

# ДОКЛАДЫ

## АКАДЕМИИ НАУК БЕЛАРУСИ

---

---

АВТОРСКИЙ ОТТИСК

38-й ГОД ИЗДАНИЯ

Том 38, № 5

1994

УДК 574.24 : 595.384.12

Ю. Г. ГИГНИЯК, В. Ф. КУЛЕШ

**ТЕМПЕРАТУРНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ СКОРОСТИ ДЫХАНИЯ,  
ЧАСТОТЫ СЕРДЦЕБИЕНИЯ И КОЛЕБАНИЯ  
СКАФОГНАТИТОВ У ПРЕСНОВОДНЫХ КРЕВЕТОК**

(Представлено академиком Л. М. Суценой)

Интенсивность большинства физиологических процессов у пойкилотермных животных зависит от температуры. Одним из методов визуальной регистрации этих процессов является установление частоты сердцебиения, а у креветок и частоты колебания скафогнатитов (лодочки—Flabella), особого вододвигательного аппарата, с помощью которого осуществляется дыхательная функция у многих ракообразных. Биением скафогнатитов происходит отток и приток воды, проходящей между основанием торакоподов к жабрам, по которым циркулирует кровь, используя не только в качестве переносчика кислорода и питательных веществ, но и для передачи усилия, как гидравлическая жидкость.

Исследование этих физиологических процессов под воздействием различных факторов среды у десятиногих ракообразных привлекает все более пристальное внимание физиологов [1—3].

В данной работе впервые предпринята попытка дать комплексную оценку скорости потребления кислорода, частоты сердцебиения, колебания скафогнатитов и их взаимосвязи с температурой среды существования у пресноводных креветок различной экологической принадлежности.

Для экспериментов были взяты: тропический вид — гигантская пресноводная креветка *Macrobrachium rosenbergii* (De Man), полученная и выращенная в лаборатории при температуре 27—28 °С; субтропический вид — восточная речная креветка *M. nipponense* (De Haan) из водоема-охладителя Березовской ГРЭС (Беларусь), акклиматизант, обитающий в водоеме при 10—36 °С; восточная речная креветка *M. nipponense* и Капчагайского водохранилища (Казахстан), расположенного в резко-континентальной климатической зоне. Зимой водоем покрывается льдом, летом мелководья прогреваются до 30 °С. Из этого же водоема был использован бореальный вид креветок — *Echopora modestus* (Heller).

Регистрация частоты сердцебиения и колебаний скафогнатитов измерялась с помощью хронометра. Дыхание определялось в замкнутых сосудах с последующим определением по Винклеру. В эксперименте использовались креветки массой в 1 г. Следует отметить, что гигантская тропическая креветка при массе 1 г — это ювенильная особь. Остальные виды при той же массе — половозрелые.

Полученные данные показывают общую, четко выраженную тенденцию увеличения частоты сердцебиения и колебания скафогнатита с увеличением температуры (табл. 1). Однако для бореального вида *E. modestus* частота сердцебиения при аналогичных температурах ниже по сравнению с тропическим и субтропическим видами, для которых изменение этого показателя происходит почти синхронно и в близких пределах. Аналогичные результаты получены и для креветки *Macrobrachium*

Таблица 1. Влияние температуры на частоту сердцебиения и колебания скафогабитов у пресноводных креветок

Температура, °С	Частота сердцебиения, уд/мин				Частота колебаний скафогабитов, кол/мин			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV
5	80±3,87*	85±1,79	75±1,72		146±4,90	145±3,50	89±2,71	
10	140±5,37	144±2,04	140±9,80		178±5,57	192±1,47	151±5,90	
15	149±4,52	169±2,76	155±4,50	163±4,68	202±4,27	218±2,66	168±7,01	187±4,52
20	162±5,37	186±5,43	180±8,49	188±4,90	239±4,50	244±2,53	188±5,61	218±5,40
25	194±8,62	205±8,82	199±5,90	200±5,13	257±3,67	273±2,35	264±6,93	228±6,19

Примечание. I — *Echopalaemon modestus*, II — *Macrobrachium nipponense* (Капчагайское водохранилище), III — *Macrobrachium nipponense* (водоем-охладитель Березовской ГРЭС), IV — *Macrobrachium rosenbergii*.

\* σ — среднее квадратичное отклонение.

theringii (Ortmann), но в пределах нижнего (4 °С) и верхнего (30 °С) температурного порога существования, правильность сердечного ритма нарушается [4].

