

ЭКОЛОГИЯ МОРЯ



13
—
1983

Г. И. АБОЛМАСОВА

РОСТ И ОБМЕН *IDOTEA BALTICA BASTERI*
ПРИ РАЗНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ

В последнее время внимание исследователей привлекает проблема взаимозависимости основных экологофизиологических характеристик животных — скорости роста и обмена. Поэтому несомненный интерес представляет одновременное изучение этих характеристик. В настоящей работе исследовали действие температур на скорость роста и обмен у представителя отряда Isopoda — *Idotea baltica*, обитающего в прибрежной зоне Черного моря. Выбор этого вида определялся тем, что благодаря большой численности и биомассе, а также устойчивому круглогодичному развитию локальных популяций он, бесспорно, должен играть важную роль в процессах круговорота вещества и энергии, а также в определении продуктивности прибрежной зоны моря.

Материал и методика. Для опытов использовали животных, собранных в бухте Омега (район Севастополя) с января по август 1978 г. После сортировки их помещали в константные температурные условия (5, 9, 17 и 22° С). Температура, при которой проводили опыты, соответствовала таковой в природе в данный период. Эксперименты проводили на животных, сухая масса тела которых составляла 1,3—41,9 мг (ее определяли на аналитических весах с точностью до 0,1 мг).

Интенсивность дыхания определяли методом замкнутых сосудов при 3—5-часовой экспозиции. В качестве респирометров были использованы склянки емкостью 100—120 мл, предварительно наполненные отфильтрованной и отстоянной морской водой. Содержание кислорода определяли методом Винклера. Падение кислорода составляло не более 30% исходного. Проведено 94 опыта.

При изучении роста *I. baltica* животных содержали при тех же температурах. В качестве корма использовали *Enteromorpha intestinalis*. При каждой из исследуемых температур (за исключением 22°) брали четыре группы рачков: I — мелкие (со средней сухой массой 3,9 мг); II — средние (8,1 мг); III — крупные (15,7 мг) и IV — самые крупные (30,3 мг). При 22° крупных идотей не было. Рачки содержались индивидуально в стеклянных кристаллизаторах.

В эксперименте получение надежных данных осложняется трудностью поддержания в течение продолжительного времени стабильных условий. Время наблюдений и экспериментов по росту может быть сокращено, если одновременно проследить рост нескольких возрастных групп, представляющих популяцию в данный момент в естественных условиях. Поэтому животных всех размерных групп при четырех исследуемых температурах взвешивали сразу после первой и второй линек в экспериментальных условиях. Разница массы давала величину прироста за межлиночный период. Продолжительность межлиночного периода у всех возрастных групп уменьшалась по мере повышения температуры. Всего исследовано 82 рачка. В табл. 1 приведены данные о соотношении сухой и сырой масс идотей, а также об их калорийности.

Результаты. На рис. 1 представлены результаты измерения скорости дыхания идотей в зависимости от массы тела. Полученные данные могут быть описаны степенным уравнением $R = aW^b$, где R — скорость потребления

кислорода животным данной массы; a — скорость потребления кислорода при массе рачка, равной единице; W — масса животного; b — коэффициент.

$$5^{\circ} - R = 0,0016W^{0,74}, (1)$$

$$9^{\circ} - R = 0,0015W^{0,83}, (2)$$

$$17^{\circ} - R = 0,0021W^{0,86}, (3)$$

$$22^{\circ} - R = 0,0031W^{0,90}. (4)$$

В уравнениях (1) — (4) R выражено в $\text{мл O}_2 \cdot \text{экз}^{-1} \cdot \text{ч}^{-1}$, массы тела (сухая) в мг. Статистические данные приведены в табл. 2.

Как видно из рис. 1, скорость потребления кислорода животными разных возрастных групп обнаруживает положительную корреляцию с температурой. Величина коэффициента Q_{10} , характеризующего ускорение процесса при повышении температуры на 10° , изменяется от 1,7 до 2,7 и четко не связана с температурой. Q_{10} во всех рассматриваемых интервалах температур ниже рассчитанных по «нормальной» кривой Крога.

