

ЭКОЛОГИЯ МОРЕЯ



26

1987

ТЕМПЕРАТУРНЫЕ ЗАВИСИМОСТИ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

УДК 595.3 591.12.383

Г. И. АБОЛМАСОВА

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ ОБМЕНА И СКОРОСТЬ РОСТА ИЗОПОДЫ *SPHAROMA SERRATUM FABR.*

Исследовано действие температуры на скорость роста и обмена у изоподы *Sp. serratum Fabr.* — типичного обитателя прибрежной зоны морей Средиземноморского бассейна и восточного побережья Атлантического океана. В летне-осенний период в пределах узкой полосы на границе моря и суши численность и биомасса этих рачков достигают значительных размеров.

В Черном море в бухте Омега, вблизи Севастополя, по данным Е. Б. Маккавеевой [4], максимальная численность сфером составляла 400 экз./м². Благодаря большой численности и круглогодичному развитию локальных популяций этот вид должен играть важную роль в процессах круговорота вещества и энергии и определении продуктивности прибрежной зоны моря. Вместе с тем экология сфером в Черном море изучена недостаточно.

Материал и методика. Для опытов использовали животных, собранных в бухте Омега в период с января 1977 г. по апрель 1978 г. при температуре 5; 8; 15 и 23 °С. После сортировки животных помещали в константные температурные условия, поддерживаемые в камерах политермостата с регулируемой температурой ($\pm 0,5$ °С). Температура, при которой проводили опыты, соответствовала наблюдаемой в данный период в природе. Эксперименты проведены на животных с сырой массой тела 3,0 — 87 мг, установленной на аналитических весах с точностью 0,1 мг. Интенсивность дыхания измерена у 91 рачка методом замкнутых сосудов при экспозиции в течение 3—5 ч. В качестве респирометров использованы склянки объемом 100—120 мл, которые заполнялись предварительно отфильтрованной морской водой. Содержание кислорода в воде определяли методом Винклера. В конце опыта изменение содержания в воде кислорода составляло не более 30% исходного.

Скорость роста изучена при тех же температурах у рачков трех размерных групп со средней сухой массой тела, равной 1,82; 4,59; 13,18 мг. В качестве корма использовали водоросль *Enteromorpha intestinalis*. Рачков содержали индивидуально в стеклянных кристаллизаторах. Одновременно следили за ростом сфером всех возрастных групп, представляющих популяцию в данный момент в естественных условиях. Животных взвешивали сразу после первой и второй линек в экспериментальных условиях. Разница в массе тела давала величину прироста за межлиночный период. Продолжительность межлиночного периода у всех возрастных групп уменьшалась по мере повышения температуры. Всего исследовано 79 рачков.

Результаты и обсуждение. Полученные нами данные (рис. 1) описаны степенным уравнением $R = aW^b$, где R — скорость потребления кислорода животными данной массы; a — скорость потребления кислорода при массе рачка, равной единице; W — сухая масса тела животного, a и b — коэффициенты. Статистическая обработка данных приведена в табл. 1.