Как видно из таблицы, частота колебаний скафогабитов выше, чем интенсивность сердцебиения при одной и той же температуре, и также находится в прямой зависимости от температуры среды обитания. Следует отметить, что в интервале 5—20 °С частота колебания скафогабитов у субтропической креветки из водоема-охладителя Березовской ГРЭС ниже, особенно при 5—10 °С, аналогичного показателя у восточной речной креветки из Капчагайского водохранилища, а также чем у тропического и бореального видов. Вероятно, это есть ответная реакция на длительное существование в водоеме-охладителе Березовской ГРЭС при более высокой температуре. Так, температура воды в нем в течение 3—4 летних месяцев превышает 30 °С и, как следствие, приводит к тому, что креветки достигают половозрелости при меньшем размере — 33 мм против 43 мм. Это подтверждается данными по исследованию теплоустойчивости стеклянной пресноводной креветки *Palaemon kadiakensis* (Rathbum) [5]. По утверждению авторов, длительное воздействие изменения температуры перестраивает физиологические функции ракообразных по сравнению с их первоначальным состоянием, что позволяет организму иметь определенную степень независимости от условий среды.

В этой связи представляет интерес рассмотреть в комплексе процессы сердцебиения и дыхания у одного из исследованных видов, в частности у восточной речной креветки из водоема-охладителя Березовской ГРЭС, в спектре температур (рис. 1).

Сопоставление этих процессов выявило четкую тенденцию сопряженности динамики скорости потребления кислорода, частоты биения серд-

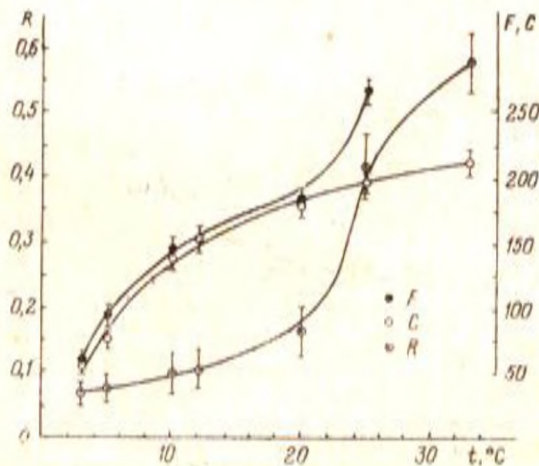


Рис. 1. Зависимость скорости потребления кислорода ( $R$ , мл  $O_2 \cdot \text{экл}^{-1} \cdot \text{ч}^{-1}$ ), частоты сердцебиения ( $C$ , число ударов/мин) и колебаний скафогабитов ( $F$ , число колебаний/мин) у восточной речной креветки от температуры

ца и колебания скафогабитов в температурном интервале 5—33 °С. Для всех трех физиологических показателей при возрастании температуры от 5 до 20 °С наблюдается плавное их возрастание. Об этом свидетельствуют также близкие значения коэффициентов  $Q_{10}$ , которые синхронно снижаются с возрастанием температуры до 20 °С (табл. 2). С приближением к зоне оптимальной температуры 25 °С скорость дыхания и частота колебания скафогабитов резко возрастают (коэффициенты  $Q_{10}$  составили соответственно 6,24 и 2,58) при умеренном ускорении сердцебиения.

Таблица 2. Значения коэффициента  $Q_{10}$ , рассчитанные для скорости потребления кислорода  $R$ , частоты биения сердца  $C$  и скафогабитов  $F$ , у восточной речной креветки ( $W=1,0$  г) из водоема-охладителя Березовской ГРЭС

Интервал температуры, °С	$Q_{10}$		
	$C$ , удары/мин	$F$ , удары/мин	$R$ , мл $O_2 \cdot \text{экз}^{-1} \cdot \text{ч}^{-1}$
5—10	3,48	2,50	1,77
10—15	1,41	1,33	1,56
15—20	1,18	1,13	1,83
20—25	1,22	2,58	6,24
25—30	1,09	—	1,60

Полученная динамика приведенных процессов от температуры, их цифровые значения позволяют рассчитать зависимость скорости потребления кислорода восточной речной креветкой от частоты биения сердца и колебаний скафогабитов в интервале от 3 до 33 °С. Как показал математический анализ, для описания эмпирических точек пригодно уравнение типа

$$y = \frac{1}{a + bx}, \quad (1)$$

где  $a$  и  $b$  — константы,  $x$  и  $y$  — переменные величины.

