

**ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ОБМЕН И ПИЩЕВЫЕ ПОТРЕБНОСТИ
СЕГОЛЕТКОВ ПОЛОСАТОГО ОКУНЯ MORONE SAXATILIS
MITCHILL**

Е. П. Сказкина

Энергетический обмен полосатого окуня, акклиматизируемого в водоемах СССР, изучали для выяснения оптимального режима выращивания и содержания молоди и установления ее пищевых потребностей.

Использование уровней энергетического и пластического обмена в качестве критериев физиологического состояния молоди позволило установить важнейшие факторы, определяющие успешное выращивание сеголетков (Сказкина, 1972). Эти же характеристики, полученные при оптимальных вариантах выращивания, послужили основой для расчета пищевых рационов.

Эксперименты проводили в 1970—1971 гг. в аквариальной ВНИРО и на садковой базе в г. Азове. Материалом служили мальки и сеголетки полосатого окуня в возрасте от 20 суток после выклева до 11 месяцев массой от 0,06 до 115 г.

Респирационные опыты ставили методом замкнутых сосудов по общепринятой методике в склянках емкостью 0,1—5 л на единичных рыбах. Температура воды соответствовала температуре обитания рыб. Исключение составляли опыты при 5,5 и 14,5°С. К каждой из этих температур рыб предварительно акклимировали, постепенно снижая (8 суток) или повышая (3 суток) ее от 11°С (температура воды в бассейне, где содержались рыбы). Продолжительность опыта составляла 40—90 мин. Содержание кислорода определяли по Винклеру. Результаты экспериментов обсчитывали на ЭВМ «Минск-22» по программе, разработанной совместно с АСУОР АзчерНИРО (Горкавенко, Краснова, Сказкина, 1973). Для оценки изменений стандартного обмена полосатого окуня в зависимости от температуры устанавливали величину коэффициента Q_{10} по формуле

$$Q_{10} = \frac{T_2 - T_1}{10} = \frac{K_2}{K_1},$$

где K_1 и K_2 — скорости потребления O_2 при T_1 и T_2 .

Характеристики весового роста полосатого окуня получены при экспериментальном выращивании в пруду с плотностью посадки 24 тыс. шт/га в г. Азове в 1971 г. (Горелов и др., 1973). Суточные приросты окуня (C_w) рассчитывали по среднемесячным массам по формуле

$$C_w = \left[10^{\frac{1}{n} (\lg w_n - \lg w_0)} - 1 \right] 100,$$

где w_0 и w_n — средняя масса в начале и конце рассматриваемого периода;
 n — продолжительность выращивания, сутки.

Калорийность мышц окуня принимали равной 1200 кал/г, корма —

рыбного фарша из густеры, плотвы, молоди леща — 100 кал/г (Клейменов, 1962). Величину пищевых потребностей рассчитывали по формуле балансового равенства (Винберг, 1966)

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

где C — рацион;
 R — траты на обмен;
 P — траты на прирост;
 $0,8$ — показатель усвоения пищи.

В связи с большой двигательной активностью окуня величину стандартного обмена при расчете R удваивали. Использовали оксикалорийный коэффициент 4,86 кал/мл O_2 (Ивлев, 1939).

Результаты изучения стандартного обмена полосатого окуня при $T = 5,5 \div 29,5^\circ C$ (табл. 1). Для каждой из температур рассчитаны параметры уравнения, связывающего обмен с массой,

$$R = Aw^B,$$

где R — количество потребленного кислорода;
 w — масса;
 A — обмен животного массой 1 г;
 B — показатель скорости, с которой обмен изменяется с увеличением массы животного.

Высокие коэффициенты корреляции между R и w (r от +0,809 до +0,999) указывают на тесную связь между этими показателями. Минимальные значения интенсивности обмена у окуня наблюдаются при $5,5^\circ C$, максимальные при $29,5^\circ C$. Как видно из данных табл. 1, возрастание обмена при повышении температуры от $5,5$ до $22,5^\circ C$ происходит равномерно — $Q_{10} = 2,53 \div 2,24$. В интервале $22,5$ — $25,5^\circ C$ темп возрастания обмена снижается ($Q_{10} = 1,37$). Дальнейшее повышение температуры до $29,5^\circ C$ вновь вызывает повышение обмена ($Q_{10} = 2,05$). Уровень обмена окуня при $20^\circ C$ получен графически и выражен следующими характеристиками: $R = 0,51 w^{0,7}$.

Таблица 1
 Зависимость стандартного обмена полосатого окуня от температуры

№	$T, ^\circ C$	$R = Aw^B$	r	Q_{10}	n
1	5,5	$0,129w^{0,80}$	0,956	2,53	40
2	7,5	$0,161w^{0,82}$	0,992		80
3	11,5	$0,215w^{0,82}$	0,998	2,24	76
4	17,5	$0,410w^{0,72}$	0,889		87
5	20,0	$0,51w^{0,7}$	0,921	2,04	80
6	22,5	$0,626w^{0,72}$			
7	25,5	$0,615w^{0,77}$	0,980	1,37	72
8	28,0	$0,738w^{0,80}$	0,969	2,05	110
9	29,5	$0,820w^{0,77}$	0,806		

До недавнего времени отношение окуня к важнейшим факторам среды, в том числе и к температуре, оставался необъясненным. По нашим наблюдениям, мальки полосатого окуня не только хорошо переносят температуру выше $20^\circ C$, но и дают максимальный прирост при температуре выше $20^\circ C$. Как видно из табл. 1, в зоне 22 — $26^\circ C$ происходит относительная стабилизация обменных процессов, которая выражается в постоянном уровне энергетических затрат. Подобная стабилизация обмена в границах определенных температур была получена для многих рыб (Graham, 1949; Fry, 1947; Schmeing-Engberding,

1953; Строганов, 1956), моллюсков, ракообразных и иглокожих (Vernberg a. Vernberg, 1959; Halcrov, 1963 и др.).

Интервалы температуры, в которой стабилизируется обмен, близки к обычным температурным условиям биотопа, т. е. к температурам, предпочитаемым в условиях градиента (Precht, 1968). Таким образом, полосатый окунь эвритермный, но теплолюбивый вид, что можно связать с его образом жизни летом в прибрежной зоне эстуарных и дельтовых районов. Он принадлежит к числу рыб с высоким уровнем обмена. Полученные характеристики обмена окуня при 20° С выше среднего уровня обмена морских рыб (Винберг, 1966) и приближаются к уровню обмена быстрых стремительных рыб типа черноморской кефали (Белокопытин, 1973; Алексеева, 1970).

Весовой состав и пищевые рационы полосатого окуня. Регулируемое кормление — важнейший элемент выращивания рыб. Пищевые рационы для полосатого окуня рассчитывали с мая по март для рыб всех размеров при преобладающих температурах. Рассмотрим особенности весового роста окуней из экспериментального пруда в г. Азове и аквариальной в Керчи в 1971 г. Как видно из табл. 2, при искусственном кормлении окуни на первом году жизни в среднем достигают массы 85 г. Максимальный прирост (5—6,5 % от массы тела в сутки) приходится на лето, минимальный (0,5—0%) — на зиму. Как и у других рыб, с увеличением массы и размера суточные приросты уменьшаются. Энергия, используемая окунем на пластический обмен, составляет 20—40% общих затрат организма, 60—80% расходуется на поддерживающий обмен.

Как видно из табл. 3, в мае при 15° С окуни массой 0,2—1,5 г потребляют в сутки личинок хирономид 22,6—19,3% от массы тела. При кормлении молоди рыбным фаршем с более высокой калорийностью, чем хирономиды, ее рацион составляет 17—19% в сутки. С повышением температуры затраты на прирост и поддерживающий обмен возрастают и, естественно, увеличиваются рационы: при 22,5° С они уже достигают 43% (хирономиды) и 37% (фарш). Максимальные затраты на прирост и поддерживающий обмен приходятся на июнь—июль, когда температуры достигают 28—30° С. Им соответствуют максимальные рационы — до 38% от массы тела. В августе весовой рост начинает снижаться и величины пищевых рационов уменьшаются. При 25° С они уже составляют 23—13,5%.

В сентябре с похолоданием резко снижается интенсивность дыхания, соответственно уменьшаются и рационы. При температуре 17° С суточное потребление корма сеголетками, имеющими массу 40—80 г, уже составляет всего 5,2—4% массы тела. Зимой из-за низкой температуры затраты на поддерживающий обмен и прирост минимальны, и рационы при 5—7° С составляют 3,9—1,7% массы окуней. При темпера-

Таблица 2

Средняя масса и приросты полосатого окуня на первом году жизни

Показатели	Месяцы					
	V—VI	VI—VII	VII—VIII	VIII—IX	X*	XI—III*
Средняя температура, °С	20	26	28	22	15	12—0
Средняя масса, г	0,9	5,2	22,0	44,5	74,0	85,0
Прирост, % от массы тела	5,3	6,5	5,0	1,6	1,4	0,5—0

* Выращивание в X и XI—III месяцах проводили в аквариальной АзчерНИРО.

Таблица 3
Суточные рационы сеголетков полосатого окуня (в % к массе тела) при кормлении мотылем и рыбным фаршем

Температура, °С	Май—июнь			
	0,2 г	0,6 г	1 г	1,5 г
15	22,6	21,1	19,9	19,3
	19,2	17,8	16,9	16,6
20	37,5	31,2	27,0	24,9
	31,9	26,4	23,0	21,1
22	43,0	36,0	30,5	28,1
	37,0	30,6	26,0	23,8
Июль				
	0,5 г	2 г	4 г	8 г
25	32,0	24,1	21,2	18,8
28	33,7	27,5	25,1	22,9
30	38,0	28,6	26,1	23,3
Август				
	2 г	10 г	20 г	40 г
25	23,0	17,0	15,5	13,5
28	26,0	20,4	20,0	17,0
30	27,5	20,8	20,0	16,5
Сентябрь				
	10 г	20 г	40 г	80 г
17	8,1	6,4	5,2	4,0
22	12,2	10,6	7,6	6,7
Октябрь				
	10 г	20 г	50 г	100 г
12	6,6	6,2	5,3	4,3
15	8,6	7,9	6,8	5,8
Ноябрь—март				
	10 г	20 г	50 г	100 г
5	3,1	2,6	2,0	1,7
7	3,9	3,3	2,6	2,3

Примечание. Рационы: в мае—июне в числителе—личинки хирономид, в знаменателе—фарш, в июле—марте—фарш. Под месяцами—масса рыб.

туре ниже 5°С окуни, по нашим наблюдениям, практически не питаются.

Крупные особи съедают корма больше, чем мелкие, но в относительных величинах (% от массы тела) интенсивность их питания падает, что связано с уменьшением затрат на поддерживающий обмен с увеличением массы. Так, окунь массой 0,5 г при температуре 25°С

в июле съедает в сутки такое количество рыбного фарша, которое составляет 32% от его массы, при той же температуре рацион 8-граммового окуня составляет всего 18,8%.

Сопоставление суточных рационов, рассчитанных респирационным методом, и эмпирических при выращивании в прудах с высокой плотностью посадки показывает, что расчетные рационы несколько ниже, что можно объяснить рассеиванием части пищи и ее размыванием при кормлении. В целом же наблюдается соответствие между характером изменения рассчитанных и эмпирических рационов на протяжении периода выращивания, связанное с возрастом и ростом молоди и изменением температуры воды в водоеме.

