

АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНСКОЙ ССР

ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ ЮЖНЫХ МОРЕЙ ИМ. А. О. КОВАЛЕВСКОГО

ISSN 0203—4646

ЭКОЛОГИЯ МОРЕЯ

1871



33

1989

ВЛИЯНИЕ КОЛИЧЕСТВА И КАЧЕСТВА ПИЩИ НА ЗООПЛАНКТОН

УДК 595.341.1:577.3

Т. С. ПЕТИПА, Н. А. ОСТРОВСКАЯ НОВЫЙ СПОСОБ ОЦЕНКИ АКТИВНОГО ОБМЕНА И ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ХИМИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ НА МИГРАЦИЮ У КОПЕПОД¹

Тип плавания организмов определяет уровень их энергетических расходов, поэтому изменение скорости движения в активной фазе влияет на величины затрат энергии на механическую работу. Нами было оценено количество энергии, соответствующее механической работе, совершаемой рачком *Calanus helgolandicus* (Claus) в море во время интенсивных вертикальных миграций. Для этой цели применяли два способа расчета с использованием некоторых гидродинамических коэффициентов: в первом случае было принято, что движение при миграции периодически-равномерное, во втором (что более соответствует действительности) — периодически-неравномерное. В обоих способах расчета учтена гипотеза о механизме миграций копепод. По данной гипотезе непрерывный спуск рачков в нижние слои или подъем в верхние осуществляется за счет постепенного наращивания в активной фазе движения (т. е. между остановками) числа и интенсивности комплексных актов гребли. Эта гипотеза ускоренного гребкового плавания вытекает из результатов полевых наблюдений и материалов высокоскоростной киносъемки движения копепод в лабораторных условиях [2]. Нами был рассмотрен случай вертикальной миграции калануса (спуск в нижние слои) с максимальными амплитудой и скоростью, выбранный из серии непрерывных в течение суток наблюдений за вертикальным распределением копепод, проведенных в 1975 г. в Черном море. Перед началом спуска, или миграцией вниз, рачки V и VI копепоидитных стадий на 98—100% численности находились в верхних слоях — от 0 до 13—30 м. Глубже (30—120 м) они или отсутствовали, или их количество было ничтожно мало.

Характер изменения скоростей периодически-непрерывного ускоренного плавания в активной фазе, т. е. каждого комплексного акта гребли, по материалам киносъемки 500 кадров·с⁻¹, возрастает от 6,5 до 125 см·с⁻¹ [2, 3].

Уравнение полной работы при плавании на каждом участке (второй способ) имеет вид

$$A = ma(L_k - L_n + 13,837 \rho S \left(\frac{l}{v}\right)^{-0,58} \frac{v_k^{3,44} - v_n^{3,44}}{a}.$$

Здесь ускорение a и продолжительность движения T_a , необходимая для вычисления a , — расчетные величины и находятся в данном случае по формулам

$$T_a = \frac{2L}{v_k - v_n}; \quad a = \frac{v_k - v_n}{T_a},$$

где L_n и L_k — начальные и конечные точки пути; v_n и v_k — начальные и конечные величины скорости; m — масса тела; S — площадь наибольшего поперечного сечения тела; ρ — плотность воды; v — кинема-

¹ Полный текст статьи опубликован [3].

тическая вязкость воды. При первом способе ν постоянно в активной фазе и формула расчета упрощается.

При обоих способах расчета абсолютная энергия механической работы копеподитов *S. helgolandicus* стадии V за время миграции (13 мин; 2,81 мин активного движения) выражается соизмеримыми величинами; в первом случае — $13,2 \cdot 10^{-4}$ кал·экз.⁻¹, во втором — $20,92 \cdot 10^{-4}$ (средняя сырая масса тела 0,631 и 0,145 мг сухого вещества, размер 0,3 см). Эти величины в 5—10 раз выше рассчитанных [1] для случая равномерного движения калянус с постоянной скоростью $12 \text{ см} \cdot \text{с}^{-1}$ и без остановок.

Коэффициент полезного действия при переходе химической энергии в «механическую» работу во время гребкового плавания копепод рассчитан при использовании данных прямой оценки расхода вещества тела (углерода и сухой массы) у рачков в море при миграции [2]. Эта оценка сделана по тем же материалам, по которым описывалась миграция копепод (второй случай).

Во время миграции вещество тратится равномерно и потери углерода и сухой массы в энергетических единицах составляют в среднем $0,00202 \text{ кал} \cdot \text{м}^{-1}$ в каждом из слоев миграции. Следовательно, можно определить, сколько энергии расходуется только за время активной работы конечностей, или активного движения (2,81 мин), если за весь период миграции полный расход вещества, или общий обмен, равен 0,19 кал.

Аналогичным путем могут быть рассчитаны затраты энергии на стандартный обмен (который близок к основному) за то же время активного движения в каждом слое. Разность между общим и основным (или стандартным) обменом за те же промежутки времени представляет собой активный обмен за время работы конечностей рачков в период активного плавания. За весь путь активного движения он равен $408,5 \text{ кал} \cdot 10^{-4} \cdot \text{экз.}^{-1}$.