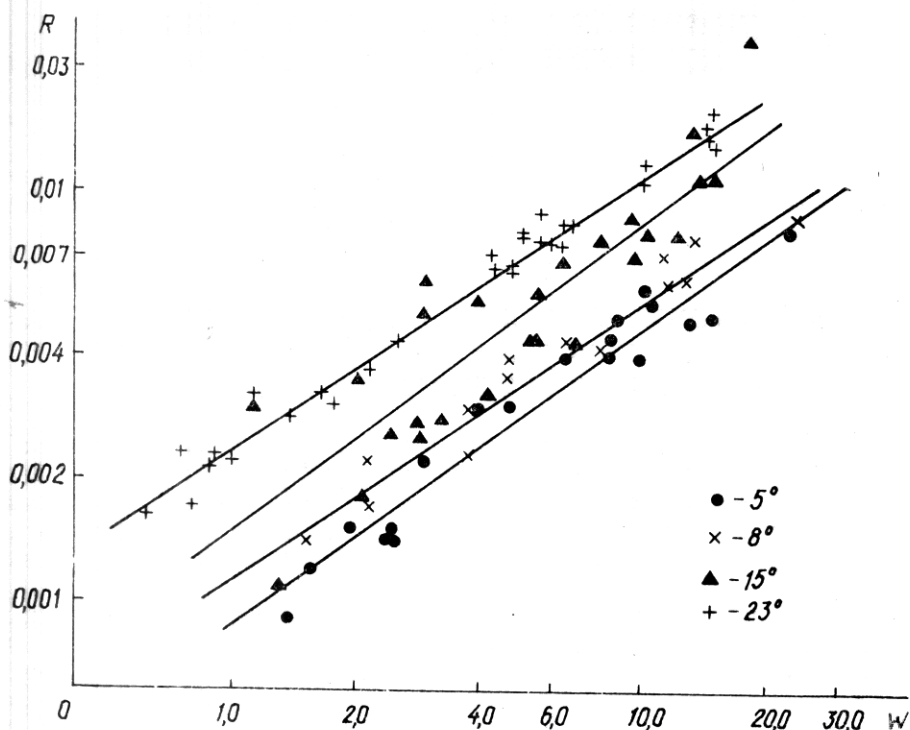


Рис. 1. Скорость обмена (R , мл $O_2 \cdot \text{экз.}^{-1} \cdot \text{ч}^{-1}$) сфером в зависимости от сухой массы тела (W , мг)

Полученные данные по скорости обмена сфером сопоставлены с имеющимися в литературе по дыханию этих животных. Так, по данным Е. Б. Маккавеевой [4], сферомы массой 2,2 мг при колебаниях температуры 21—24 °С расходует на дыхание за сутки 0,186 кал, по нашим данным, рачок с массой 2,5 мг при температуре 23 °С — 0,187 кал. Как видно, величины очень близкие. По данным Д. Шахтер [7], уравнение скорости потребления кислорода у *Sphaeroma hookeri* Leach. при температуре 20° в расчете на сухую массу (мг) имеет следующие значения: $R = 0,0031 \cdot W^{0,61}$. Наше уравнение при 23° $R = 0,0024 \cdot W^{0,69}$.

На основании экспериментальных данных по росту рассчитан среднесуточный абсолютный прирост сфером разного размера при исследуемых температурах:

$$\frac{W}{t} = \frac{W_2 - W_1}{t_2 - t_1},$$

где W — прирост, мг сухой массы тела; W_1 и W_2 — начальная и конечная сухая масса рачков, определяемая за соответствующий отрезок времени t_1 и t_2 .

Общий ход кривых суточного прироста сфером при 5,8 и 15° (рис. 2) повторяет закономерность, известную и для других ракообразных [1, 4]. Первоначально прирост возрастает, достигая максимума при сухой массе рачка 10—15 мг, а затем, с увеличением массы, падает. Величины же суточных приростов при высоких температурах почти не изменяются у трех размерных групп. Как видно (из данных рис. 2), с увеличением температуры суточные приросты повышались, за исключением $t = 23^\circ \text{C}$. У самых мелких рачков скорость роста была выше, чем у этой размерной группы при 15°, у второй и третьей размерных групп приросты не изменялись.

Суточная удельная скорость роста ($\bar{C}_w$) за период $(t_2 - t_1)$ рассчитана по формуле

Таблица 1. Значения параметров a и b и их стандартных отклонений S , передающих связь обмена (R , мл $O_2 \cdot \text{экз.}^{-1} \cdot \text{ч}^{-1}$) и массы тела (W , мг)

Масса тела, мг	t , °C	$\lg a \pm S \lg a$	$b \pm Sb$	$R = aW^b$	r	n
1,38—22,44	5	$-3,071 \pm 0,064$	$0,76 \pm 0,04$	$R = 0,00085 \cdot W^{0,76}$	0,972	19
1,49—23,32	8	$-2,945 \pm 0,050$	$0,70 \pm 0,04$	$R = 0,0011 \cdot W^{0,70}$	0,977	15
1,12—17,45	15	$-2,834 \pm 0,140$	$0,78 \pm 0,08$	$R = 0,0015 \cdot W^{0,78}$	0,877	26
0,61—14,27	23	$-2,621 \pm 0,038$	$0,69 \pm 0,02$	$R = 0,0024 \cdot W^{0,69}$	0,991	31

