

ПРОВ 98

АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНСКОЙ ССР
ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ ЮЖНЫХ МОРЕЙ
им. А. О. КОВАЛЕВСКОГО

ПРОВ 2010

БИОЛОГИЯ МОРЕЙ

РЕСПУБЛИКАНСКИЙ МЕЖВЕДОМСТВЕННЫЙ СБОРНИК

Основан в 1965 г.

ВЫПУСК 46

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ
ВОДНЫХ ЖИВОТНЫХ
В СВЯЗИ С ТЕМПЕРАТУРОЙ
СРЕДЫ ОБИТАНИЯ

Институт биологии
южных морей АН УССР

БИБЛИОТЕКА

№ 7

КИЕВ «НАУКОВА ДУМКА» 1978

12. *Pandian T. J.* Changes in chemical composition and caloric content of developing eggs of the shrimp *Crangon crangon*.—*Helgol. Wiss. Meeresunters.*, 1967, **16**, N 3, p. 216—224.
13. *Pandian T. J., Schuman K. H.* Chemical composition and caloric content of eggs and zoea of the hermit crab *Eupagurus bernhardus*.—*Helgol. Wiss. Meeresunters.*, 1967, **16**, N 3, p. 225—230.
14. *Pandian T. J.* Ecophysiological studies on the developing eggs and embryos of the European lobster *Homarus gammarus*.—*Mar. Biol.*, 1970, **5**, N 2, p. 153—167.
15. *Pandian T. J.* Yolk utilization and hatching time in the canadian lobster *Homarus americanus*.—*Mar. Biol.*, 1970, **7**, N 3, p. 249—254.
16. *Patel B., Crisp D. J.* The influence of temperature on the breeding and the moulting aktivite of some warmwater species of Operculate Barnacles.—*J. Mar. Biol. Assoc. U. K.*, 1960, **39**, N 3, p. 667—680.
17. *Richman S.* The transformation of energy dy *Daphnia pulex*.—*Ecol. Monogr.*, 1958, **28**, N 3, p. 273—291.

Отдел зоологии и паразитологии
АН БССР, Минск
Институт биологии южных морей
им. А. О. Ковалевского АН УССР

Поступила в редколлегию
17.V 1977 г.

N. N. Khmeleva, Z. A. Romanova

CHANGES IN MASS AND CALORIC VALUE OF SOME CRUSTACEANS DURING EMBRYOGENESIS

Summary

The data on the content of water, solids, mineral fraction and caloric value of eggs at the initial and final stages of embryonal development are obtained for 12 species of marine crustaceans (isopods, amphipods, decapods).

It is shown that an increase in the content of water and ashes during embryogenesis and a decrease in dry mass and caloric value of the embryos are a regularity common for all the studied crustaceans.

УДК 597.593.4:591.17:591.121.3(26)

К. Д. Алексеева

УРОВЕНЬ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБМЕНА МОЛОДИ КЕФАЛИ

Одной из важных задач при исследованиях энергетики водных животных является изучение активного обмена. В конечном счете экологические различия в обмене у разных групп и видов животных обуславливаются в основном изменениями активного обмена, который в свою очередь является функцией естественной подвижности и скорости движения.

В последнее время появилось значительное количество работ, посвященных измерению затрат энергии у рыб в процессе движения. В большинстве этих исследований активный обмен измеряли при принудительных скоростях плавания в специальных биогидродинамических респирометрах [11, 9, 2, 3, 12, 6, 16, 17].

Исследуя молодь рыб, мы подошли к изучению активного обмена несколько с другой стороны, используя естественную активность животных, т. е. все определения, касающиеся активного обмена, проводили при произвольном плавании рыб, без применения специальных побудителей к движению. С этой целью была проведена серия работ по определению уровней энергетического обмена у молоди рыб с различной функциональной активностью.

Для проведения исследований при произвольном плавании мальков ранее нами была разработана специальная методика [5], основанная

на том, что все параметры — скорость потребления кислорода, скорость движения и длительность плавания — снимаются параллельно в процессе экспозиции рыб в респирометрах. Респирометры представляют собой плоские прямоугольные камеры из органического стекла с точно-замкнутой циркуляцией воды. Во время экспозиции респирометры герметически закрывали. Объемы респирометров при проведении экспериментов всегда подбирали, исходя из размеров молоди и длительности экспозиции, с таким расчетом, чтобы содержание кислорода в воде в процессе опыта снижалось не менее чем на 15 и не более чем на 30% от нормального воздушного насыщения.