Интересно было сравнить полученные нами данные о скорости обмена идотей с имеющимися в литературе о дыхании этих животных. Так, по данным Н. Н. Хмелевой [6], уравнение зависимости скорости обмена у идотей от массы тела при 20° после пересчета на сухую массу и перевода граммов в миллиграммы имеет следующие числовые значения: $R = 0,0028 W^{0,79}$. При сравнении полученного уравнения с нашим (4), как и следовало ожидать, величины коэффициента «а» при 22° оказались близкими. Данные, полученные на *Idotea ochotensis* (Японское море) [3], несколько ниже. Так, при 10° и тех же пересчетах получено уравнение $R = 0,0008 W^{0,86}$, а при $20^{\circ} - R = 0,0013 W^{0,80}$. Сопоставление наших данных о скорости обмена у *I. baltica* с результатами для других видов морских изопод [7—9, 12] показало хорошую сходимость.

На основании экспериментальных данных о росте был рассчитан среднесуточный абсолютный прирост идотей разного размера при исследуемых температурах (рис. 2):

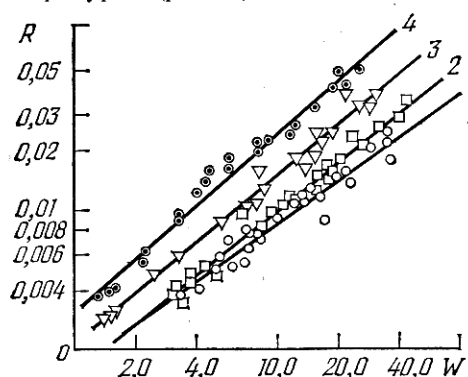


Рис. 1. Скорость обмена (R , $\text{мл O}_2 \times \text{экз}^{-1} \cdot \text{ч}^{-1}$) идотей в зависимости от сухой массы тела (W , мг) при 5° (1), 9° (2), 17° (3) и 22° С (4).

Таблица 1. Соотношение сухой и сырой масс тела идотей и их калорийность *

Т°, С	Размерная группа	Соотношение сухой и сырой масс тела, %	Сухое вещество, кал·мг ⁻¹
5	I	25,7	3,74
	II	22,2	3,77
	III	22,2	4,46
	IV	24,1	4,46
9	I	22,7	3,87
	II	24,3	3,86
	III	25,4	3,16
	IV	25,4	3,16
17	I	22,6	3,40
	II	22,6	3,50
	III	22,6	3,62
	IV	22,6	3,18
22	I	22,6	2,78
	II	22,3	2,87
	III	21,4	2,73

* Калорийность и сухая масса тела идотей определены в нашей лаборатории Л. Г. Дубилевич.

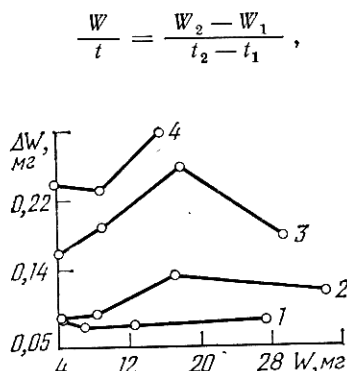


Рис. 2. Среднесуточный прирост (ΔW , мг) идотей при 5° (1), 9° (2), 17° (3) и 22° С (4) (W — сухая масса тела рачка, мг).