Примечание. W — сухая масса тела, n — количество измерений, r — коэффициент корреляции.

$$\bar{C}_w = \frac{\lg W_2 - \lg W_1}{(t_2 - t_1) 0,4343},$$

где W_1 и W_2 — сухая масса рачка соответственно до и после линьки, мг; $(t_2 - t_1)$ — межлиночный период, сут; 0,4343 — коэффициент для перевода в десятичные логарифмы.

Средняя удельная скорость роста для всего размерного диапазона животных находилась в пределах 0,002—0,0155 мг·сут при 5 °C, 0,005—0,013 — при 8 °, 0,015—0,053 — при 15 ° и 0,023—0,061 мг·сут⁻¹ при 23 °C.

Как видно из рис. 3, с увеличением температуры скорость роста сфером закономерно возрастает.

На основании полученных данных об обмене и росте сфером рассчитаны траты энергии на энергетический и пластический обмен для всех размерных групп. При температуре 5—8 °C (рис. 4) идет незначительное увеличение трат энергии на прирост у II и III размерных групп, что объясняется, вероятно, низкими температурными условиями, а первая младшая размерная группа даже снижает в это время свои приросты. При повышении температуры от 8 до 15 ° отмечается значительное увеличение затрат энергии на рост, в основном соматический, так как при этих температурах рачки еще не приступили к размножению. В интервале 15—23 ° у неразмножающейся группы траты на прирост возрастают, а у старшей II и III группы начинают снижаться. Это связано с тем, что, как указывает Е. Б. Маккавеева [4], при температуре 19,5 ° начинается массовое отрождение молоди, общий вес которой

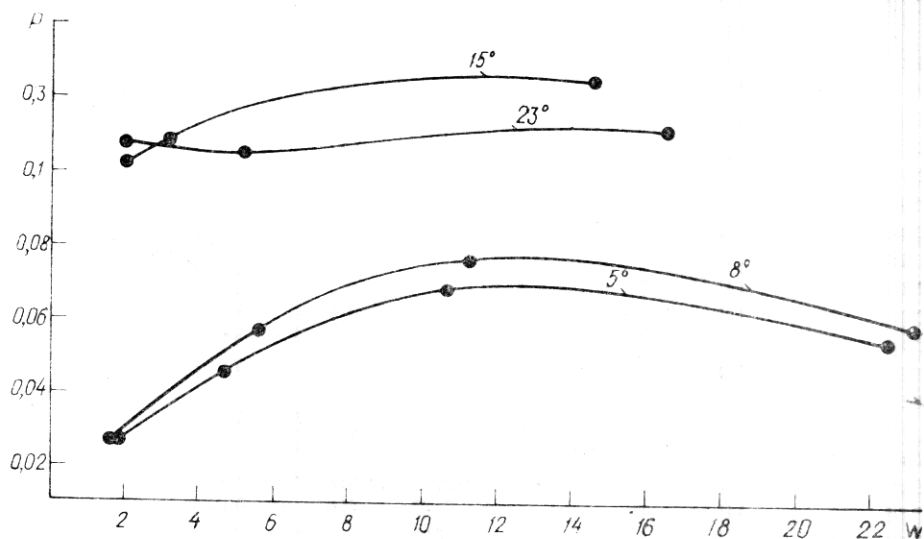


Рис. 2. Среднесуточный прирост (ΔW) сфером при 5, 8, 15 и 23 °C; W — сухая масса тела рачка, мг