Непосредственно в опыте измеряли общий и основной обмен, скорость движения и длительность плавания. Активный обмен определяли по разности между общим и основным обменом с учетом длительности плавания. Основной обмен меряли при воздействии уретана в дозировке, снижающей двигательную активность мальков, но не влияющей на жизненно важные функции организма.

Скорость плавания устанавливали с помощью кино съемки, «подвижность» или длительность плавания — путем хронометрирования периодов покоя и движения в опыте. Необходимо отметить, что все исследования осуществляли при определенной температуре, равной $20 \pm 2^\circ \text{C}$. В тех случаях, когда температура воды в водоеме, где обитала молодь рыб, отличалась от экспериментальной, отловленных мальков постепенно, от 7 до 10 дней, адаптировали к 20°C . Перед опытом мальков рассаживали в респирометры, по одному в каждый, и выдерживали в течение 12—18 ч в проточной морской воде для привыкания к экспериментальным условиям.

Настоящая работа выполнена на молоди черноморской кефали *Mugil saliens* L. массой от 0,148 до 3,500 г и длиной от 2,2 до 6,8 см.

Таким образом, в экспериментальных условиях, приближенных к какой-то мере к естественным, у мальков кефали определяли общий, основной и активный обмен, общую подвижность и скорость плавания без применения специальных побудителей. Полученные в экспериментах данные приведены в табл. 1 в виде средних значений для нескольких размерных групп с пределами колебаний величин в опытах. Рассчитанные на основании экспериментальных данных параметры представлены в табл. 2. Кроме того, весь полученный материал дается в виде уравнений и графиков, приводимых по мере изложения.

При оценке общего уровня энергетического обмена помимо энерготрат учитывали общую подвижность животных, определяемую по скорости движения и длительности плавания в опыте. Иными словами, была предпринята попытка подойти к количественной оценке различий у молоди рыб с различной экологией.

Принято [7, 8, 10] выражать зависимость энергетического обмена от массы тела животных степенным уравнением типа

$$R = A W^k, \quad (1)$$

где R — траты на обмен, отнесенные к целому организму и к единице времени, W — масса животного, A — коэффициент, равный обмену животного, масса которого равна 1, k — коэффициент, отражающий изменения обмена с увеличением массы животного.

Рассчитанное Г. Г. Винбергом [7] для всего класса рыб это уравнение в численном выражении приобретает вид

$$R = 0,3 W^{0,8}. \quad (2)$$

На основании проведенных экспериментов мы рассчитали, используя метод наименьших квадратов, уравнения зависимости разных форм энергетического обмена от массы тела для молоди кефали. Параметры полученных уравнений даны в табл. 3.

Таблица 1

Средние значения размеров тела и обмена у молоди ксфали (экспериментальные данные)

Количество измерений	Характер измерений	Масса, г	Длина, см	Обмен			
				Общий		Основной	
				O_2 , мл·ч ⁻¹ ·экз ⁻¹	O_2 , мл·ч ⁻¹ ·г ⁻¹	O_2 , мл·ч ⁻¹ ·экз ⁻¹	O_2 , мл·ч ⁻¹ ·г ⁻¹
<i>n</i>		<i>W</i>	<i>l</i>	<i>R_{об}</i>	<i>R_{од}/W</i>	<i>R_{ос}</i>	<i>R_{ос}/W</i>
12	Средняя величина Пределы колебания	0,242 0,148—0,295	2,68 2,2—2,9	0,163 0,091—0,287	0,663 0,438—1,025	0,105 0,067—0,167	0,438 0,325—0,595
11	Средняя величина Пределы колебания	0,338 0,303—0,380	3,76 3,5—4,0	0,174 0,139—0,197	0,518 0,381—0,620	0,101 0,084—0,124	0,301 0,254—0,373
9	Средняя величина Пределы колебания	0,440 0,405—0,490	3,80 3,6—4,0	0,244 0,195—0,360	0,554 0,398—0,837	0,128 0,112—0,143	0,292 0,249—0,321
6	Средняя величина Пределы колебания	0,590 0,530—0,680	3,93 3,7—4,1	0,311 0,212—0,412	0,533 0,400—0,777	0,184 0,146—0,242	0,309 0,283—0,356
6	Средняя величина Пределы колебания	1,582 1,070—1,980	5,18 4,8—5,7	0,699 0,413—0,971	0,440 0,359—0,503	0,408 0,305—0,498	0,261 0,239—0,285
6	Средняя величина Пределы колебания	2,555 2,250—2,920	5,92 5,6—6,3	0,964 0,680—1,264	0,376 0,290—0,448	0,556 0,445—0,758	0,230 0,174—0,286
4	Средняя величина Пределы колебания	3,262 3,050—3,500	6,52 6,2—6,8	1,214 1,028—1,318	0,374 0,294—0,417	0,712 0,682—0,777	0,219 0,196—0,238

Итого 54

Таблица 2

Средние значения подвижности, скорости плавания и теоретического активного обмена у молоди кефали (расчетные данные)

Количество измерений	Характер измерений	Подвижность, %	Теоретический активный обмен		Скорость плавания		
			$O_2, \text{мл} \cdot \text{ч}^{-1} \times \text{экз}^{-1}$	$O_2, \text{мл} \cdot \text{ч}^{-1} \times \text{г}^{-1}$	Количество измерений	Абсолютная	Относительная
<i>n</i>			$R_{ак(г)}$	$R_{ак(г)}/W$	<i>n</i>	<i>v</i>	<i>v/l</i>
12	Средняя величина	82,6	0,066	0,262	11	4,36	1,64
	Пределы колебаний	17,0—100,0	0,025—0,166	0,154—0,593		2,7—5,6	0,97—2,39
11	Средняя величина	89,4	0,081	0,241	6	5,00	1,33
	Пределы колебаний	56,7—100,0	0,058—0,098	0,160—0,297		2,9—6,4	0,72—1,68
9	Средняя величина	88,5	0,129	0,293	6	6,54	1,72
	Пределы колебаний	47,1—100,0	0,073—0,230	0,172—0,534		4,9—8,4	1,3—2,2
6	Средняя величина	70,9	0,175	0,299	3	7,01	1,74
	Пределы колебаний	40,9—100,0	0,122—0,260	0,215—0,490		5,6—7,9	1,36—1,96
6	Средняя величина	88,4	0,319	0,200	4	7,44	1,39
	Пределы колебаний	52,3—100,0	0,201—0,473	0,175—0,239		4,5—9,5	0,83—1,67
6	Средняя величина	82,7	0,442	0,171	4	9,63	1,59
	Пределы колебаний	59,6—100,0	0,243—0,679	0,108—0,241		7,0—13,8	1,12—2,26
4	Средняя величина	75,7	0,674	0,206	4	11,4	1,74
	Пределы колебаний	50,2—100,0	0,569—0,729	0,187—0,223		8,6—13,0	1,39—1,94
Итого 54	—	83,8	—	—	38	—	—

Таблица 3

Параметры степенных уравнений, связывающих разные формы энергетического обмена с массой тела для молоди кефали

Вид обмена	<i>n</i>	σ_x	σ_y	<i>r</i>	$\lg A$	<i>A</i>	$S_{\lg A}$	<i>k</i>	S_k	Уравнение
Общий	54	0,335	0,339	0,967	−0,3378	0,459	0,086	0,812	0,029	$R_{ог}=0,459 W^{0,81}$ (3)
Основной	54	0,323	0,399	0,976	−0,5654	0,272	0,070	0,790	0,024	$R_{ос}=0,272 W^{0,79}$ (4)
Активный (теоретический)	54	0,374	0,399	0,939	−0,6584	0,220	0,128	0,880	0,044	$R_{ак(г)}=0,220 \times W^{0,88}$ (5)

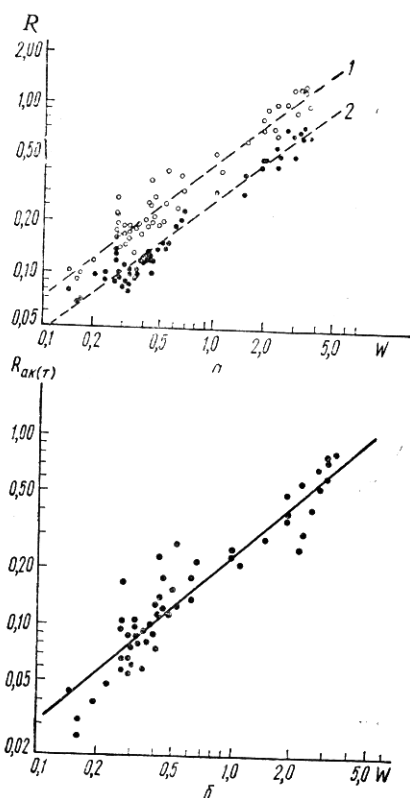


Рис. 1. Зависимость общего (1), основного (2) — а и теоретического активного — б обмена от массы тела у молоди кефали. Шкала логарифмическая. (R , мл $O_2 \cdot экз^{-1} \cdot ч^{-1}$, W , г).

Анализируя эти параметры, следует отметить, что наблюдается хорошо выраженная связь между общим, основным, теоретическим активным обменом и массой тела мальков. Во всех трех случаях коэффициенты корреляции между логарифмом обмена и логарифмом массы тела достаточно высоки. Графическое выражение вышеуказанных зависимостей, описываемых уравнениями (3)—(5), дано на рис. 1 в логарифмической системе координат. Как видно из рисунка, наклон линий регрессии для общего (1) и основного обмена (2) различается очень слабо, соответственно степенные коэффициенты равны 0,81 и 0,79. Линия регрессии для теоретического активного обмена (б) идет несколько круче и коэффициент $k=0,88$, что свидетельствует о более быстром нарастании энергозатрат на движение при увеличении массы тела¹.

Общий обмен характеризуется наиболее высокой величиной коэффициента A по сравнению с основным и активным обменом. При этом у молоди кефали уровень основного обмена почти в полтора раза ниже уровня общего обмена, так, коэффициент A в уравнении (3) равен 0,459, а в уравнении (2) — 0,272.

При сопоставлении линий регрессии, полученных нами на молоди кефали, с общей линией регрессии стандартного обмена, рассчитанной Г. Г. Винбергом для всего класса рыб, можно отметить следующее: а) степенные коэффициенты при одинаковой массе тела в обоих случаях достаточно сходны и являются величинами того же порядка; б) что касается коэффициента A , то величина его для основного обмена (4) у молоди кефали совпадает с величиной A в «основном» уравнении (2) Г. Г. Винберга, в то время как коэффициент A для общего обмена (3) почти в полтора раза выше такового в уравнении (2) Г. Г. Винберга.

Высокая величина основного обмена является своего рода подтверждением точки зрения, неоднократно высказывавшейся [7, 8], что у рыб, ведущих активный образ жизни, уровень основного обмена должен быть значительно выше, чем у малоподвижных рыб. Таким образом, доля энергозатрат на поддержание жизнедеятельности организма, т. е. на основной обмен, в общем обмене животного значительно выше у хороших пловцов, каковыми в нашем случае является кефаль, по сравнению с рыбами, обладающими невысокими плавательными способностями.

Это вполне оправдано, если учесть что у рыб, способных плавать с достаточно высокими скоростями, предстартовое (мобилизационное) состояние всех систем, направленных на обслуживание движения, должно обеспечиваться и более высокими энергетическими резервами.

¹ Следует отметить, что теоретический активный обмен в данной постановке опытов является не простой разницей между общим и основным обменом, а рассчитан с учетом длительности плавания мальков в эксперименте.

Следует отдельно остановиться на методе расчета активного обмена, применяемого нами при данной постановке опытов. Как известно, активный обмен обычно рассчитывают по разности между общим и основным обменом. Однако такие расчеты правомочны при условии непрерывного движения животных в течение какого-то отрезка времени при определении общего обмена. В наших опытах во время определений общего обмена периоды движения чередовались с периодами покоя, неподвижности мальков. Отсюда и активный обмен, полученный по раз-

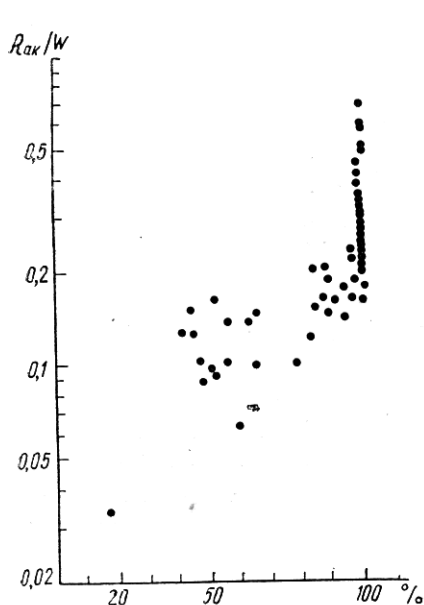


Рис. 2. Зависимость интенсивности активного обмена от подвижности у молоди кефали. Шкала полулогарифмическая. (Интенсивность обмена R/W , мл $O_2 \cdot г^{-1} \cdot ч$, подвижность, % от времени экспозиции.)

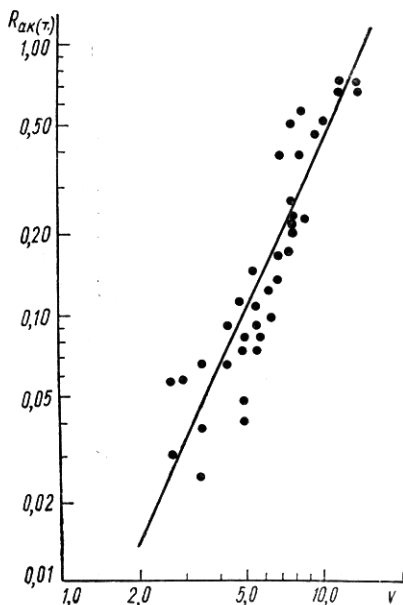


Рис. 3. Зависимость теоретического активного обмена от скорости плавания у молоди кефали. Шкала логарифмическая. ($R_{ак(т)}$, мл $O_2 \cdot экз^{-1} \cdot ч^{-1}$, v , см $\cdot с^{-1}$).

ности между опытными данными общего и основного обмена, не может отражать истинных затрат на движение.

Хронометрируя длительность плавания малька в единицу времени и выразив ее в процентах от общего времени экспозиции, мы обозначили эту величину как «подвижность». Таким образом была получена подвижность каждой рыбы в опыте. Мы попытались сопоставить экспериментальный активный обмен с подвижностью рыб, нанеся соответствующие величины на график в полулогарифмической системе координат (рис. 2).

Расположение точек на графике, где на оси ординат отложена интенсивность активного обмена, полученная в опыте, а на оси абсцисс — подвижность, выраженная в процентах, показывает положительную связь между указанными величинами.

Используя вычисленную подвижность мальков в опыте, были рассчитаны ожидаемые величины активного обмена при условии непрерывного плавания рыб, отнесенные к единице времени и названные нами теоретическим активным обменом. Иными словами, были определены действительные потребности организма в кислороде, расходуемом на мышечную работу при плавании. Скорости движения, определяемые с помощью киносъемки, представляют собой средние скорости плавания малька в опыте и являются практически оптимальными для исследуемой

молоди. Косвенная проверка показала, что при исследованных скоростях плавания кислородный долг не образуется. Совершенно очевидно, что активный обмен должен изменяться с изменением скорости движения, чем выше скорость плавания, тем большие энергетические траты необходимы для ее обеспечения.

Согласно В. С. Ивлеву [9], зависимость активного обмена от скорости движения у рыб выражается степенным уравнением того же типа, что и зависимость между обменом и массой тела:

$$R_{\text{ак}} = av^k, \quad (6)$$

где a и k — коэффициенты, v — скорость плавания.

Нами рассчитана аналогичная зависимость теоретического активного обмена от скорости плавания мальков кефали. Тогда уравнение (6) в численной форме приобретает следующий вид:

$$R_{\text{ак(т)}} = 0,0039 v^{2,03}. \quad (7)$$

Графическое изображение полученного уравнения дано на рис. 3, параметры представлены ниже:

n	σ_y	σ_x	r	$\lg a$	a	$S_{\lg a}$	k	S_k
38	0,417	0,180	0,877	-2,4091	0,0039	0,2003	2,028	0,180

Коэффициент корреляции между активным теоретическим обменом и скоростью движения равен 0,877, что свидетельствует об удовлетворительной связи между указанными величинами. Из графика видно, что разброс точек вокруг линии регрессии невелик. Коэффициент a в уравнениях (6) и (7) выражает величину активного обмена при скорости движения равной 1, для молоди кефали, в частности, при скорости $1 \text{ см} \cdot \text{с}^{-1}$.

Коэффициент a для мальков кефали равен $0,0039 \text{ мл } \text{O}_2 \cdot \text{экз}^{-1} \cdot \text{ч}^{-1}$ и при сравнении с таковыми у молоди других видов, исследованных нами [4], имеет самое низкое значение. Этот факт свидетельствует о том, что у кефали, обладающей хорошими плавательными способностями, расходуется значительно меньше энергии на движение с той же самой скоростью, равной $1 \text{ см} \cdot \text{с}^{-1}$, по сравнению с другими видами молоди с худшими плавательными способностями. При этом следует учесть, что рассчитанная скорость ($1 \text{ см} \cdot \text{с}^{-1}$) несомненно доступна всем видам мальков в исследованном размерном диапазоне.

Из уравнения (7) видно, что коэффициент, характеризующий угол наклона прямой зависимости обмена от скорости движения, равен 2. Величина эта близка к значениям, приводимым в литературе [13, 9, 16, 3].

По мнению Ф. Е. Дж. Фрайя (Fry) [18] разность между общим и стандартным обменом, обозначаемая им как размах активности, пропорциональна квадрату скорости.

Коэффициент k характеризует степень нарастания энергозатрат при увеличении скорости плавания. Необходимо отметить, что этот коэффициент очень чувствителен и может значительно колебаться, особенно в ограниченном интервале скоростей. В силу использования методики произвольных скоростей движения, интервал скоростей плавания молоди невелик и для кефали колеблется в пределах $2,7\text{--}13,8 \text{ см} \cdot \text{с}^{-1}$, т. е. увеличивается всего в 5 раз. При этом следует отметить, что в этом интервале скорости плавания не выходят за пределы оптимальных. Поэтому при оценке полученного уравнения (7) необходимо помнить, что данная зависимость справедлива только при движении с произвольными оптимальными скоростями плавания. Вполне вероятно, что при движении с более высокими скоростями, а тем более в критических ситуациях, ход кривой будет несколько иной.

В связи с применением в исследованиях методики произвольных скоростей плавания, была сделана попытка выявить связь между скоростями плавания, с одной стороны, и массой и длиной тела мальков, с другой. С этой целью были рассчитаны уравнения типа

$$v_1 = B_1 W^m, \tag{8}$$

$$v_2 = B_2 l^m, \tag{9}$$

параметры которых даны в табл. 4, а графическое изображение зависимостей приведено на рис. 4.

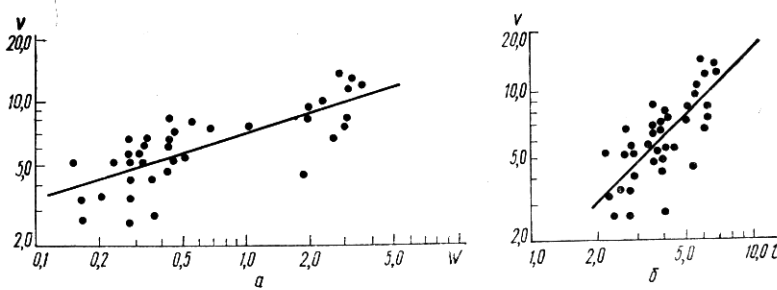


Рис. 4. Зависимость скорости плавания от массы (а) и длины (б) тела у молоди кефали. Шкала логарифмическая. (v, см·с⁻¹, W, г, l, см).

В уравнении (10) коэффициент *m* значительно меньше единицы и линия регрессии (а) идет довольно полого, что свидетельствует о медленном нарастании скорости движения с увеличением массы тела мальков.

Таблица 4

Параметры степенных уравнений, связывающих скорость плавания с массой (а) и длиной (б) тела у молоди кефали

N	n	σ _y	σ _x	r	lg B	B	S _{lg B}	m	S _m	Номер уравнения
а	38	0,180	0,436	0,767	0,8526	7,122	0,1157	0,318	0,043	(10)
б	38	0,180	0,141	0,761	0,2041	1,600	0,1170	0,971	0,134	(11)

В уравнении (11) угловой коэффициент практически равен единице (0,971), что соответствует наклону прямой б (рис. 4) около 45°. Такой наклон линии регрессии говорит о прямой зависимости между скоростью плавания и длиной тела, т. е. при увеличении длины тела мальков пропорционально возрастает и скорость их движения. Имеющиеся в литературе сведения [14, 15, 19], согласуются в этом отношении с нашими данными.

Нами была прослежена связь между массой и длиной тела мальков. Графическое изображение полученного уравнения (*W=Ml^k*) представлено на рис. 5, параметры даны ниже:

n	σ _y	σ _x	r	lg M	M	S _{lg M}	k	S _k	Номер уравнения
65	0,638	0,200	0,983	-2,0904	0,0081	0,1179	3,131	0,0731	(12)

На графике видна отчетливая связь между массой и длиной тела мальков. Рассеяние точек вокруг линии регрессии небольшое, коэффициент корреляции высок (*r*=0,938). Угол наклона линии регрессии (коэффициент *k*=3,13) свидетельствует, что при незначительном уве-

личении длины тела быстро возрастает его масса. Таким образом, на основании проведенных исследований можно заключить, что молодь кефали характеризуется достаточно высоким уровнем энергетического обмена. Прежде всего об этом свидетельствуют высокие уровни общего и основного обмена.

Подвижность, отражающая длительность плавания мальков во время экспозиции, сравнительно высока и в среднем составляет около

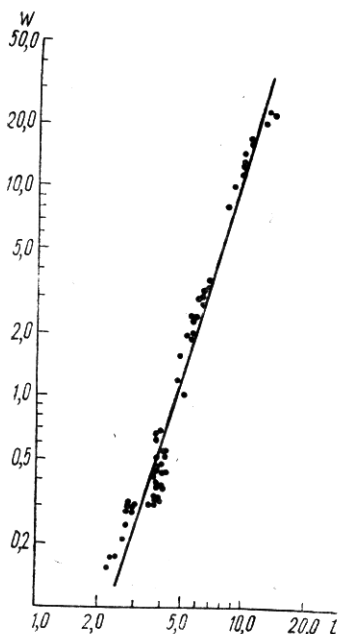


Рис. 5. Зависимость между массой и длиной тела у молоди кефали. Шкала логарифмическая. (W, г, l, см).

84%. Скорость произвольного плавания мальков кефали отличается довольно высокими значениями по сравнению с другими видами молоди, такими как ласкирь (*Diplodus annularis* L.), зеленушка (*Crenilabrus ocellatus* (Forskäl), угорь (*Anguilla anguilla* L.). В то же время затраты энергии на плавание у кефали невелики и при сравнении с мальками других видов, плавающих с той же скоростью ($1 \text{ см} \cdot \text{с}^{-1}$), оказываются наименьшими, что говорит о большей экономичности их движения.

В экспериментах (после периода адаптации) молодь кефали ведет себя относительно спокойно и отличается от других мальков устойчивым плаванием. Чередование периодов движения и покоя достаточно редкое, а длительность периодов плавания выше, чем у других исследованных видов.

Полученные нами результаты хорошо согласуются с экологией этого вида. Кефаль является рыбой обладающей достаточно хорошими плавательными способностями, о чем свидетельствуют совершаемые ею миграции. Тело кефали имеет хорошо обтекаемую веретенообразную форму. По этому показателю и гидродинамическим качествам некоторые исследователи [1] относят кефаль к видам, занимающим промежуточное положение среди подвижных рыб. Форма тела исследованной нами молоди почти ничем не отличается от взрослых рыб, так же хорошо приспособлена к быстрому плаванию.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алеев Ю. Г. Функциональные основы внешнего строения рыбы. М., Изд-во АН СССР, 1963. 247 с.
2. Алексеева К. Д. Влияние мышечной работы на энергетический обмен у рыб.— В кн.: Обмен веществ и биохимия рыб. М., 1967, с. 193—198.
3. Алексеева К. Д. Затраты энергии на движение у кефалей.— Бионика, 1972, вып. 6, с. 7—12.
4. Алексеева К. Д. Скорость энергетического обмена у молоди некоторых средиземноморских рыб.— Гидробиол. журн., 1973, 9, № 5, с. 38—44.
5. Алексеева К. Д. Методика определения активного обмена при произвольном плавании молоди рыб.— Вopr. ихтиологии, 1975, 15, вып. 2, с. 369—371.
6. Белокопытин Ю. С. Потребление кислорода при активном плавании у некоторых рыб Средиземного моря.— В кн.: Экспедиционные исследования в Средиземном море в июле—сентябре 1973 г. К., 1975, с. 20—24.
7. Винберг Г. Г. Интенсивность обмена и пищевые потребности рыб. Минск, Изд-во Белорус. ун-та, 1956. 253 с.
8. Ивлев В. С. Опыт оценки эволюционного значения уровней энергетического обмена.— Журн. общ. биологии, 1959, 22, № 2, с. 94—103.
9. Ивлев В. С. Активный энергетический обмен у мальков балтийского лосося.— Вopr. ихтиологии, 1962, 2, вып. 1, с. 158—168.

10. Ивлев В. С. О параметрах, характеризующих уровни энергетического обмена животных.— В кн.: Применение математических методов в биологии. Л., 1963, с. 146—151.

11. Ковалевская Л. А. Энергетика движущейся рыбы.— Тр. Мор. гидрофиз. ин-та, 1956, 7, с. 161—165.

12. Матюхин В. А. Биоэнергетика и физиология плавания рыб. Новосибирск, «Наука», 1973. 154 с.

13. Шулейкин В. В. Энергетика и скорости миграции рыб, дельфинов, китов.— Тр. Всесоюз. НИИ мор. рыб. хоз-ва и океанографии. 1966, 60, с. 27—39.

14. Blaxter J. H. S. Swimming speeds of fish.— FAO Fish. Repts, 1969, 2, N 62, p. 69—100.

15. Blaxter J. H. S., Dickson W. Observations on the swimming speeds of fish.— J. Cons. perm. int. expl. mer, 1959, 24, N 3, p. 43—47.

16. Brett J. R. The respiratory metabolism and swimming performance of young sockeye salmon.— J. Fish. Res. Board Can., 1964, 21, N 5, p. 1183—1226.

17. Brett J. R. Energy expenditure of sockeye salmon, *Oncorhynchus nerka*, during sustain performance.— J. Fish. Res. Board Can., 1973, 30, N 12, p. 1799—1809.

18. Fry F. E. J. The aquatic respiration of fish. In: The physiology of fishes. Ed. M. E. Brown Vol. 1. New York, Acad. press., 1957, p. 1—64.

19. Fry F. E. J., Cox E. T. A. A relation of size to swimming speed in rainbow trout.— J. Fish. Res. Board Can., 1970, 27, N 5, p. 976—978.

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

Поступила в редколлегию
28.V 1977 г.

K. D. Alekseeva

ENERGY METABOLISM LEVEL IN YOUNG MULLET

Summary

Determination of levels of total, basic and active metabolism during arbitrary swimming, as well as measurements of fish mobility and swimming speed showed that mullet fry belonging to fish with a rather high functional activity is characterized by a high level of energy metabolism.

УДК 597.08:591.121:3.577.3(26)

Ю. С. Белокопытин, Л. В. Ракицкая

ИНТЕНСИВНОСТЬ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБМЕНА МОРСКИХ РЫБ ПРИ АКТИВНОМ ПЛАВАНИИ

Изучение активного обмена помогает решать многие вопросы биоэнергетики рыб, а особенности плавания рыб разных форм и размеров представляют значительный интерес для разработки общих вопросов энергетики активного обмена водных животных. Отсюда понятно внимание, которое уделяют многие исследователи вопросам энергетики плавания рыб [4—7].

В отделе физиологии ИнБЮМ создан специальный прибор для изучения энергетических и гидродинамических показателей рыб при движении. Это кольцевая гидродинамическая труба герметического типа, объемом 47,5 л. Рабочая камера имеет длину 48 см и диаметр ее составляет 16 см. Движение потока воды создается с помощью гребного винта, приводимого в движение электромотором постоянного тока мощностью в 1 кВт. Скорость потока воды может меняться в пределах 40—200 см/с.

В настоящей статье приведены данные по измерению активного обмена у 3 видов черноморских рыб различной экологии, естественной подвижности и формы тела: кефали-сингиля (*Mugil auratus* R.), темного горбыля (*Sciaenops ocellatus* L.) и смарида (*Spicara smaris* (L.)). Масса рыб колебалась в пределах от 20 до 330 г, при длине 14—28 см. Опыты проведены в весенне-осенний сезон при средней температуре воды 15 и 20° С.