Таблица 2. Значения параметров a и b и их стандартных отклонений (S), передающих связь обмена (R , мл $O_2 \cdot ч^{-1} \cdot экз^{-1}$) и массы тела (W , мг)

Масса тела, мг	T°, C	$\lg a \pm S_{\lg a}$	$b \pm S_b$	S_y	S_x	r	n
3,3—55,0	5	$-2,795 \pm 0,055$	$0,74 \pm 0,04$	0,220	0,288	0,968	27
3,1—41,9	9	$-2,821 \pm 0,043$	$0,83 \pm 0,02$	0,291	0,346	0,989	25
1,4—30,0	17	$-2,671 \pm 0,053$	$0,86 \pm 0,03$	0,362	0,418	0,989	20
1,3—24,0	22	$-2,507 \pm 0,054$	$0,90 \pm 0,03$	0,351	0,385	0,988	22

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

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 идолей при средних температурах (9—17°) повторяет закономерность, уже известную для других ракообразных [1, 5]. Первоначально прирост возрастает, достигая максимума при сухой массе рачка 15—18 мг, а затем с увеличением массы абсолютный суточный прирост падает. Что касается величины суточных приростов при низких температурах (5°), то они не изменяются у всех размерных групп. Вероятно, температура 5° для данного вида находится за пределами зоны видовой толерантности и является близкой к летальной. На это указывает Н. Н. Хмелева [6], отмечая гибель рачков при температуре ниже 3—4°. Величина Q_{10} при исследуемых температурах находится в пределах 1,4—2,0 и, так же как для скорости обмена, не обнаруживает четкой связи с температурой.

Несомненный интерес представляет величина суточной удельной скорости роста ($\bar{C}_w$) за период ($t_2 - t_1$), которая может быть рассчитана согласно формуле

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

где W_1 и W_2 — сухая масса рачка соответственно до линьки и после нее, мг; ($t_2 - t_1$) — межлиночный период, сут. Средняя удельная скорость роста для всего размерного диапазона животных составляет (рис. 3) 0,021—0,004 при 5° (1), 0,017—0,003 при 9 (2), 0,030—0,006 при 17 (3) и 0,056—0,018 при 22° (4). Таким образом, прослеживается четкая зависимость удельной скорости роста идолей от температуры: с повышением последней удельная скорость закономерно возрастает.

На основании полученных данных об обмене и росте идолей рассчитали затраты энергии на энергетический и пластический обмен, а также коэффициент роста K_2 по всем размерным группам. Как видно из рис. 4, у всех групп животных траты энергии на обмен и рост с повышением температуры от 5 до 9° увеличиваются незначительно. Гораздо сильнее возрастают расходы на рост и обмен у всех возрастных групп с повышением температуры от 9 до 17°. Дальнейшее повышение температуры (от 17 до 22°) увеличивает расход энергии на прирост у мелкой размерной группы, средние и крупные начинают снижать скорость роста, а самых крупных особей в это время в популяции нет, что объясняется их элиминацией. Обмен у всех групп продолжает возрастать.

При анализе изменения коэффициента K_2 следует отметить, что он слабо изменяется с повышением температуры (рис. 4). Поскольку на ранних стадиях онтогенеза организмы более чувствительны к температуре, чем на более поздних [11], длительное пребывание особей осенней генерации при низких температурах (зимовка), по-видимому, приводит к сдвигу температурного оптимума пластического обмена. Характерно, что в энергетическом об-

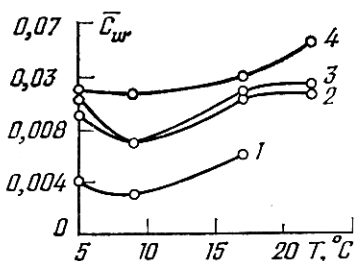


Рис. 3. Зависимость удельной скорости роста ($\bar{C}_w$) идолей от температуры.

мене такого сдвига не наблюдается. Это свидетельствует о более консервативном характере данного функционального показателя. Важным показателем существования пойкилотермных животных является зона оптимальных температур, в которой процессы жизнедеятельности протекают с наибольшей эффективностью. Как видно из рис. 4, максимальная эффективность роста наблюдалась при 5—17°. Подобный температурный оптимум указывается для целого ряда ракообразных [3, 10, 11, 13]. С повышением температуры от 17 до 22° K_2 уменьшается, за исключением самой мелкой размерной группы. Что касается уменьшения этого показателя с увеличением возраста животных, то, как и для некоторых других видов ракообразных [1, 5, 6], оно хорошо прослеживается при всех исследуемых температурах.

Кривые K_2 повторяют характер кривых приростов P . В связи с тем, что в данной работе ставилась цель изучения соотношения энергетического и пластического обмена на уровне особи, траты энергии на генеративный рост не учитывались. С учетом последнего, несомненно, следует ожидать значительного увеличения приростов, а также величины коэффициентов K_2 , особенно в интервале температур 9—17°, которые являются оптимальными и для размножения икотей.

Полученные данные об обмене и росте икотей позволяют рассчитать зависимость величины ассимилированной энергии пищи от массы тела у этих рачков при 5, 9, 17 и 22° в данных условиях питания. Как известно, $A = P + R$, где A — величина ассимилированной энергии; P — прирост; R — траты на обмен. Для этого в уравнениях (1) — (4) траты на обмен, а также среднесуточные величины приростов были выражены в энергетических единицах ($\text{кал} \cdot \text{экз}^{-1} \cdot \text{сут}^{-1}$) и просуммированы для каждой температуры. При переводе выражений (1) — (4) и суточных приростов в единицы энергии, оксикалорийный коэффициент был принят 4,86 кал/мл O_2 , а калорийность икотей — соответственно для каждой размерной группы и температуры. Полученные зависимости величины ассимилированной энергии от массы рачков имеют следующий вид:

$$5^\circ - A = 0,342W^{0,60} \text{ кал} \cdot \text{экз}^{-1} \cdot \text{сут}^{-1}, (5)$$

$$9^\circ - A = 0,332W^{0,68} \text{ кал} \cdot \text{экз}^{-1} \cdot \text{сут}^{-1}, (6)$$

$$17^\circ - A = 0,526W^{0,68} \text{ кал} \cdot \text{экз}^{-1} \cdot \text{сут}^{-1}, (7)$$

$$22^\circ - A = 0,750W^{0,69} \text{ кал} \cdot \text{экз}^{-1} \cdot \text{сут}^{-1}. (8)$$

Сухая масса в уравнениях (5) — (8) выражена в миллиграммах. Разделением « A » на усвояемость нетрудно рассчитать рационы животных. Если известны данные о численности и средней массе животного, уравнения типа (5) — (8) можно использовать для расчета величины суточного потока энергии через популяцию рачков.

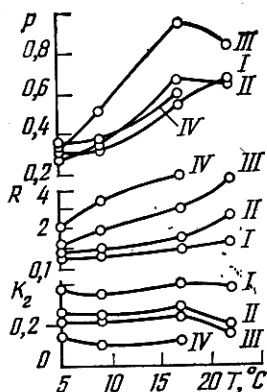


Рис. 4. Изменение прироста (P , $\text{кал} \cdot \text{экз}^{-1} \times \text{сут}^{-1}$), трат на обмен (R , $\text{кал} \cdot \text{экз}^{-1} \cdot \text{сут}^{-1}$) и эффективности роста K_2 у четырех размерных групп икотей от температуры.

1. Аболмасова Г. И. Биология и баланс энергии некоторых видов крабов Черного моря : Автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Севастополь, 1971. — 22 с.

2. Винберг Г. Г. Методы определения продукции водных животных. — Минск : Вышэйш. школа, 1968. — 243 с.

3. Скопцев В. Г. Рост и обмен озерного бокоплава при разных температурах. — Экология, 1981, № 2, с. 97—98.

4. Стрельникова В. М. Интенсивность обмена у равноногих ракообразных *Idotea ochotensis* Brandt (Idoteidae) и *Cymodoce acuta* Rich. (Sphaeromatidae). — Гидробиол. журн., 1971, 7, № 1, с. 65—69.

5. Сушеня Л. М. Элементы баланса амфибионтного бокоплава *Orchestia bottae* M.-Edw. (Amphipoda-Talitroidae). — Биология моря, Киев, 1968, вып. 15, с. 52—70.

6. Хмелева Н. Н. Биология и энергетический баланс морских равноногих. — Киев : Наук. думка, 1973. — 183 с.
7. Ellenby C. Body size in relation to oxygen consumption and pleopod beat in *Ligia oceanica* L. — J. Exp. Biol., 1951, 28, p. 492—507.
8. Eltringham S. K. The respiration on Limnoria (Isopoda) in relation to salinity. — J. Mar. Biol. Assoc. U. K., 1965, 45, p. 145—152.
9. Fox H. M., Simmonds B. G. Metabolic rates of aquatic arthropods from different habitats. — J. Exp. Biol., 1933, 10, N 1, p. 67—78.
10. Ivleva I. V. The influence of temperature on the transformation of matter in marine invertebrates. — In: Marine food chains. Edinburgh : Oliver and Boyd, 1970, p. 96—112.
11. Kinne O. Non-genetic adaptation to temperature and salinity. — Helgoländ. Wiss. Meeresuntersuch., 1964, 9, N 2, p. 433—458.
12. Scholander P. F., Flagg W., Walter V., Irving L. Climatic adaptation in arctic and tropical poikilotherms. — Physiol. Zool., 1953, 26, N 1, p. 67—92.
13. Smith Westey E. Thermal tolerance of two species of Gammarus. — Trans. Amer. Fish. Soc., 1973, N 2, p. 431—433.

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

Поступила в редколлегию
14.09.81

G. I. ABOLMASOVA

IDOTEA BALTICA BASTERI GROWTH AND METABOLISM AT DIFFERENT TEMPERATURES

Summary

The effect of temperatures (5, 19, 17 and 22° C) on the metabolism and growth rates was studied in a representative of the Isopoda order, *Idotea baltica*, inhabiting the littoral zone of the Black Sea. The experiments were carried out in four age groups with average dry weight of the body equaling 3.9, 8.1, 15.7 and 30.3 mg.

Equations are obtained for the metabolism rate-body mass dependence at four temperatures mentioned.

An absolute daily increment of *I. baltica* and the average specific growth rate are determined for the whole size range. Energy expenditures for energy and plastic metabolism are calculated with growth coefficients K_2 evaluated. This coefficient is stated to slightly change with temperature.

УДК 597.593.4:591.17:591.121.3(26)

К. Д. АЛЕКСЕЕВА

ЭНЕРГОТРАТЫ У МОЛОДИ АТЕРИНЫ ПРИ ПРОИЗВОЛЬНОМ ПЛАВАНИИ

Определение энерготрат при плавании у молоди атерины является частью исследований по изучению уровней энергетического обмена у молоди разных экологических групп, входящих в общие исследования продуктивности экологических систем.

Материал и методика. Эксперименты проводили на молоди черноморской атерины *Atherina moschon pontica* Eichwald массой тела 0,025—3,200 г, длиной 1,7—7,4 см, выловленной в прибрежных бухтах Севастополя в весенне-летний период при температуре воды $20 \pm 2^\circ \text{C}$. За сутки до опыта молодь рассаживали в респирометры с проточной морской водой и не кормили.

В процессе исследований определяли ряд параметров: общий, основной и активный обмен, подвижность рыб и скорость их движения¹.

Общий и активный обмен, а также скорости плавания измеряли в процессе произвольного плавания мальков, при естественном освещении в дневные часы суток и без применения каких-либо побудителей к движению. Основной обмен исследовали под действием уретанового наркоза в дозировке 1—1,5 г на 1 л воды в сочетании с затемнением респирометров. Подвижность молоди

¹ Энергетический обмен, мл. $\text{O}_2 \cdot \text{экз}^{-1} \cdot \text{ч}^{-1}$; интенсивность обмена, мл $\text{O}_2 \cdot \text{ч}^{-1} \times \text{г}^{-1}$; масса тела, г; длина тела, см; время, ч; скорость плавания, см $\cdot \text{с}^{-1}$; подвижность, %.