

ПРОВ. 1265

ПРОВ 98

АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНСКОЙ ССР
ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ ЮЖНЫХ МОРЕЙ
им. А. О. КОВАЛЕВСКОГО

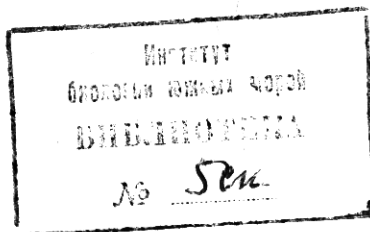
БИОЛОГИЯ МОРЕЯ

РЕСПУБЛИКАНСКИЙ
МЕЖВЕДОМСТВЕННЫЙ СБОРНИК

Основан в 1965 г.

Выпуск 39

ВОПРОСЫ ГИДРОБИОЛОГИИ ПЕЛАГИАЛИ
И ПРИБРЕЖНЫХ ВОД
ЮЖНЫХ МОРЕЙ



Ю. А. Загородняя, Л. С. Светличный

СУТОЧНАЯ ДИНАМИКА УДЕЛЬНОГО ВЕСА И ВЕРТИКАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ PSEUDOCALANUS ELONGATUS (BOECK)

Удельный вес планктонных организмов наряду с такими факторами, как свет, распределение фитопланктона, а также температура, давление, соленость воды, в какой-то мере может влиять на скорость суточных вертикальных миграций [1, 9]. Вполне естественно предположить, что рачки при опускании могут иметь больший удельный вес, чем при подъеме, что было бы выгоднее с точки зрения энергетических затрат. Поэтому задачей настоящей работы являлось изучение суточной динамики удельного веса и выяснение ее связи с вертикальными миграциями копепода у такого типичного черноморского мигранта, как *Pseudocalanus elongatus*.

Вертикальные миграции *P. elongatus* определяли по средней глубине обитания рачков, которую находили по данным их вертикального распределения на суточной станции [3].

Удельный вес определяли по скорости пассивного погружения рачков в эксперименте. Животных отбирали из проб, взятых на суточной станции, отмывали от формалина в морской воде и измеряли под биноклем. Затем для определения скорости пассивного погружения рачков переносили в стеклянную трубку (диаметр 7 мм, длина 20 см), заполненную морской водой и устанавливавшуюся в большом аквариуме, в котором температура воды замерялась при проведении каждого опыта. Изменения температуры воды были небольшими, от 19 до 21°С. Плотность морской воды, заливаемой в трубку, определялась ареометром, при этом учитывалась температурная поправка [4]. Отмечалась ориентация рачков при погружении. Как правило, рачки со сложенными антеннами опускались головой вниз, а с расправленными — абдоменом. В каждом опыте значение скорости для отдельной особи, получаемое как среднее из трех наблюдений, находили по времени прохождения рачками расстояния 10 см. Отсчет времени начинался после того, как рачки проходили расстояние 3—4 см, при котором устанавливалась скорость погружения. Так как при сложенных и расправленных антеннах скорости погружения различны, то это учитывалось при нахождении удельного веса через коэффициент общего гидродинамического сопротивления ξ . Этот коэффициент зависит от числа Рейнольдса и ориентации рачков при погружении.

Число Рейнольдса определяется формулой $Re = \frac{vd}{\nu}$, где ν — вязкость морской воды, которая при температуре опыта 20°С равна $0,01 \frac{\text{см}^2}{\text{сек}}$; d — наибольшая ширина цефалоторакса, см; v — скорость погружения, см/сек. Величину ξ находили по графику ее связи с Re ($\xi_0 = \frac{228,5}{Re^{0,971}}$ при расправленных и $\xi_0 = \frac{169}{Re^{0,972}}$ при сложенных антеннах), полученному для моделей рачков, изготовленных из дерева при увеличении 1×30. Использование этих моделей для получения ξ описано ранее [11].

При нахождении ξ учитывалось влияние граничащей поверхности стенки трубки через поправку $K_s = 1 + 2,1 \frac{d}{D}$ [8], где d — наибольшая ширина цефалоторакса рачка, мм; D — диаметр поперечного сечения

трубки, мм. Отсюда коэффициент общего гидродинамического сопротивления $\xi = K_v \xi_0$.

Удельный вес рачков определяли по формуле [10]

$$\gamma = \gamma_0 \left(1 + \xi \frac{\pi v^2}{8glK_v} \right),$$

где γ_0 — удельный вес жидкости в трубке, г/см³; g — ускорение свободного падения, см/сек²; l — длина рачков, см; K_v — коэффициент объемного наполнения, связывающий линейные размеры рачков и их объем, который при общей длине у *P. elongatus* равен 0,495; v — скорость пассивного погружения рачков, см/сек.

В статье использованы результаты измерений удельного веса у 281 особей *P. elongatus*. Проведена статистическая обработка результатов при уровне значимости 0,05.

Изучение суточной динамики удельного веса проводилось на фиксированном материале, поэтому в начале работы необходимо было выяснить вопрос о влиянии фиксации формалином на удельный вес рачков. Для этого живых рачков обезживали слабым подогреванием в капле воды и определяли их удельный вес по скорости пассивного погружения. После опыта рачков фиксировали 4%-ным формалином и определяли их удельный вес повторно. В таблице приведены полученные результаты, из которых видно, что удельный вес рачков при фиксации не изменяется.

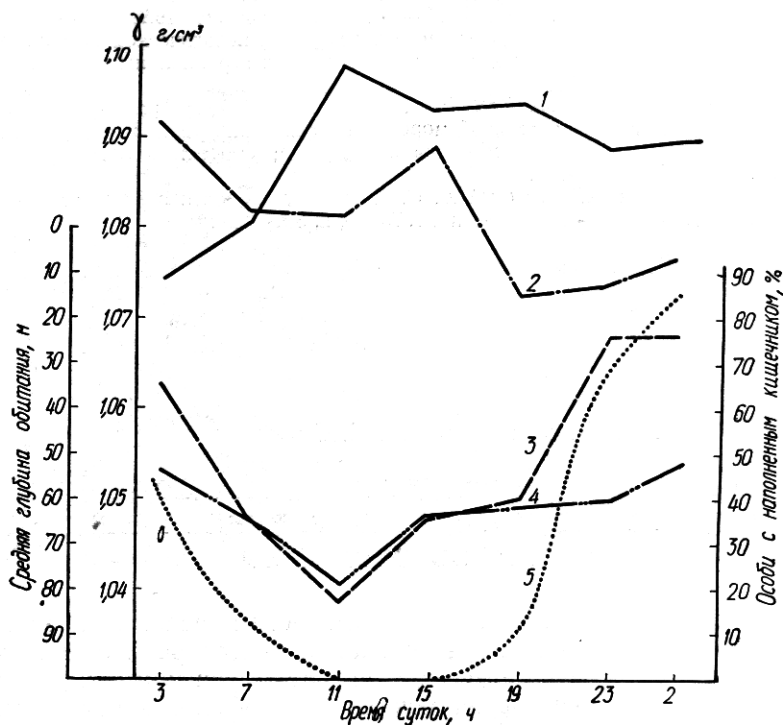
Удельный вес нефиксированных и фиксированных рачков

Стадия развития, пол	n	Удельный вес рачков, г/см ³	
		нефиксированных	фиксированных
У копепоидиты	16	1,0761 ± 0,0088	1,0808 ± 0,0097
Самцы	3	1,0846 ± 0,0156	1,0728 ± 0,0215

Обнаруженные суточные изменения удельного веса самок и самцов *P. elongatus* и средняя глубина обитания рачков в разное время суток отражены на рисунке. Максимальный удельный вес самок отмечен в дневное время, когда они находились на глубине. С началом подъема в вышележащие слои в вечернее время удельный вес рачков уменьшается. Минимальный удельный вес отмечен ночью (2—3 ч), когда рачки находились в верхних слоях. После 3 ч начинается миграция рачков вниз, удельный вес увеличивается. У самцов наибольший удельный вес обнаружен в 3 и 15 ч, минимальный — в темное время суток, когда они поднялись вверх. Суточные изменения удельного веса более существенны у самок (от 1,0745 ± 0,0266 до 1,0978 ± 0,0087), чем у самцов (от 1,0727 ± 0,0045 до 1,0912 ± 0,0053), у которых амплитуда миграций на этой станции меньше, чем у самок.

Средний суточный удельный вес *P. elongatus* равнялся у самок 1,0901 ± 0,0026 ($n=147$) и у самцов 1,0798 ± 0,0022 ($n=115$). При этом, по предварительным данным, величина удельного веса в пределах исследованной размерной группы (длина самок 1,10—1,30, самцов — 0,96—1,03 мм) не зависела от линейных размеров рачков. Что касается суточного изменения удельного веса *P. elongatus* и связи этого явления с их вертикальными миграциями и питанием, то возможно следующее объяснение. У самок обнаружен суточный ритм питания с более интенсивным потреблением пищи в ночное время [2—3], когда часть энергии, по-видимому, аккумулируется в виде запасных веществ. Известно, что у совершающих активные вертикальные миграции копепод, наиболее существенным запасным веществом являются липиды, которые интенсивно

откладываются в виде капельного жира во время питания и затем используются при миграции [5—7]. Можно предположить, что самки *P. elongatus* при питании также накапливают липиды, что ведет к уменьшению их удельного веса. Минимальный удельный вес самок отмечен ночью, когда они интенсивно питались [3]. С началом вертикальной миграции вниз питание рачков ослабевает, запасы липидов, по-видимому, начинают расходоваться на спуск, что должно, как следует из данных



Удельный вес, средняя глубина обитания и количество особей с наполненным кишечником в разное время суток:

1 — удельный вес самок, 2 — удельный вес самцов, 3 — средняя глубина обитания самок, 4 — средняя глубина обитания самцов, 5 — количество самок с наполненным кишечником.

наблюдений, сопровождаться увеличением удельного веса. Вечером, по мере подъема, самки, начиная питаться, постепенно восстанавливают запасы липидов, что ведет к уменьшению их удельного веса. Именно такой ход изменений содержания липидов установлен прямыми наблюдениями [6—7] у черноморского *Calanus helgolandicus*, который по экологии очень близок к *P. elongatus*. Это подтверждает предположение, что причина суточных изменений удельного веса *P. elongatus* заключается в динамике жиронакопления, связанной с ритмом питания.

Соответствие между суточным изменением удельного веса и вертикальными миграциями и питанием, наблюдаемое у самок *P. elongatus*, не обнаружено у самцов, которые тоже мигрировали, но не питались на той же суточной станции. Поэтому, чтобы подтвердить предположение о существовании других причин изменения удельного веса рачков, необходимы дальнейшие исследования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Виноградов М. Е. Вертикальное распределение океанического зоопланктона. М., «Наука», 1968, 320.
2. Делло Е. П. О суточном ритме в питании *Pseudocalanus elongatus* (Boeck). — Труды Севаст. биол. ст., XV, 1964, 94—100.

3. Загородняя Ю. А. Питание и миграции черноморского *Pseudocalanus elongatus* (Воеск) в зимний период.— Гидробиол. журн., 10, 5, 1974, 49—56.
4. Зубов Н. Н. Океанологические таблицы. Л., Гидрометеиздат, 1957, 406.
5. Петипа Т. С. О жировом обмене у *Calanus helgolandicus* (Claus) в экспериментальных условиях.— ДАН СССР, 1955, 2, 1964, 470—473.
6. Петипа Т. С. Суточный ритм расхода и накопления жира у *Calanus helgolandicus* (Claus) в Черном море.— ДАН СССР, 156, 2, 1964, 1440—1443.
7. Петипа Т. С. Суточный ритм в питании и суточные рационы *Calanus helgolandicus* (Claus) в Черном море.— Труды Севаст. биол. ст., XV, 1964, 69—93.
8. Рауэ Х. Механика жидкостей. М.—Л., Госэнергоиздат, 1958, 192—193.
9. Рудяков Ю. А. Скорость пассивного погружения пелагической остракоды *Cypridina sinuosa* (G. W. Muller) в связи с явлением суточных вертикальных миграций.— Океанология, 1972, 12, 5, 926—928.
10. Степанов В. Н., Светличный Л. С. Динамический метод расчета некоторых параметров, связанных с биоэнергетикой морских пелагических ракообразных.— Тез. симп. «Гидробиология и биогеография шельфов холодных и умеренных вод мирового океана», Л., «Наука», 1974, 126—127.
11. Степанов В. Н., Светличный Л. С. К расчету скорости пассивного погружения планктонных организмов.— Океанология, 1975, 15, 2, 321—324.

Институт биологии
южных морей АН УССР
им. А. О. Ковалевского

Поступила в редколлегию
28.V 1975 г.

УДК 578.087.8

В. Н. Степанов, Л. С. Светличный

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ НА МОДЕЛЯХ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ COPEPODA

Изучение Copepoda в гидродинамическом аспекте представляет большой интерес в связи с возможностью достоверной оценки эффективности движения, энергетических затрат и решения многих других вопросов биоэнергетики и функциональной морфологии мелких морских животных. Первой основной задачей является при этом определение закономерностей изменения гидродинамического сопротивления при различных режимах движения. Коэффициент гидродинамического сопротивления ξ , обычно используемый в безразмерной форме, прямо или косвенно связан с определением скорости активного и пассивного движения, удельного веса и объема отдельной особи (по скорости погружения или всплытия в жидкости с известными удельным весом и вязкостью) и других характеристик.

Следовательно, корректность расчетов многих физических характеристик копепод зависит от того, насколько обоснованно задаются параметры их гидродинамического сопротивления.

Исследований по сопротивлению движению копепод выполнено крайне мало. Можно отметить работы В. В. Шулейкина и его сотрудников [5] и У. Влимэна [6].

В [5] сделана оценка сопротивления моделей примерно соответствующих форме цефалоторакса *Paracalanus* и *Centropages*.

В [6] по результатам киносъемки активного движения *Labidocera trispinosa* получена эмпирическая формула сопротивления в зависимости от чисел Рейнольдса (Re). Результаты этих работ близки между собой. Фактически этими работами и ограничиваются специальные исследования сопротивления движению копепод.

В данной работе ставится задача методами гидродинамического моделирования изучать закономерности изменения гидродинамического сопротивления при движении шести видов копепод: *Calanus helgolandicus*, *Rhincalanus cornutus*, *Paracalanus parvus*, *Oithona nana*, *Acartia clausi*, *Centropages ponticus*.