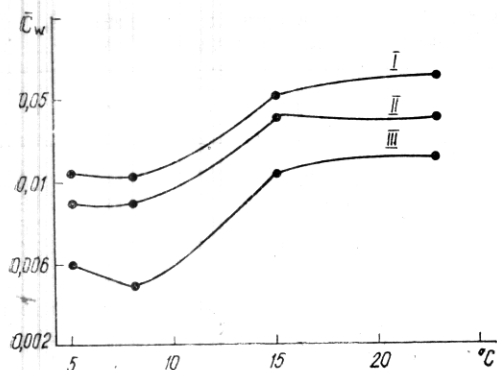


Рис. 3. Зависимость удельной скорости роста (C_w) сфером от температуры

ента роста (K_2). С повышением температуры от 5 до 15° идет увеличение K_2 и достигает при 15° своего максимума у I, II и III размерных групп: 0,53; 0,50 и 0,35 соответственно. Затем с увеличением температуры происходит снижение K_2 у II и III групп до 0,25 и 0,23 соответственно, а у I группы K_2 остается без изменения и составляет 0,53. Что касается снижения этого показателя с увеличением возраста животных, то, как и для целого ряда других видов ракообразных [2, 3], оно хорошо прослеживается при всех исследуемых температурах. Как видно из рис. 4, кривые K_2 повторяют характер кривых приростов (P).

Целью данной работы являлось изучение соотношения энергетического и пластического обменов на уровне особи. На основе имеющегося материала не представлялось возможным разделить величины прироста на генеративный и соматический. С учетом последнего, несомненно, следует ожидать значительного увеличения приростов, а также величины коэффициента K_2 .

Используя литературные данные [4, 6], мы сделали попытку рассчитать количество энергии, затраченной на генеративный рост самки. Е. Б. Маккавеева [4] отмечает, что взрослые формы про-

в момент выхода из марсупиальной сумки равен примерно половине или более массы самки. В связи с этим происходит перераспределение энергии пластического обмена: скорость соматического роста падает, и вся энергия идет на генеративный рост.

Траты на энергетический обмен увеличиваются с возрастанием температуры. Более плавное увеличение наблюдается у I и II групп, более резкое — у III размерной группы. Изменение соотношения прироста и трат на обмен определяет динамику коэффици-

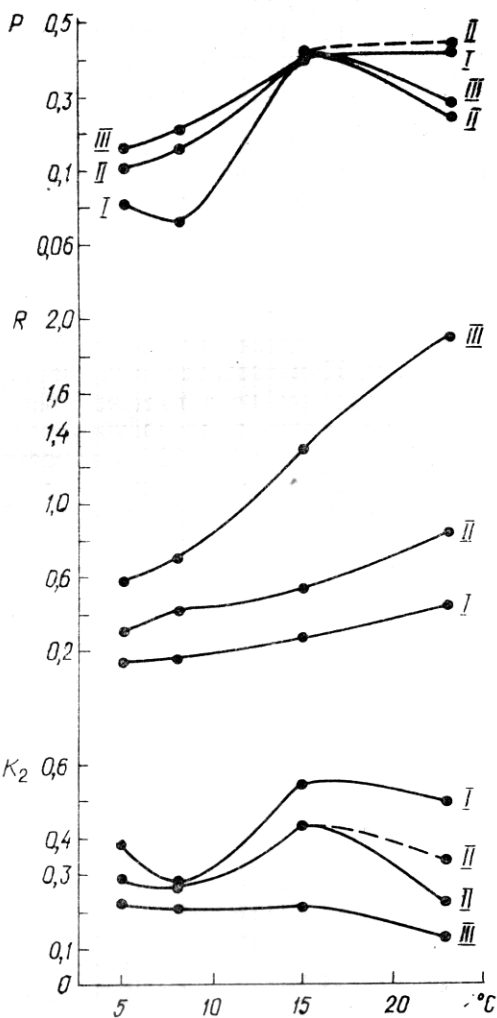


Рис. 4. Изменение прироста (P , кал·экз.⁻¹ × сут⁻¹), трат на обмен (R , кал·экз.⁻¹ × сут⁻¹) и эффективности роста (K_2) у трех размерных групп сфером от температуры. Пунктирная линия — K_2 у II размерной группы с учетом генеративной продукции

