биомеханика. — М.: Мир, 1970. — 339 с.
5. Грезе И. И. О количестве хитина и кальцита в панцирях бокоплавов (Amphipoda, Gammaridae) // Зоол. журн. — 1967. — 46, № 11. — С. 1655—1658.
6. Игнатьев С. М. Некоторые гидродинамические аспекты функциональной морфологии краба-плавунца *Macropus holsatus* Fabricius (Decapoda) // Экология моря. — 1983. — Вып. 12. — С. 83—89.
7. Игнатьев С. М. Функциональная морфология локомоции Eucarida (Crustacea,

- Euphausiacea, Decapoda): Автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Севастополь, 1984. — 25 с.
8. Хворов С. А. Плавучесть и гидростатические адаптации планктона: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Севастополь, 1985. — 26 с.
 9. Шмидт-Нильсен К. Физиология животных: Приспособления и среда. — М.: Мир, 1982. — Кн. 2. — 384 с.
 10. Badawi H. K. On the chemical composition of the red crab *Portunus pelagicus* // Mar. Biol. — 1971. — 11, N 3. — P. 198—200.
 11. Daniel A., Chakrapany S. Observations on the deep sea portunid crab *Charybdis* (*Goniohellenus*) *edwardsi* Leene and Buijndijk 1949 in the northern Arabian Sea in January—February 1974 and off the Madras coast during January to March 1976 to 1979 // Rec. Zool. Surv. Indian. — 1984. — 81, N 1/2. — P. 101—108.
 12. Davenport J. Buoyancy in *Porcellana platycheles* // Mar. Biol. — 1972. — 17, N 4. — P. 308—310.
 13. Losse G. F. Notes on the portunid crab *Charybdis edwardsi* Leene and Buijndijk, 1949, from Western Indian Ocean // Journ. Natur. Hist. — 1969. — 3, N 3. — P. 145—152.

Ин-т биологии юж. морей

им. А. О. Ковалевского АН УССР, Севастополь

Получено 30.10.87

S. A. KHVOROV

BUOYANCY AND HYDROSTATIC ADAPTATIONS OF CRABS OF THE FAMILY PORTUNIDAE (DECAPODA)

Summary

It is established that weakening of ecologic connection with a substrate in the series *Carcinus*-*Mactopipus*-*Portunus*-*Charybdis* is accompanied by heightening of buoyancy. But as a whole buoyancy of Portunidae is sharply negative which is due to the considerably thick shells and high content of calcites in them. That is why formation of efficient locomotor system and improvement of body hydrodynamics should be considered the main direction of Portunidae ecomorphogenesis.

УДК 591.148.1:577.472(26)

П. В. ЕВСТИГНЕЕВ

О РАЗДРАЖИМОСТИ НЕКОТОРЫХ ПЛАНКТОННЫХ БИОЛЮМИНЕСЦЕНТОВ

Существование планктонных организмов проходит на фоне многочисленных взаимодействий со средой через посредство тех или иных внешних стимулов, основное место среди которых занимают механические или тактильные. Соотношение уровня организации планктона, его характерных поведенческих характеристик и реакции на различные внешние стимулы позволяют полнее представить место данного вида в структуре межорганизменных связей каждого конкретного биоценоза. Особый интерес представляет выяснение соподчиненности в спектре различных внешних раздражителей, вызывающих качественно разные реакции организма, например двигательные и биолюминесцентные. Методика количественной оценки раздражимости изолированных тканей хорошо известна [5, 6, 7]. Имеется ряд работ, характеризующих параметры раздражения, запускающего биолюминесцентную реакцию, выполненных, как на препаратах [9], так и на интактных формах [1, 2, 4]. Однако, как отмечалось [7], сопоставление получаемых характеристик крайне затруднительно из-за различий в методических подходах, особенностях вводимых электродов, их взаимном удалении друг от друга, физиологического состояния экспериментального материала и др.

Данная работа посвящена исследованию и сравнительной оценке характерных черт раздражимости у ряда планктонных организмов, достаточно отдаленных в систематическом отношении. При этом проана-