В численном виде уравнение (1) зависимости скорости потребления кислорода ( $R$ , мл  $O_2 \cdot \text{экз}^{-1} \cdot \text{ч}^{-1}$ ) от частоты колебаний скафогабитов ( $F$ , число кол/мин) имеет вид

$$R = \frac{1}{16,27 - 0,55F}, \quad (2)$$

где  $a = 16,27$ ,  $b = -0,55$ , коэффициент корреляции  $r_{xy} = 0,97$ .

Для скорости потребления кислорода в зависимости от частоты биения сердца ( $C$ , число ударов/мин) уравнение (1) имеет вид

$$R = \frac{1}{20,18 - 0,08C}, \quad (3)$$

где  $a = 20,18$ ,  $b = -0,08$ ,  $r_{xy} = 0,97$ .

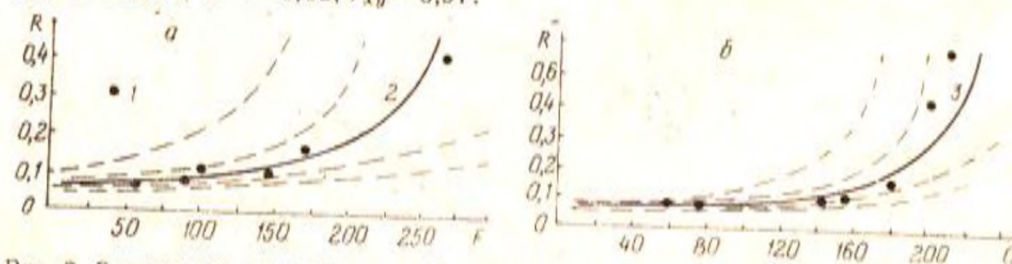


Рис. 2. Зависимость скорости потребления кислорода ( $R$ , мл  $O_2 \cdot \text{экз}^{-1} \cdot \text{ч}^{-1}$ ) от частоты колебаний скафогабитов ( $F$ , число кол/мин) при температуре 3—25 °С (а) и частоты сердцебиения ( $C$ , число кол/мин) при температуре 3—33 °С (б) у восточной речной креветки: 1 — экспериментальные данные, 2 — расчетная кривая согласно уравнению (2), 3 — расчетная кривая согласно уравнению (3)

Как видно из рис. 2, а, б, расчетные кривые, согласно уравнениям (1), (2), вполне удовлетворительно описывают экспериментальные точки. В зоне низких и высоких для вида температур происходит нарушение синхронности процессов, обеспечивающих дыхание креветок, их резкое замедление или ускорение, что приводит к гибели животных при прочих благоприятных факторах.

Таким образом, зарегистрировав частоту биения сердца или частоту колебания скафогапатитов, можно вполне достоверно оценить уровень метаболизма у пресноводных креветок во всем интервале толерантных температур. Установленные зависимости позволяют сделать вывод о единой направленности процессов, обеспечивающих такую функцию организма, как дыхание, и служат важным параметром при экспертной оценке состояния популяций в природных экосистемах и аквакультуре.

С биологической точки зрения важно, что в диапазоне толерантных температур значение коэффициента температурного ускорения  $Q_{10}$  для скорости обмена у исследованных креветок в целом изменяется незначительно, хотя в одном и том же организме и у разных видов величины  $Q_{10}$  неодинаковы для разных реакций, что может определять границы температурной устойчивости и организма, и вида в целом.

Исследования профинансированы Фондом фундаментальных исследований Республики Беларусь.

### Summary

It is shown that in ecologically different species of shrimps—gigantic tropical, east river subtropical and boreal the rate of oxygen demand, heart rate and oscillations of scaphognathites correlate with water temperature. Mathematical expressions of these relations are given. Synchronism of the process considered is revealed in all species with maximum being located in the range of optimal temperatures.

### Литература

1. Burggren W., Pinder A., Mc Mahon R., Doule M., Wheatl M. // *Physiol. Zool.* 1990. Vol. 63, N 1, P. 167—181.
2. Villareal H. // *Comp. Biochem and Physiol.* 1990. Vol. 95, N 1, P. 189—193.
3. Udo P. I., Taeye M. // *Aquacult. and Fish. Magaz.* 1991. Vol. 22, N 3, P. 351—356.
4. Favaretto Lelio // *Rev. ceres. Univ. fed. Vicosa*, 1977. Vol. 24, N 131, P. 82—87.
5. Nelson D. H., Hooper D. K. // *J. thermal Biology*, 1982. Vol. 7, N 3, P. 183—187.

Институт зоологии  
АН Беларуси

Поступило 22.10.93