Таблица 2. Значения параметров m и p и их стандартных отклонений (S), передающих связь ассимилированной энергии ($A=P+R$, кал·экз.⁻¹·сут⁻¹) и массы тела (W , мг)

Масса тела, мг	Температура, °C	$\lg m \pm S \lg m$	$p \pm Sp$	r	$A=mWP$	n
0,98—22,44	5	$-0,818 \pm 0,043$	$0,638 \pm 0,055$	0,941	$A=0,152 \cdot W^{0,69}$	17
0,95—26,31	8	$-0,741 \pm 0,061$	$0,641 \pm 0,036$	0,966	$A=0,181 \cdot W^{0,68}$	23
0,91—20,31	15	$-0,391 \pm 0,115$	$0,682 \pm 0,082$	0,866	$A=0,407 \cdot W^{0,62}$	23
1,06—20,02	23	$-0,241 \pm 0,074$	$0,651 \pm 0,042$	0,924	$A=0,574 \cdot W^{0,48}$	16

Примечание. W — сухая масса тела, n — количество измерений, r — коэффициент корреляции.

шлогодней генерации к началу осени почти все отмирают. Основная масса самцов элиминирует с конца мая по июль. Это дает возможность предположить, что исследуемые нами рачки в диапазоне 15—23° были представлены самками. По данным Е. Б. Маккавеевой [4], перед выходом из марсупиальной сумки вес эмбрионов составляет 8,9 мг при массе тела самки 18,1 мг. Это приблизительно средняя масса особи нашей II размерной группы. Известно, что сухая масса эмбрионов составляет около 20% сырой, а их калорийность равна 5 кал·мг⁻¹ сухого вещества⁻¹. Эмбриональный период у сфером при температуре 15—23° составляет около 45 сут. Тогда траты энергии на генеративный рост в среднем у II размерной группы составляют 0,2 кал/сут. Суммируя величину соматического и генеративного роста для этой группы, получаем P , равный 0,49, что показано пунктиром на рис. 4. Если рассчитать K_2 для этой группы с учетом генеративной продукции, то он составит 0,36 вместо 0,22, рассчитанных без учета генеративного роста.

Полученные данные об обмене и росте сфером позволяют рассчитать зависимость величины ассимилированной энергии пищи (A) от массы тела у этих рачков при 5; 8; 15 и 23°C в данных условиях питания. Как известно, $A=P+R$, где A — ассимилированная энергия; P — прирост; R — траты на обмен, выраженные в энергетических единицах (кал·экз.⁻¹·сут⁻¹) и просуммированные для каждой температуры соответственно. При переводе трат на обмен и суточных приростов в единицы энергии оксикалорийный коэффициент был принят за величину 4,86 кал·мл O₂, а калорийность тела сфером — соответственно для каждой размерной группы и температуры¹. Калорийность варьировала от 2,52 до 3,48 кал·мг сухой массы тела, зольность составляла 31—40%, сухая масса от сырой — 25,5—31,2, в среднем 29%. Числовые значения зависимости величины ассимилированной энергии от массы рачков приведены в табл. 2. Разделив A на усвояемость, нетрудно рассчитать рационы животных. Зная численность и среднюю массу животных, уравнения такого типа можно использовать для расчета величины суточного потока энергии через популяцию рачков.

1. Аболмасова Г. И. Биология и баланс энергии некоторых видов крабов Черного моря: Автореф дис. ... канд. биол. наук. — Севастополь, 1971. — 24 с.
2. Ивлев В. С. О превращении энергии при росте беспозвоночных // Бюл. Моск. о-ва испытателей природы. Отд. биол. — 1938. — 47, № 4. — С. 267—277.
3. Ивлев В. С. Энергетический баланс карпов // Зоол. журн. — 1939. — 18, № 2. — С. 303—318.
4. Маккавеева Е. Б. Рост и продукция *Sphaeroma serratum* Fabr. в Черном море // Биология моря. — Киев, 1974. — Вып. 32. — С. 43—52.
5. Суценья Л. М. Элементы энергетического баланса амфибионтного бокоплава *Orchestia bottae* M. — Edw. (Amphipoda—Talitroidae) // Ibid. — Киев, 1968. — Вып. 15. — С. 52—70.
6. Хмелева Н. Н. Биология и энергетический баланс морских равноногих ракообразных. — Киев: Наук. думка, 1973. — С. 103—116.