Затраты энергии на «механическую» работу, вычисленные по приведенной формуле (второй способ) и выраженные в процентах активного обмена, представляют КПД перехода химической энергии в «механическую». Рассчитанный таким образом во время миграции копепод в море КПД изменялся от 2,5 до 10% для отдельных слоев (в среднем 5,2%). Это вполне реальные и далеко не низкие величины, которые наблюдаются и у других организмов.

Сопоставление полученного максимального активного обмена у *S. helgolandicus* со стандартным подтверждает прежние наши выводы: активный обмен за время активной работы конечностей при миграции превышает стандартный в 604 раза, а общий обмен с учетом спуска и подъема во время миграции и остановок выше стандартного за сутки в 12 раз. Рачки, обитающие в верхних и нижних слоях в периоды между миграциями, имеют обмен не выше стандартного.

1. Кляшторин Л. Б. Два разных подхода к оценке энерготрат планктонных ракообразных при вертикальных миграциях // Океанология. — 1984. — 24, вып. 5. — С. 825—830.
2. Петипа Т. С. Трофодинамика копепод в морских планктонных сообществах. — Киев: Наук. думка, 1981. — 242 с.
3. Петипа Т. С., Островская Н. А. Оценка активного обмена и эффективности использования химической энергии на миграцию у копепод // Океанология. — 1984. — 24, вып. 5. — С. 836—842.

Ин-т биологии юж. морей
им. А. О. Ковалевского АН УССР, Севастополь

Получено 28.07.87

A NEW WAY FOR ESTIMATING ACTIVE EXCHANGE AND EFFICIENCY OF CHEMICAL ENERGY USE IN MIGRATION OF COPEPODS

Summary

It is shown that the values of energy expenditures on mechanical work in the course of swimming depend on the information concerning the character of the movement speed changes in the active phase.

The method of direct evaluation of energy expenditures as the loss of dry matter or carbon in copepods during vertical migrations makes it possible to evaluate correctly the coefficients of transformation of chemical energy into the mechanical work.

УДК 591.542.12:591.13:546.79(26)

Т. В. ПАВЛОВСКАЯ, А. Я. ЗЕСЕНКО

ИЗУЧЕНИЕ ТРОФИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МЕЗОЗООПЛАНКТОНА В УСЛОВИЯХ. БЛИЗКИХ К ПРИРОДНЫМ¹

Обсуждается новый количественный метод оценки скорости потребления, времени переваривания природного планктона и элементов пищевого баланса у мезозoopланктона с использованием радионуклидов фосфора. Эксперименты проводились в специально разработанной проточной системе с природной морской водой и планктоном со скоростью $0,5 \text{ л} \cdot \text{ч}^{-1}$ при добавлении стабильного фосфора и антибиотиков. Высокая чувствительность метода позволила на отдельных особях выяснить избирательность питания зоопланктонов, их роль в выедании и трансформации вещества, а также регенерации минерального фосфора. Изучали роль микропланктона (бактерио-, фито-, микрзоопланктона) в питании массовых взрослых копепоид из приэкваториальных районов Индийского и Атлантического океанов. Показано, что в районах с концентрацией фито- и бактериопланктона $0,2\text{--}3,0 \text{ мкг Р} \cdot \text{л}^{-1}$ копепоиды размером $2,2\text{--}3,6 \text{ мм}$ потребляли $0,03\text{--}0,7\%$ массы тела $\cdot \text{сут}^{-1}$. Мелкие копепоиды (до $0,8\text{--}1,5 \text{ мм}$) потребляли эту фракцию планктона в количестве до $3\text{--}10\%$ массы тела $\cdot \text{сут}^{-1}$. По мере увеличения содержания фосфора в микропланктоне скорость его потребления повышалась. Максимальные значения суточных рационов (до $80\text{--}100\%$ массы тела) отмечены в прибрежных районах при содержании фосфора в микропланктоне $10\text{--}20 \text{ мкг} \cdot \text{л}^{-1}$. В низкопродуктивных районах океана основу рациона копепоид составлял зоопланктон размером до 1 мм . При изменении концентрации последнего от $0,04$ до $0,16 \text{ мкг Р} \cdot \text{л}^{-1}$ интенсивность питания животных возрастала от 2 до 50% массы тела $\cdot \text{сут}^{-1}$. При изучении пищевого баланса ряда копепоид отмечена высокая степень утилизации ($70\text{--}80\%$) микропланктона. Дана оценка его суточного выедания популяциями массовых видов мезозoopланктона в исследуемых акваториях.

Ин-т биологии юж. морей
им. А. О. Ковалевского АН УССР, Севастополь

Получено 12.01.86

¹ Полный текст статьи опубликован в кн. «Экологические системы в активных динамических зонах Индийского океана». — Киев: Наук. думка, 1986, гл. 9.