

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Апекин В. С., Тронина Т. М. Опыты по стимулированию созревания и нереста кефали (предварительные результаты). — Гидробиологический журнал, 1972, т. VIII, № 1, с. 82—89.

Апекин В. С., Вальтер Г. А., Гнатченко Л. Г. Изменение ооцитов при созревании и получении зрелой икры с помощью гомопластических гипофизарных инъекций у лобана (*Mugil cephalus* L.). — Труды ВНИРО, 1976, т. CXV, с. 13—23.

Апекин В. С., Гнатченко Л. Г. О реакции ооцитов кефалей на гормональные препараты *in vitro*. — Труды ВНИРО, 1976, т. CXV, с. 34—40.

*Induction of maturation of long-finned mullet (*Mugil auratus* Risso) with pituitaries of mullet and carp*

Apekin V. S., Gnatchenko L. G., Valter G. A.

SUMMARY

The maturation of pre-spawning females of long-finned mullet was induced with three fresh pituitaries or pituitaries treated with acetone which were taken from the same species. Fresh pituitaries induced ovulation in 50% of specimens. Pituitaries treated with acetone brought about an insignificant increase in the oil droplets of oocytes. Pituitaries of carp injected twice (2+5 mg in 22—26 h) induced complete maturation. The maturation lasted about 44 hours at the temperature of 19—22°C. The sizes of unswelled eggs varied from 744 to 824 mkm. To obtain mature eggs it is necessary to select specimens with oocytes measuring 525—550 mkm, the minimum size being 475 mkm. The analysis of responses of oocytes to gonadotropins *in vitro* indicated a latent period and a period of maximum susceptibility to gonadotropins. The latter seems to be associated with the effect of the second pituitary injection.

УДК 639.3.043.2:597.593.4

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ОБМЕН И ПИЩЕВЫЕ ПОТРЕБНОСТИ ЛИЧИНОК И МОЛОДИ КЕФАЛИ-ЛОБАНА ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ В ИСКУССТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ

О. Н. Маслова (ВНИРО)

В настоящее время большое внимание уделяется определению пищевых потребностей рыб по количеству утилизированного кислорода (Винберг, 1956; Крохин, 1957; Сказкина, 1970; Сушеня, 1973, и др.).

При выращивании личинок и молоди морских рыб необходимо знать характеристики энергетического и пластического обмена выращиваемых рыб в искусственных условиях. Цель нашего исследования — изучить энергетический обмен личинок и молоди кефали-лобана и определить их пищевые потребности при выращивании в искусственных условиях.

Эксперименты проводились на опорном пункте АзчерНИРО в пос. Заветное. Материалом для опытов служили личинки и мальки кефали-лобана с момента выклева до 30-дневного возраста, массой от 0,15 до 57,2 мг.

Скорость потребления кислорода определяли методом замкнутых сосудов по общепринятой методике (Винберг, 1956; Карпевич, 1960). Респирометры (объем от 10 до 45 мл) с личинками и контрольные помещали в бассейны, где проводилось выращивание. В зависимости от размеров для каждого опыта брали от 5 до 25—30 личинок. Длительность опыта колебалась от 3—4 ч (личинки на выклеве) до 1 ч (30-дневные мальки). Насыщение воды кислородом в конце опытов было не ниже 70% от первоначального. Содержание кислорода в воде определяли по Винклеру. Температура воды была постоянной в течение

ние опыта и соответствовала температуре содержания личинок в бассейнах (22—26°C, а для личинок на выклеве 21—23°C). Так как специально зависимости скорости дыхания от температуры воды не определяли, при расчетах для приведения данных к 20°C и определения уравнения регрессии пользовались коэффициентами температурных поправок в соответствии с «нормальной кривой» Крога (Винберг, 1956). Всего поставлен 121 опыт.

Калорийность личинок и молоди кефали, а также кормовых организмов (науплий артемии) определяли методом мокрого бихроматного сжигания (Остапеня, 1965). Калорийность коловраток принимали равной 0,0008 кал/экз., а сухую массу — 0,16 мкг/экз. (Theilacker, Mc. Master, 1971).

Пищевые рационы рассчитывали по данным респирационных опытов и весового роста личинок и мальков с учетом изменения их калорийности в процессе роста по формуле балансового равенства (Винберг, 1968):

$$0,8C = P + R,$$

где C — рацион;

P — затраты на прирост;

R — затраты на поддерживающий обмен;

0,8 — коэффициент усвояемости.

При определении величины энергетических затрат на поддерживающий обмен поправки на активность не вводили, так как объем респирометров позволял личинкам и малькам активно двигаться. В расчетах использовали оксикалорийный коэффициент 4,83 кал/мл O_2 .

Интенсивность потребления кислорода и калорийность лобана определяли на этапах жизненного цикла, различающихся по характеру питания:

- 1) личинки на выклеве — питание желтком — эндогенное;
- 2) начало и установившееся питание коловратками;
- 3) начало и установившееся питание науплиями артемии;
- 4) питание науплиями артемии и обрастаниями со стенок бассейнов.

Личиночный период развития лобана продолжается 15—17 суток, до достижения массы 1—1,2 мг (масса личинок на выклеве 0,150—0,200). Интенсивность потребления кислорода личинками в этот период возрастает с увеличением массы с 0,637 до 2,487 мкл/ O_2 /мг сырой массы, а количество потребляемого кислорода от 0,101 до 2,988 мкл/ O_2 /ч экз. (табл. 1).

Таблица 1

Потребление кислорода личинками и молодью кефали-лобана ($t=20^\circ C$)

Возраст, сутки	Масса, мг	Потреблено кислорода, мкл/ч		n	Возраст, сутки	Масса, мг	Потреблено кислорода, мкл/ч		n
		на 1 мг	на 1 экз.				на 1 мг	на 1 экз.	
Выклев	0,159	0,637	0,101	14	8	0,256	2,328	0,596	7
1	0,199	0,397	0,079	22	9	0,311	2,752	0,856	2
3	0,180	0,422	0,076	18	10	0,460	0,863	0,397	11
4	0,209	0,445	0,093	10	12	0,959	2,487	2,385	3
5	0,217	0,440	0,096	11	13	1,794	1,666	2,988	3
6	0,271	0,557	0,151	4	15	1,467	1,213	1,780	8
7	0,368	1,152	0,424	3	30	43,000	0,731	32,099	5

Как известно, связь обмена у животных (в том числе и у рыб) с массой тела выражается формулой

$$R = a w^B,$$

где R — величина потребления кислорода одной особью;

w — масса ее тела;

a — коэффициент, численно равный общему обмену у животного, масса которого равна 1;

B — константа, показывающая, с какой скоростью изменяется обмен при увеличении массы.

Методом наименьших квадратов для личинок лобана при 20°C были рассчитаны параметры уравнения, связывающего обмен с массой.

$$R = 1,65 w^{1,752 \pm 0,111},$$

где w — масса тела личинки, мг;

R — величина потребления кислорода одной особью, $\text{мкл O}_2/\text{ч экз.}$, при коэффициенте корреляции, равном 0,837.

К 15-дневному возрасту молодь лобана наряду с науплиями артемии начинает питаться обрастаниями со стенок бассейнов и с этого момента интенсивность потребления кислорода с увеличением массы начинает снижаться. Для мальков кефали-лобана массой от 1 до 57,2 мг рассчитаны следующие параметры уравнения:

$$R = 0,387 w^{0,790 \pm 0,047},$$

где w — масса тела малька, г;

R — величина потребления кислорода одной особью, $\text{мл O}_2/\text{ч экз.}$ при коэффициенте корреляции, равном 0,971.

Данные по калорийности личинок и молоди лобана сведены в табл. 2.

Таблица 2

Возраст личинок, дней после выклева	Масса 1 экз., мг		Калорийность вещества, ккал/г		1 экз., кал	Число определений	Питание
	сырая	сухая	сухого	сырого			
На выклеве	0,190	0,035	7,038	1,281	0,244	11	—
5—7	0,205	0,030	5,837	0,870	0,177	6	Коловраткой
11	0,334	0,052	4,087	0,626	0,210	6	Науплиями артемии
30	46,025	11,025	5,246	1,257	57,401	12	Науплиями артемии и обрастаниями

Примечание. Калорийность науплий артемии составляет 0,014 кал/экз., или 4,980 ккал/г сухого вещества.

Суточные рационы личинок и мальков кефали с момента перехода на активное питание (четвертые сутки после выклева) до 30-дневного возраста представлены в табл. 3. Рационы личинок в первые дни после перехода на питание коловраткой увеличиваются с 23% от массы тела до 48% на пятый день питания (9 суток после выклева), а на 15—30 сутки после выклева составляют 88,8%. При питании более калорийной пищей (науплии артемии) рационы личинок и молоди кефали были ниже — 22—25 и 45—46% от массы тела соответственно.

Пищевые рационы личинок и молоди кефали-лобана

Возраст, сутки	Масса, мг		Среднесуточный прирост сухого вещества		Траты на поддерживающий обмен, кал/сут	Суточный рацион			Число кормовых организмов в сутки на личинку	
	сырая	сухая				кал	% от сырой массы тела			
			%	кал			коло-вратки	науп-лии ар-темии	коло-вратки	науп-лии ар-темии
3	0,206	0,031	—	—	—	—	—	—	—	—
4	0,213	0,032	3,9	0,0018	0,0193	0,0264	23,2	—	33	—
5	0,236	0,036	7,5	0,0160	0,0232	0,0490	38,7	—	61	—
8	0,352	0,054	15,0	0,0227	0,0467	0,0867	44,5	22,2	108	6
9	0,411	0,064	17,5	0,0258	0,0610	0,1085	48,0	25,3	136	8
15	1,310	0,216	22,5	0,1578	0,3593	0,6463	89,4	45,6	808	46
23	5,899	1,048	21,9	0,9604	0,9168	2,3465	72,1	36,9	2 933	168
30	53,996	10,736	39,4	16,4156	4,4601	26,0946	87,6	44,9	32 618	1864

Средние кормовые коэффициенты при кормлении личинок и молоди коловратками и науплиями артемии были равны 3,9 и 2,0 соответственно.

Математическая обработка данных по весовому росту кефали и суточных рационов, рассчитанных респирационным методом, показала, что величина рационов находится в параболической зависимости от массы тела личинок и молоди, которая может быть выражена степенным уравнением (Сушня, 1973) типа

$$C = q w^m,$$

где C — суточный рацион, мг/экз., или шт./экз.;

w — масса личинок или молоди, мг;

q — константа, определяющая уровень потребления пищи в определенных условиях за единицу времени при массе животного в 1 мг;

m — коэффициент, определяющий скорость изменения величины рациона при возрастании массы.

При помощи метода наименьших квадратов рассчитали общие уравнения, отражающие данную зависимость в пределах изученного весового диапазона кефали (при 24—25°C):

при питании коловраткой:

$$C = 0,579w^{1,14 \pm 0,045} \quad C \text{—в мг/экз.},$$

$$C = 398w^{1,14 \pm 0,045} \quad C \text{—в шт./экз.}$$

коэффициент корреляции — 0,998;

при питании науплиями артемии:

$$C = 0,416w^{1,003 \pm 0,038} \quad C \text{—в мг/экз.};$$

$$C = 32w^{1,003 \pm 0,038} \quad C \text{—в шт./экз.},$$

коэффициент корреляции — 0,995.

На основании среднесуточных приростов и суточных пищевых рационов, рассчитанных респирометрическим способом, определили коэффициент использования энергии на прирост (K_2 по Ивлеву, 1962), который при данных условиях выращивания с момента установления

питания науплиями артемии в среднем был равен 47,9%, а к 30-дневному возрасту достиг максимальной величины — 75%.

В. С. Борисенко (1978) определил максимальные часовые рационы личинок и молоди кефали при кормлении их коловратками и науплиями артемии. В результате проведенных опытов установили, что средняя продолжительность переваривания пищи личинками калкана при 16—17°C равна 4 ч. Так как личинок и молодь кефали выращивают при температуре 24—25°C, продолжительность переваривания пищи условно можно принять равной 3 ч.

Если предположить, что кефаль захватывает корм порциями, а продолжительность переваривания каждой порции равна 3 ч, то за светлый период суток (около 18 ч) максимальный суточный рацион молоди кефали равен, по крайней мере, 5 максимальным часовым рационам.

На основании максимальных суточных рационов и затрат на поддерживающий обмен по формуле балансового равенства рассчитали затраты на прирост. Возможный весовой рост кефали при максимальных рационах представлен в табл. 4.

Таблица 4

Возраст, сутки после выклева	Фактический весовой рост, мг	Весовой рост при максимальных суточных рационах	Весовой рост при максимальном $K_2=75\%$
10	0,780	0,780	0,780
15	1,310	8,709	15,734
20	3,355	50,051	97,887
25	11,105	147,459	365,587
30	53,996	382,559	1025,030

Зависимость максимальных пищевых рационов от массы кефали при кормлении науплиями артемии выражается уравнением:

$$C = 0,702w^{0,741} \quad C—\text{в мг/экз.},$$

$$C = 54w^{0,741} \quad C—\text{в шт./экз.}$$

Коэффициент использования энергии пищи на прирост в этом случае выше, чем при экспериментальном выращивании кефали и снижается с 75% у 10-дневных личинок до 52% у 30-дневных мальков.

Винберг (1966, 1968) предложил уравнение, с помощью которого можно рассчитать кривую роста при данной температуре по дыханию, коэффициенту использования энергии на прирост (K_2) и начальной массе:

$$w_t = \left[N \left(1 - \frac{a}{b} \right) t + w_0 \right]^{1 - \frac{a}{b}} \frac{b}{b-a},$$

где $N = T_1 \frac{K_2}{1-K_2}$ — константа;

T_1 — энергетические траты на обмен на единицу биомассы животного;

$\frac{a}{b}$ — показатель степени в уравнении зависимости скорости дыхания от массы;

t — время (сутки);

w — начальная масса (мг),

При среднем значении $K_2 = 47,9\%$ графически было найдено приближенное значение $N = 0,2435$, отсюда находим $T_1 = 0,265 \frac{a}{b} = 0,79$; $\frac{b}{b-a} = 4,76$, w_0 — массу личинок на 10-е сутки после выклева, $w^{0,21} = 0,949$.

Если предположить, что K_2 равно его максимально возможному значению — 0,75, тогда $N = 3T_1 = 0,795$, а уравнение примет вид:

$$w_t = (0,167 t + 0,949)^{4,76}.$$

С помощью этого уравнения можно определить потенциальные возможности роста молоди кефали при 24—25°C до месячного возраста (см. табл. 4).

Для обеспечения такой скорости роста зависимость суточного рациона от массы молоди кефали при кормлении науплиями артемии определяется уравнением

$$C = 0,897w^{0,862 \pm 0,017} \quad C \text{ — в мг/экз.};$$

$$C = 69w^{0,862 \pm 0,017} \quad C \text{ — в шт./экз.},$$

коэффициент корреляции — 0,999.

Из полученных данных видно, что интенсивность потребления кислорода личинок лобана возрастает с увеличением массы почти в 4 раза. На такое возрастание этого показателя в личиночный период, которое можно объяснить завершением формирования дыхательного аппарата, пищеварительного тракта, а также постепенным переходом к активному образу жизни, указывали Сказкина (1970) и Мухамедова (1977).

С наступлением малькового периода жизни (при достижении массы 1—1,2 мг) интенсивность потребления кислорода молоди начинает снижаться с увеличением массы. Очевидно на этом этапе вступает в силу основная закономерность энергетического обмена — с увеличением массы животного, уровень его обмена снижается.

Наши данные мы можем сравнить с результатами Цейтена (Zeithen, 1947, цит. по Винбергу, 1956), полученными при измерении газообмена у молоди некоторых видов морских рыб (массой 0,005—1,5 г). Эти графические данные в пересчете Винберга выражаются формулой $R = 0,328w^{0,71}$.

К. К. Яковлева (1968) для молоди кефали (массой от 0,021 до 1,75 г) получила равенство $R = 0,310w^{0,67}$. Ю. С. Белокопытин (1973) получил для кефали (1,5—80 г) уравнение стандартного обмена $R = 0,572w^{0,73}$. Для различных взрослых морских рыб, проанализировав работы многих авторов, Г. Г. Винберг (1956) приводит следующее уравнение $R = 0,321w^{0,79}$.

Как видно из приведенных уравнений, у мальков морских рыб интенсивность обмена в зависимости от массы изменяется более резко, чем у взрослых рыб, о чем свидетельствует низкое значение коэффициента b . Это позволяет малькам экономнее расходовать энергию. Высокое значение вычисленного нами коэффициента b , равного коэффициенту b в уравнении для взрослых рыб, можно объяснить тем, что при искусственном выращивании молодь содержится в ограниченном пространстве (бассейны, объемом 2 м³) и ей не нужно проплывать значительные расстояния в поисках корма (корм вносится в выростные емкости регулярно).

Из приведенных данных фактического роста личинок и молоди кефали и суточных рационов, обеспечивших такой рост, видно, что коэффициент использования энергии пищи на прирост до 15-дневного возраста (1,31 мг) в среднем был равен 47,9%, а к 30-дневному возрасту (54 мг) достиг максимальной величины — 75%. Такое пониженное значение K_2 до 15-дневного возраста можно объяснить недостаточной концентрацией корма в выростных емкостях в этот период и, как следствие этого, более низким уровнем потребления пищи при данных условиях в единицу времени при единице массы.

Известно, что наряду со специфическими особенностями использования энергии на рост у разновозрастных животных на этот показатель могут влиять также некоторые абиотические и биотические факторы. Например, повышенное потребление пищи при ее избытке в среде или повышенный расход энергии на поиски при ее недостатке и др. Наличие тех или иных неблагоприятных условий приводит к повышению энергетического обмена и снижению доли энергии, используемой на прирост массы тела. Многими авторами отмечается также, что доля энергии, идущая на прирост массы тела, постепенно снижается.

При расчете возможного роста молоди при максимальных рационах K_2 , подчиняясь общей закономерности, снижается с максимально возможной величины 75% (10-е сутки после выклева) до 52% (30-е сутки после выклева). Однако рассчитанные В. С. Борисенко максимальные рационы молоди кефали (питание науплиями артемии) являются максимальными только при условиях, созданных при проведении опыта. При создании же условий, полностью удовлетворяющих всем потребностям молоди (температура и соленость воды, содержание кислорода в воде, рН среды, световой режим, концентрация высококалорийных легкоусвояемых кормов и др.), при которых рост шел бы при постоянном коэффициенте использования энергии пищи на прирост (75%) в течение первого месяца жизни, уровень потребления пищи должен быть выше рассчитанных максимальных рационов приблизительно на 25%, а молодь за этот период могла бы достичь массы 1 г.

Таким образом, полученные характеристики пластического и энергетического обмена молоди кефали-лобана и рассчитанные по ним пищевые рационы невелики, что, очевидно, связано с неполным удовлетворением потребностей молоди, выращиваемой при искусственных условиях.

Выводы

1. Интенсивность потребления кислорода личинками лобана увеличивается с увеличением их массы с 0,637 до 2,487 мкл O_2 /ч на 1 мг, а после наступления малькового периода интенсивность потребления кислорода начинает снижаться с увеличением массы. Зависимость скорости дыхания молоди кефали от массы выражается уравнением $R = 0,387\omega^{0,79}$.

2. Суточные пищевые рационы подобно скорости дыхания находятся в степенной зависимости от массы тела личинок и молоди кефали и выражаются следующими формулами: $C = 0,579\omega^{1,14}$ (питание коловраткой); $C = 0,416\omega^{1,003}$ (питание науплиями артемии).

3. Проведенные расчеты позволяют предположить, что при создании оптимальных условий, обеспечивающих рост при постоянном коэффициенте использования энергии пищи на рост (75%) в течение первого месяца жизни, уровень потребления пищи должен быть выше: $C = 0,897\omega^{0,862}$, а молодь за этот период могла бы достичь массы 1 г.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- Белокопытин Ю. С. Исследования основного обмена у черноморских рыб. — Труды ВГО, 1973, т. 18, с. 117—128.
- Борисенко В. С. Влияние концентраций корма на рацион молоди кефали — лобана. — Рыбное хозяйство, 1978, № 4, с. 22—23.
- Винберг Г. Г. Интенсивность обмена и пищевые потребности рыб. — Минск: Изд-во Белорусского Государственного Университета, 1956. 251 с.
- Винберг Г. Г. Интенсивность обмена и пищевые потребности рыб. — Успехи современной биологии, 1966, т. 61, вып. 2, с. 274—293.
- Винберг Г. Г. Взаимозависимость интенсивности обмена и скорости роста у животных. — Биология моря, 1968, вып. 15, с. 5—15.
- Ивлев В. С. Метод вычисления количества пищи, потребляемой растущей рыбой. — Биология внутренних водоемов Прибалтики. М.—Л., 1962, с. 132—137.
- Карпевич А. Ф. Выносливость рыб и беспозвоночных при изменении солёности среды и методики ее определения. — Труды Карадагской биологической станции АН УССР, 1960, вып. 16, с. 86—131.
- Крохин Е. М. Определение суточных пищевых рационов молоди красной и трехиглой колюшки респирационным методом. — Известия ТИНРО, 1957, т. 44, с. 97—111.
- Мухамедова А. Ф. Уровень стандартного обмена молоди белого толстолобика *Hypophthalmichthys molitrix* (val). — Вопросы ихтиологии, 1977, т. 17, вып. 2(103), с. 330—337.
- Остапеня А. П. Полнота окисления органического вещества водных беспозвоночных методом бихроматного окисления. — Доклады АН БССР, 9, № 4, 1965.
- Сказкина Е. П. Энергетический обмен и пищевые рационы стальноголового лосося в условиях Чернореченского форелевого хозяйства. — Труды ВНИРО, 1970, т. 76, с. 130—134.
- Сушня Л. М. Количественные закономерности питания в связи с обменом и ростом ракообразных. — Труды ВГО, 1973, т. 18, с. 93—116.
- Яковлева К. К. Интенсивность обмена у мальков кефали и ставриды. — Биология моря, 1968, вып. 15, с. 99—103.
- Theilacker, G. H., M. F. McMaster. Mass culture of the rotifer *Brachionus plicatilis* and its evaluation as food for larvae anchovies. *Mar. Biol.*, 1971, 10, p. 183—188.

Energy metabolism and food requirements of cultivated larvae and young of grey mullet

Maslova O. N.

SUMMARY

The food requirements of larvae and young of grey mullet were estimated in tanks. The rations were calculated by the balance equation (Vinberg, 1956). The relations of the oxygen uptake and the weights of larvae and young are expressed as $R=1.65W^{1.752}$ and $R=0.387W^{0.79}$ respectively. The relations of daily rations and weight of the young are described as $C=0.579W^{1.14}$ when they were fed with rotifers and $C=0.416W^{1.003}$ when they consumed *Artemia nauplii*.

УДК 574:639.64

ИЗУЧЕНИЕ ГАМЕТОФИТА ЛАМИНАРИИ ЯПОНСКОЙ В СВЯЗИ С ЕЕ КУЛЬТИВИРОВАНИЕМ

В. Н. Мальцев (ТИНРО)

Дальневосточные моря наиболее богаты как по видовому составу, так и по биомассе водорослей. Среди бурых водорослей, произрастающих у берегов Приморья, основным промысловым видом является ламинария японская (*Laminaria japonica* Aresch.), которая издавна употреблялась в пищу, а также как лекарственное и профилактическое средство во многих приморских странах Восточной Азии. В настоящее вре-