¹ Калорийность и сухая масса тела сфером определены Л. Г. Дубилевич.

7. Schachter D. Etude comparative du metabolisme respiratoire de *Sphaeroma hookeri* Leach (Crustace, Isopoda) de la Durancole et des etangs mediterraneus // C. r. Acad. Sci. — 1974. — 259, N 2. — P. 44—67.

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

Получено
23.11.84

G. I. ABOLMASOVA

TEMPERATURE EFFECT ON THE METABOLISM INTENSITY AND GROWTH RATE OF ISOPODA — SPHAEROMA SERRATUM FABR.

Summary

Metabolism intensity and growth rate of *Sphaeroma serratum*, representative of Isopoda, inhabiting the Black Sea littoral zone, have been studied under the temperature (5, 8, 15 and 23°C) effect. Experiments were conducted on three dimensional groups with the average dry body weight 1.82, 4.59 and 13.18 mg. The energy metabolism rate/body weight equations are presented for four investigated temperatures. The absolute diurnal gain of sphaeromas, mean specific growth rate for the whole dimensional range of isopods, energy expenditures for the energy and plastic metabolism as well as the growth coefficient K_2 are calculated. The maximal value of K_2 at 15°C is marked.

УДК 597.08.591.1.3

В. Б. ВЛАДИМИРЦЕВ

ТЕРМОЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ ЭМБРИОНОВ ЧЕРНОМОРСКОЙ СУЛТАНКИ *MULLUS BARBATUS PONTICUS* ESSIPOV НА РАЗНЫХ ЭТАПАХ РАЗВИТИЯ

Морское рыбоводство в настоящее время является перспективной отраслью народного хозяйства, но его развитие сдерживается трудностью получения жизнестойкой молоди рыб. Условием получения жизнестойкой молоди является создание оптимального температурного режима на ранних стадиях онтогенеза, так как незначительные нарушения температурного режима могут отрицательно сказываться на более поздних стадиях [1, 5, 10, 11].

Биология черноморской султанки *Mullus barbatus ponticus* Essipov хорошо изучена. Нерест происходит в прибрежной зоне на глубинах до 20 м с мая по август при температуре 14—25°C и солености 13,5—19,3‰. Икринки мелкие (диаметр 0,61—0,92 мм), пелагические [3, 4, 9]. Термочувствительность эмбрионов султанки изучена слабо. Л. С. Овен [8] и А. И. Смирнов [9] описали развитие икры при разных постоянных температурах, но определения диапазонов оптимальных температур по этапам в литературе нами не обнаружены.

В связи с этим целью нашей работы было определить и обосновать оптимальные температурные режимы для каждого этапа эмбрионального развития султанки. Эти данные необходимы при искусственной инкубации икры с целью получения жизнестойкой молоди.

Методика. Производителей отлавливали в прибрежной зоне моря и содержали в бассейне емкостью 6 м³ с постоянными протоком и аэрацией. Зрелые половые продукты получали в 23—24 ч путем сцеживания; оплодотворение производили полусухим методом при температуре 19—20°C и солености 18‰. Оплодотворение составляло 65%. Оплодотворенную икру отделяли от некачественной путем седиментации вначале в воде, опресненной до солености 16‰ для отделения всплывших поврежденных оболочек и жировых капель, а затем в воде соленостью 20‰ для отделения оседающих незрелых и неразвивающихся икринок. Затем оплодотворенную икру помещали в три стеклянные чашки емкостью 300 мл по 150 шт. и в течение 2—3 ч задавали температуру: