

ПРОВ 98

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

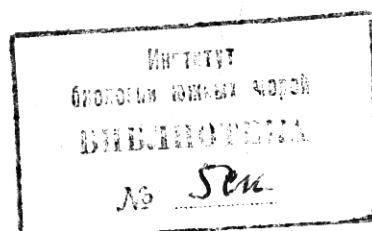
БИОЛОГИЯ МОРЯ

РЕСПУБЛИКАНСКИЙ
МЕЖВЕДОМСТВЕННЫЙ СБОРНИК

Основан в 1965 г.

Выпуск 39

ВОПРОСЫ ГИДРОБИОЛОГИИ ПЕЛАГИАЛИ
И ПРИБРЕЖНЫХ ВОД
ЮЖНЫХ МОРЕЙ



КИЕВ «НАУКОВА ДУМКА» 1976

УДК 577.42,577.472,577.
475,577.48,59.061.2,
591.1, 591.5, 591.12, 595.135

И. В. Ивлева

СКОРОСТЬ ПОТРЕБЛЕНИЯ КИСЛОРОДА ЩЕТИНКОЧЕЛЮСТНЫМИ (CHAETOGNATHA) АТЛАНТИЧЕСКОГО ОКЕАНА

Chaetognatha — одна из групп морских животных, чрезвычайно слабо изученных в эколого-физиологическом отношении. Вместе с тем роль щетинкочелюстных в круговороте вещества и потоке энергии в пелагических экосистемах океанов и морей должна быть значительной, поскольку известны широкое распространение и многочисленность этих животных, а также их исключительно хищный тип питания.

При исследовании планктона северной части Атлантического океана установлено [13, 18, 19], что группа Chaetognatha составляет более одной пятой общей биомассы зоопланктона и в некоторые сезоны года (зима — середина весны) биомасса организмов этой группы превышает биомассу копепод. Относясь к числу хищников первого гетеротрофного уровня, щетинкочелюстные потребляют огромное количество кормового планктона, главным образом копепод [3, 13]. По данным Г. Н. Миронова [3], в рационе черноморской *Sagitta setosa* копеподы по весу составляют 62%, а одна особь в сутки способна уничтожить до 0,23—0,5% учтенной биомассы зоопланктона.

Установлены высокая скорость роста и репродукционная способность щетинкочелюстных [4, 6, 9, 13—19], повышающаяся с увеличением температуры [13]. Все эти и другие сведения по экологии щетинкочелюстных весьма важны, но они недостаточны для оценки значения этих животных в общих продукционных процессах, протекающих в морских водоемах. Необходимы строгие количественные данные, характеризующие скорость обмена и ее изменения под воздействием факторов среды, а также определение других элементов энергетического баланса. Имеющиеся в литературе сведения по данному вопросу еще недостаточны, поэтому своей работой мы попытались начать систематические исследования в этом направлении.

В настоящем сообщении приведены результаты измерения скоростей дыхания у наиболее массовых видов семейства Sagittidae, обитающих в тропических водах Атлантического океана.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Эксперименты проведены в 1973 г. во время 27-го рейса НИС «Михаил Ломоносов» на популяциях сагитт из Гвинейского залива, центральной части Атлантики (от тропика Козерога до экватора) и района, расположенного южнее острова Св. Елены. Некоторое количество наблюдений выполнено также у юго-западного берега Африки, недалеко от места выхода на поверхность глубинных холодных вод (табл. 1).

Распределение температур по глубинам, установленное термобатографическими измерениями отряда гидрологии*, свидетельствует о

* Приношу благодарность О. М. Беляковой за возможность использовать эти данные.

Таблица 1

**Район исследования в Атлантическом океане и температура на поверхности океана
(январь—февраль 1973 г.)**

Район исследования	Координаты	Дата	Средняя температура и ее пределы, °C
Гвинейский залив	05°31'7 с. ш.—02°49'7 ю. ш. 12°10'1 з. д.—08°06' в. д.	11—20 января	28,9 (27,7—29,8)
Центральная часть океана	04°45'5 с. ш.—24°00' ю. ш. 23°08' з. д.—19°22'3 з. д.	26 февраля	28,8
Южнее о-ва Св. Елены	18°45' ю. ш.—07°06'7 з. д.	27—30 марта 17 февраля	(27,2—29,5) 24,5 (24,0—25,6)
Юго-западное побережье Африки	28°40' ю. ш. 14°30' в. д. 22°23'2 ю. ш. 12°06'7 в. д.	30 января, 6 февраля	19,8 (19,6—20,0)

резко выраженной стратификации вод в пределах верхнего 100-метрового горизонта. В Гвинейском заливе уже на глубине 30—35 м температура воды отличалась от поверхностной на 4—5° С, а на глубине 100 м она была ниже на 8—12° С. В других районах слой температурного скачка был несколько ниже, однако также обнаруживался до 100-метровой глубины. Вследствие этого животных собирали из самого верхнего горизонта океана, что позволило избежать неблагоприятного воздействия резких изменений температуры в процессе лова. Орудием лова служил мальково-нейстонный трал типа МНТ (большой диаметр 85 см, газ № 23). С помощью трала лов проводился в верхнем 10—15-сантиметровом слое воды. С этого же горизонта насосом нагнеталась вода в проточный резервуар, который служил как бы «природным термостатом», в который помещались на экспозицию реspirометры с животными. Эта же вода использовалась при всех манипуляциях, предшествующих экспериментам (сортировка животных, отмывание посторонних организмов, выдерживание перед измерением и т. д.). Ею же после фильтрации через газ № 67 заполнялись дыхательные сосуды. Таким образом, температурные условия эксперимента всегда были одинаковыми с условиями, при которых животных вылавливали. Ловы проведены в вечерние иочные часы, когда на поверхности океана собиралось огромное количество планктонных организмов, в числе которых были обильно представлены и разные виды *Sagitta*. Продолжительность траления не превышала 10 мин, благодаря чему основная масса животных оказывалась в неповрежденном состоянии. Для опытов, которые начинались сразу после окончания лова и сортировки животных, отбирались только сильные активные экземпляры.

Измерение скорости потребления кислорода проведено методом замкнутых реspirометров с последующим определением разницы содержания кислорода в воде контрольных и опытных сосудов по Винклеру [1]. В каждый реspirометр помещали от одной до пяти сагитт в зависимости от их размеров. Первые 10—15 мин животные находились в реspirометрах под слабым протоком воды, поступающей через тонкий катетер, пропущенный до дна через шелковый газ, затягивающий горлышко сосуда. Затем катетер медленно извлекали и реspirометр закрывали притертой пробкой. Срок экспозиции не превышал 2,5 ч при 29° и равнялся 3 ч при 25° и 4 ч при 20° С.

Видовая принадлежность сагитт, так же как и вес животных, определялась непосредственно после окончания экспериментов. Сырой вес тела устанавливается на торсионных весах (ТВ 200 мг) с точностью 0,5 мг после легкого подсушивания животных на фильтровальной бумаге. Для определения сухого веса сагитт ополаскивали дистиллированной водой и высушивали при 60° С до постоянного веса. Количество

золы в сухом веществе определялось при взвешивании на аналитических весах после сжигания проб при температуре 450° С. В этом случае параллельно анализировались одна — три пробы, содержащие по 10—50 особей одного вида. Полученные результаты использованы для расчета скорости потребления кислорода на сырой (W), сухой (W_1) и обеззоленный (W_2) вес.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Все сагитты, использованные в экспериментах, относились к семейству Sagittidae и были представлены несколькими видами, обычными и широко распространенными в поверхностных водах теплых широт [7, 8]: *Flaccisagitta enflata* (Grassi, 1881), *Flaccisagitta lyra* (Krohn, 1853), *Flaccisagitta hexaptera* (d'Orbigny, 1843), *Sagitta bipunctata* (Quoy et Gaimard, 1827) *Sagitta serratodentata* (Krohn, 1853), *Mesosagitta minima* (Grassi, 1881).

В сомнительных случаях животные отнесены к *Sagitta* sp.

Содержание в теле сагитт сухого вещества и золы приведено в табл. 2. Следует отметить достаточно близкие величины, полученные при анализе соотношения сухого и сырого веса, сухого вещества и золы в теле сагитт всех видов. Количество сухого вещества изменялось в среднем от 4 до 7,4% и лишь у *S. bipunctata* составляло 12,84%. Содержание золы было наибольшим (31—37%) в теле крупных видов *F. enflata*, *F. lyra*, *F. hexaptera*, в то время как у *S. bipunctata* и *S. serratodentata* равнялось 12,68—16,67%. Полученные результаты сопоставлены с данными других авторов, также определявших в теле сагитт количество сухого вещества и золы (табл. 3). Наиболее близкими к нашим оказались величины, приведенные Т. Икеда [10] для *Chaetognatha* из тропических, умеренных и холодных вод Тихого океана, и Д. Самеото [19] — для *Sagitta elegans* из северных районов Атлантического океана. Анализами, выполненными М. Омори [11] и М. Ривс с соавторами [13], установлено более высокое содержание сухого вещества и весьма малое количество золы. Причина этих отличий неясна. Существенное значение имеет время года, в которое проводятся исследования. Так, для *Sagitta hispida* эти показатели на протяжении отдельных сезонов значительно изменялись [3].

Таблица 2

Содержание сухого вещества и золы в теле Sagittidae Атлантического океана
(январь—март 1973 г.)

Вид	Сухое вещество		Зола	
	Количество измерений	%	Количество измерений	% сухого веса
<i>Flaccisagitta enflata</i>	3	5,31±1,60	3	36,92±3,20
<i>F. lyra</i>	3	6,99±1,90	2	31,03±1,02
<i>F. hexaptera</i>	4	6,51±1,75	2	35,61±7,55
<i>Sagitta bipunctata</i>	2	12,84±2,00	1	12,68
<i>S. serratodentata</i>	3	3,99±2,39	1	16,67
<i>Sagitta</i> sp.	3	7,44±3,46	1	26,82

Измерения скоростей потребления кислорода у сагитт в разных районах Атлантического океана выполнены при температуре, близкой к 29, 25 и 20° С. Исследования в Гвинейском заливе и центральном районе Атлантики проходили практически в одинаковых температурных условиях (табл. 1), в связи с чем полученные материалы были проанализированы вместе.

Количество измерений скорости обмена и вес тела у отдельных видов сагитт в каждой серии показаны в табл. 4.

Таблица 3

**Содержание сухого вещества и золы в теле Sagitta
(по литературным материалам)**

Вид	Район исследования*	Сухое вещество, %	Зола, % сухого веса	Литература
<i>Chaetognatha</i>				
<i>Sagitta elegans</i>	Берингово море (7,7—7,9) (5,3—8,2)	9,00 10,00	31,06 29,20	[10]
<i>S. enflata</i>	Тихий океан (29,4—30,3)	7,13	56,45	
<i>S. robusta</i>	(29,0)	5,81 12,57	47,01 26,02	[10]
<i>S. elegans</i>	Тихий океан	14,1	4,8	
<i>S. nagaee</i>		11,6	4,2	[12]
<i>S. elegans</i>	Новая Шотландия	8,24	Не опр.	
<i>S. hispida</i>	Залив Св. Маргарет			[19]
	Побережье Флориды, США (26,0)	15,5—18,1	6,9—10,3	[15]

* В скобках приведена температура воды, °С.

Таблица 4

**Вес тела W и количество измерений (n), выполненных по скоростям обмена *Sagitta*
при трех температурах**

Вид	29°C		24,5°C		19,5°C	
	n	$W, \text{мг}$	n	$W, \text{мг}$	n	$W, \text{мг}$
<i>Flaccisagitta enflata</i>	39	1,4—16,2	7	2,3—19,5	4	3,1—17,8
<i>F. lyra</i>	2	48—49	4	14—30	2	32,5—75,0
<i>F. hexaptera</i>	17	9,7—147,0	9	9,5—75,0	—	—
<i>Sagitta bipunctata</i>	5	0,4—1,5	2	0,4—1,0	6*	1,6—2,4
<i>S. serratodentata</i>	5	0,6—2,7	1	0,66	—	—
<i>S. minima</i>	1	0,2	—	—	—	—
<i>Sagitta</i> sp.	6	0,4—20,0	4	3,2—20,0	—	—

Все полученные данные представлены на рис. 1. У сагитт разных видов не обнаружено различий в скоростях дыхания, и в каждой серии исследований все результаты были объединены для нахождения общей зависимости скорости обмена от массы тела. Эта зависимость выражена степенным уравнением $R = AW^k$, где R — скорость потребления кислорода, $\text{мкЛО}_2 \cdot \text{ч}^{-1}$ на 1 животное, W — сырой вес, мг . Коэффициенты уравнений, характеризующие количественно связь обмена и веса при каждой температуре, рассчитаны методом наименьших квадратов. Значения параметров A и k и результаты статистической обработки материалов приведены в табл. 5. Несмотря на то, что не все серии в равной мере были обеспечены достаточным количеством наблюдений, общие результаты оказались вполне наглядными.

По величине k при трех температурах (около 0,56—0,59) можно заключить, что у сагитт по сравнению с другими животными происходит более медленное повышение скорости дыхания с увеличением массы тела. Это может быть обусловлено различиями в содержании воды и зольных элементов в теле мелких и крупных видов. По данным табл. 2, такая тенденция как-будто бы намечалась и поэтому связь обмена с весом тела была установлена не только по сырому, но и по сухому и сухому обеззоленному веществу. Однако из табл. 5 видно, что только в серии измерений при 29° С наблюдалось закономерное увели-

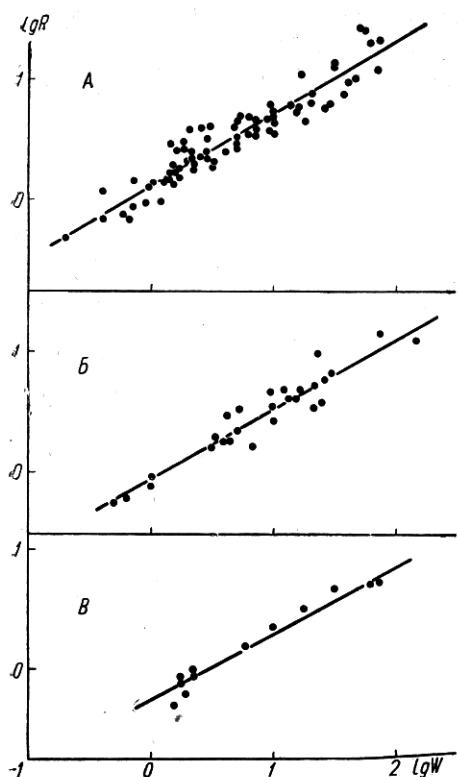


Рис. 1. Скорость потребления кислорода (R , мкл $O_2 \cdot \text{ч}^{-1}$ на 1 животное) в зависимости от веса тела (W , мг) *Sagitta* при разных температурах:
A — 29° С, B — 24,5° С, В — 19,8° С.

чение значения коэффициента k в ряду: сырой → сухой → сухой обеззоленный вес.

В двух других сериях подобная закономерность не обнаружена, возможно потому, что при температуре 25° С и, особенно, 20° С было проведено недостаточное количество измерений.

Величина параметра A от серии к серии увеличивалась весьма существенно. При близких значениях коэффициента регрес-

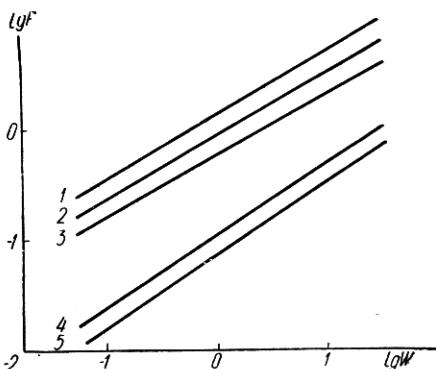


Рис. 2. Уровни обмена *Sagitta* при разных температурах:
1 — 29° С; 2 — 24,5° С; 3 — 19,8° С; 4 — 4° С [20]; 5 — 0° С [20].

сии k наблюдавшиеся изменения выглядят особенно четко (рис. 2).

Степень изменения скорости обмена сагитт под влиянием температурных условий оценена с помощью температурного коэффициента Q_{10} . В исследованных интервалах температур величина Q_{10} , рассчитанная для трех весовых групп сагитт, изменялась в пределах 2,4—2,9 (табл. 6).

ОБСУЖДЕНИЕ

В литературе мало данных по дыханию *Chaetognatha*, и их важно сопоставить с полученными в наших исследованиях. Среди опубликованных работ наибольший интерес представляют измерения скоростей потребления кислорода у *Sagitta elegans* обитающих в условиях низких температур бассейна Бэдфорда (северная часть Атлантического океана, побережье Новой Шотландии: 40°41' с. ш., 63°37' з. д.) [20].

Наблюдения проводились в течение года над сагиттами (вес тела 0,1—30 мг), полученными при вертикальных ловах планктонной сеткой с глубины от 50 м до поверхности. Из схемы годового распределения температур по горизонтам, приводимой в работе, можно заключить, что на глубине 50—40 м круглый год температура воды оставалась неизменно низкой (2—5° С), тогда как на поверхности она изменялась в пределах 0°—14° С. Наибольший градиент температур устанавливался летом и осенью, когда разница температур на глубине 50 м и у поверхности превышала 10° С. Поскольку не известно, с какого горизонта отловлены животные, в каждом случае скорость обмена измерена при

Таблица 5

Значения A и k и их стандартных отклонений, передающих связь обмена (R , мкл $O_2 \cdot \text{ч}^{-1} \times \text{живое}^{-1}$) и массы тела (в мг сырого — W , сухого — W_1 и сухого обеззоленного веса — W_2) у *Chaetognatha* при различных температурах

Вес	n	$\lg A \pm s_{\lg A}$	$k \pm s_k$	$s_{\lg R}$	$s_{\lg W}$	r	Экспоненциальная форма уравнения
19,5°C							
W	12	$-0,257 \pm 0,211$	$0,560 \pm 0,099$	0,352	0,613	0,800	$R = 0,553W^{0,560}$
W_1		$0,372 \pm 0,075$	$0,563 \pm 0,061$	0,352	0,610	0,977	$R = 2,357W_1^{0,563}$
W_2		$0,449 \pm 0,082$	$0,560 \pm 0,039$	0,352	0,611	0,972	$R = 2,810W_2^{0,560}$
24,5°C							
W	27	$-0,064 \pm 0,109$	$0,581 \pm 0,037$	0,349	0,571	0,950	$R = 0,864W^{0,581}$
W_1		$0,568 \pm 0,153$	$0,559 \pm 0,052$	0,349	0,561	0,899	$R = 3,696W_1^{0,559}$
W_2		$0,640 \pm 0,162$	$0,543 \pm 0,055$	0,349	0,568	0,895	$R = 4,366W_2^{0,543}$
28,9°C							
W	75	$0,134 \pm 0,458$	$0,589 \pm 0,089$	0,577	0,595	0,609	$R = 1,362W^{0,589}$
W_1		$0,830 \pm 0,276$	$0,603 \pm 0,051$	0,467	0,625	0,806	$R = 6,312W_1^{0,603}$
W_2		$0,958 \pm 0,251$	$0,642 \pm 0,047$	0,467	0,613	0,842	$R = 9,069W_2^{0,642}$

двух температурах: самой низкой и самой высокой, зарегистрированной во время лова. Отдельные серии измерений использованы для расчета параметров уравнений $y = ax^b$, характеризующих связь скорости дыхания и веса тела *Sagitta* в разное время года. Полученные результаты отличались большой неустойчивостью как в случае сопоставления ряда измерений, выполненных при одной и той же температуре (4°), так и при сравнении данных, относящихся к разным температурам (от 0° до 15° С).

Таблица 6

Q_{10} для скорости обмена *Sagitta* при пятиградусных интервалах для температур 19,5—28,9°C

Вес, тела, мг	Q_{10} для температур	
	19,5—24,5°C	24,5—28,9°C
1	2,44	2,49
10	2,68	2,59
100	2,94	2,69
Среднее	2,69	2,59

$= 1,76 x^{0,69}$ при 0° С. Здесь скорость потребления кислорода выражена в мкл $O_2 \cdot 24 \text{ ч}^{-1}$ на 1 животное. Приведя эти величины к 1 ч, мы построили линии регрессии $\lg R - \lg W$, которые изображены на рис. 2 вместе с установленными нами для температур 20, 25 и 29° С. Сопоставление уровней $\lg R - \lg W$ при 0, 4, 20, 25 и 29° С облегчается близкими значениями параметра k , полученными при всех температурах. Величины коэффициента A и положение линий $\lg R - \lg W$ на рис. 2 свидетельствуют о четком нарастании скоростей обмена сагитт при повышении температуры в пределах всей биокинетической зоны.

Чтобы сравнить наши данные с результатами Д. Самеото, мы отобрали те из них, которые получены в феврале, когда температура на глубине 30—50 м (2 — 5° С) мало отличалась от поверхностной (0 — 3° С) и температура в эксперименте соответствовала этим условиям.

Зависимость скорости потребления кислорода от веса тела в этот период Д. Самеото описал уравнениями $y = 2,61 x^{0,69}$ при 4° С и $y =$

Изменение скоростей обмена под влиянием температуры количественно оценено по уравнению Аррениуса: $\ln V = \ln V_0 - \frac{\mu}{R \cdot T^\circ K}$ (R — газовая постоянная). Как показано ранее [1, 11], эта функция удовлетворительно описывает данную зависимость, если исходные материалы относятся к животным, адаптированным к каждой конкретной температуре.

Графический анализ (рис. 3) свидетельствует, что в полулогарифмической системе координат, когда на оси абсцисс отложены обратные значения температур, отсчитанные от абсолютного нуля $\left(\frac{1}{T^\circ K}\right)$, а на оси ординат логарифмы скоростей дыхания ($\ln V$) животных с весом тела 1 мг (A), связь обмена и температуры у *Sagitta* передается прямой $\ln A - \frac{1}{T}$. Описывающие ее параметры имеют такие значения: $\ln V_0 = 27,80$, $\mu = 16\,622$; их стандартные ошибки, рассчитанные методом наименьших квадратов, $s_{\ln V_0} = \pm 1,09$,

$s_\mu = \pm 626$; коэффициент корреляции $r = -0,9998$; несмещенная оценка стандартных отклонений экспериментальных точек от аппроксимированной кривой $S_0^2 = 0,00094$.

Значения r и S_0^2 подчеркивают высокую корреляцию между скоростью обмена и температурой, существующую у всех видов *Sagitta* и весьма малые отклонения экспериментальных величин от теоретической кривой.

Ускоряющее влияние температуры передается коэффициентом μ , равным 16,6 $\text{kкал} \cdot \text{моль}^{-1}$. Это значение использовано для расчета величины коэффициента Q_{10} в пределах пятиградусных интервалов температур для всей биокинетической зоны:

$T, {}^\circ C \dots$	0—5	5—10	10—15	15—20	20—25	25—30
$Q_{10} \dots$	3,03	2,82	2,70	2,66	2,53	2,30

В работе М. Рива и др. [14] приведены результаты измерения скоростей потребления кислорода при температуре 26° С у *Sagitta hispida*, обитающих в теплых водах у берегов Флориды. Выполнено 27 измерений на животных, сухой вес которых изменялся от 0,046 до 0,270 мг (рис. 4).

Зависимость скорости потребления кислорода от сухого веса тела *S. hispida*, рассчитанная нами по показателям, взятым из рис. 2 цитированной работы, передается уравнением $R = 4,519 W^{1,065}$.

Используя данные этих же авторов по соотношению сухого и сырого вещества и содержанию золы в теле *S. hispida* (табл. 3), зависимость скорости поглощения кислорода от массы тела в единицах сырого (W) и сухого обеззоленного (W_2) веса можно записать соответственно уравнениями: $R = 0,963 W^{1,065}$ и $R = 4,977 W_2^{1,065}$. Заметим, что значения коэффициента A в расчете на сырое, сухое и сухое обеззоленное вещество, полученное для *S. hispida* при температуре 26° С, близки к установленным нами при 25° С. Вместе с тем коэффициент регрессии k оказался намного больше сообщаемого нами и Д. Самеото [20] и это затруд-

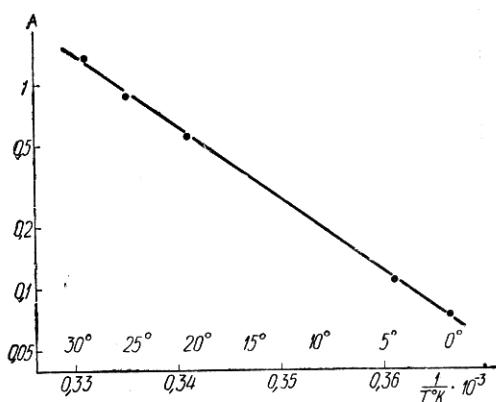


Рис. 3. Изменение скорости потребления кислорода (R , мкл $O_2 \cdot u^{-1}$ на 1 животное) под влиянием температуры у *Sagitta* с весом тела 1 мг.

Абсцисса — шкала Аррениуса; на ней отложены обратные значения температуры, отсчитанные от абсолютного нуля.

няет сопоставление уровня обмена *S. hispida* с другими видами сагитт. Наблюдаемые различия могут быть обусловлены тем, что опыты М. Рива и др. [14] проведены на животных, мало различающихся массой тела (максимальный вес сырого вещества превышал минимальный лишь в 5,6 раза). Следует думать, что величина параметра k для *S. hispida* окажется меньшей при постановке дополнительных экспериментов.

Среди других исследований, в которых имеются данные о скорости дыхания Chaetognatha, можно сослаться на работу Т. Икеда [10], где

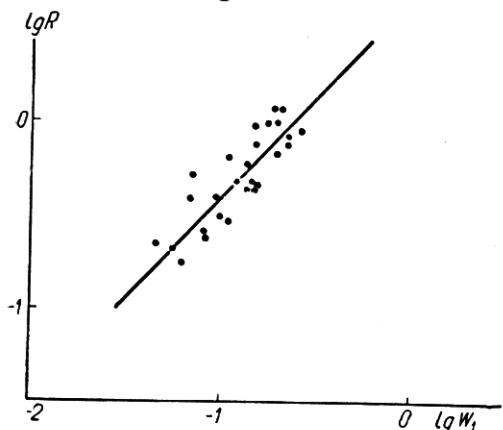


Рис. 4. Скорость потребления кислорода (R , $\text{мкл } O_2 \cdot \text{ч}^{-1}$) в зависимости от сухого веса тела (W_1 , мг) *Sagitta hispida* при температуре 26°C (по данным [14]).

приведены результаты единичных измерений скоростей потребления кислорода у сагитт из тропических и бореальных вод Тихого океана. В первом случае при $T 29,4—30,3^\circ\text{C}$ выполнено два измерения на *Sagitta enflata* и одно на *S. gobusta*, которые в общем соответствуют нашим данным, во втором — при $T 7,7—7,9$ и $5,3—8,2^\circ\text{C}$ сделано два измерения на *Sagitta elegans*, результаты которых оказались значительно меньшими по сравнению с величинами, установленными для этого же вида Д. Самедо [20].

При сравнении скоростей обмена сагитт и других представителей зоопланктона, обитающих в аналогичных температурных условиях, обнаружено, что всему семейству Sagittidae присущ высокий уровень обмена. Это свойство, особенно заметное при сопоставлении скоростей потребления кислорода в расчете на вес сухого и сухого обеззольенного вещества, вероятно, обусловлено высокой активностью этих животных, связанной с их хищным образом жизни. По нашим данным, полученным при измерении скоростей обмена у различных видов ракообразных, обитающих вместе с сагиттами, можно установить, что уровень обмена сагитт близок к уровню обмена наиболее активных представителей зоопланктона — копепод.

Это обстоятельство лишний раз свидетельствует об огромной роли щетинокелюстных в процессах биотического круговорота вещества и энергии, протекающих в экосистемах океана.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Различные виды *Sagitta*, обитающие в разных температурных условиях, имеют одинаковую скорость потребления кислорода на единицу веса и вследствие этого могут быть объединены для установления общей зависимости скорости обмена от массы тела. Такие объединенные данные использованы для расчета уровней обмена сагитт, обитающих в разных районах Атлантического океана при средних температурах $28,9$, $24,5$ и $19,8^\circ\text{C}$. В этих условиях найдены четкие различия в скоростях обмена, которые сопоставлены с литературными данными, относящимися к дыханию сагитт при низких температурах (0 и 4°C). Показана большая согласованность всех результатов между собой, свидетельствующая о строгой зависимости скоростей обмена сагитт от температурных условий среды в пределах всей биокинетической зоны. Количественный анализ степени увеличения скоростей обмена при повышении температуры подтвердил ранее высказанную нами [1, 11] точ-

ку зрения о высоком соответствии полученных результатов с температурными изменениями скоростей процессов, предусматриваемыми законом Вант-Гоффа—Аррениуса. Расчет величин коэффициента Q_{10} , выполненный для пятиградусных интервалов температур в пределах 0—29° С, позволяет устанавливать скорость обмена сагитт при разных температурных условиях без проведения специальных экспериментов.

На основании полученных результатов можно заключить, что уровень обмена сагитт достаточно высок и приближается к уровню, свойственному наиболее активным представителям зоопланктона.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ивлева И. В. Влияние температуры на скорость метаболизма пойкилтермных животных.— Успехи совр. биологии; 1972, 73, 134—155.
2. Ивлева И. В., Попенкина М. И. О температурной зависимости обмена у пойкилтермных животных.— В кн.: Физиологические основы экологии водных животных, Киев, «Наукова думка», 1968, 29—50.
3. Миронов Г. Н. Питание планктонных хищников. Питание сагитты.— Тр. Севастоп. биол. станции, 1960, 13, 78—88.
4. Миронов Г. Н. О линейном и весовом росте черноморской *Sagitta setosa* Mull.— Биология моря, 1970, 19, 118—123.
5. Миронов Г. Н. О максимальной длине и коэффициенте Р/В у черноморской сагитты.— Биология моря, 1973, 28, 23—26.
6. Миронов Г. Н. О числе генераций и индивидуальной плодовитости черноморской сагитты.— Биология моря, 1973, 28, 27—41.
7. Alvarino A. Chaetognaths. Oceanogr.— Mar. Biol. Annu. Rev. 1965, 3, 115—194.
8. Ducret F. Chaetognaths descampagnes de l'Ombango' dans les eaux équatoriales et tropicales Africaines.— Cah. ORSTOM, Ser. Océanogr. 1968, 6, 1, 96—141.
9. Ghirardelli E. Some aspects of the biology on the chaetognaths.— In: Advances in marine biology. London—New York, 1968, 6, 366—375.
10. Ikeda T. Relationship between respiration rate and body size in marine plankton animals as a function of the temperature of habitat.— Bull. Faculty Fisher. Hokkaido Univ. 1970, 21, 2, 91—112.
11. Ivlева I. V. Quantitative corelation of temperature and respiratory rate in poykilohermic animals.— Polsk. Arch. Hydrobiol. 1973, 20, 2, 283—300.
12. Omori M. Weight and chemical composition of some important oceanic zooplankton in the North Pacific Ocean.— Mar. Biol., 1969, 3, 1, 4—10.
13. Reeve M. R. The biology of Chaetognatha. I. Quantitative aspects of growth and egg production in *Salitta hispida*.— In: Marine food chains. Edinburgh, 1970, 168—189.
14. Reeve M. R., Raymond J. E. G., Raymond J. K. B. Seasonal biochemical composition and energy sources of *Sagitta hispida*.— Mal. Biol., 1970, 6, 4, 357—364.
15. Reeve M. R., Walter M. A. Conditions of culture, foodsize selection and the effects of temperature and salinity on growth rate generation time of *Sagitta hispida* Conant.— J. Exp. Biol. Ecol., 1972, 9, 2, 191—200.
16. Russell F. S. On the biology of *Sagitta*. The breeding and growth of *Sagitta elegans* Verrill in the Plymouth area, 1930—1931.— J. Mar. Biol. Ass. U. K. N. S. 1932, 18, 1, 131—146.
17. Russell F. S. On the biology of *Sagitta*. II. The breeding and growth of *Sagitta setosa* J. Müller in the Plymouth area, 1930—1931 with a comparison with that of *S. elegans* Verrill.— J. Mar. Biol. Ass. U.K.N.S. 1932, 18, 1, 147—160.
18. Sameoto D. D. Macrozooplankton biomass measurements in Bedford Basin, 1969—1971.— Fish. Res. Bd. Can. 1971. Tech. Rep. 282.
19. Sameoto D. D. Life history, ecological production and empirical mathematical model of the population of *Sagitta elegans* in St. Margarets Bay, Nova Scotia.— J. Fich. Res. Bd. Can. 1971. 28, 971—985.
20. Sameoto D. D. Yearly respiration rate and estimated energy budget for *Sagitta elegans*.— J. Fish. Res. Bd. Can. 1972, 29, 7, 987—996.

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

Поступила в редакцию
1 июня 1975 г.