Полученные нами величины рационов близки к рационам других хищников: североамериканского судака *Stizostedion vitreum vitreum* (Kelso, 1972), мальков щуки (Карзинкин, 1952) и др.

Эффективность утилизации окунем пищи на рост оценивали по кормовому коэффициенту $КК$ и $К_2$. При кормлении рыбным фаршем кормовой коэффициент составляет 3,7—4,5. Низкие коэффициенты приходятся на июнь—август. Показатель использования на рост физиологически полезной части пищи также достигает оптимальных величин (40—41%) летом. Кормовые коэффициенты у полосатого окуня ниже, чем у речного окуня—5,7 (Кривобок, 1952), щуки—8,8 и судака—6 (Фортунатова, 1950, 1955) на первом году жизни. Использование физиологически полезной части рациона на рост окунем, достигающее 41%, характеризует его как быстро растущую рыбу. $К_2$ у карпов на первом году жизни составляет 47% (Шпет и Козадаева, 1963). Для мальков щук после различных периодов голодания В. С. Ивлев установил $К_2$ от 39,6 до 49,7% (табл. 4).

Низкие значения кормового коэффициента и высокие значения $К_2$ свидетельствуют о высоких продуктивных возможностях окуня и позволяют надеяться на успешное его использование в качестве объекта рыбоводства и акклиматизации в водоемах южной зоны СССР.

Таблица 4
Использование пищи на рост полосатым окунем на первом году жизни

Коэффициенты	Месяцы				
	V—VI	VI—VII	VII—VIII	VIII—IX	X
$КК$	4,3	3,7	3,8	4,4	4,5
$К_2$, %	35	41	40	34	33

Выводы

1. Стандартный обмен молоди полосатого окуня высок: $R=0,51$, $W=0,7$ и приближается к уровню обмена быстрых стремительных рыб типа черноморских кефалей.

2. Относительная стабилизация обмена у окуня отмечена при температуре 22—26° С, что можно объяснить его теплолюбивостью.

3. Максимальные суточные приросты окуня: 5—6,5% от массы тела приходятся на летние месяцы с высокими температурами. Осенью скорость роста массы снижается до 1,6—0,5%, а зимой при температуре ниже 5° С рост прекращается.

4. Методом балансового равенства рассчитаны пищевые рационы молоди для первого года выращивания и установлена их зависимость от массы рыб и температуры среды.

5. Эффективность утилизации окунем пищи на рост (K_2 достигает 41%, кормовой коэффициент составляет всего 3,7—4,5) свидетельствует о его высоких продукционных возможностях.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- Алексеева К. Д. Определение общего, активного и основного обмена у рыб различной экологии. — В кн.: Экспедиционные исследования в Средиземном море в августе — сентябре 1969 г. (64-й рейс НИС «Академик Ковалевский»). Киев, 1970, с. 49—53.
- Белокопытин Ю. С. Исследования основного обмена у черноморских рыб. — В кн.: Энергетический обмен водных животных. М., 1973, с. 117—127.
- Винберг Г. Г. Интенсивность обмена и пищевые потребности рыб. Минск, Изд. Белорусского гос. ун-та, 1966, с. 252.
- Акклиматизация полосатого окуня в Азово-Черноморском бассейне. М., ОНТИ ВНИРО, 1973, с. 40. Авт.: В. К. Горелов, Т. П. Стребкова, Ж. Т. Дергалева, Е. П. Сказкина.
- Горкавенков В. Д., Краснова Е. А., Сказкина Е. П. Алгоритм и программа статистической обработки экспериментальных данных по энергетическому обмену рыб в связи с вопросами акклиматизации и рыбоводства. М., ВНИРО, 1973, 23 с.
- Ивлев В. С. Энергетический баланс карпов. — «Зоологический журнал», 1939, т. XVIII, вып. 2, с. 303—328.
- Карзинкин Г. С. Основы биологической продуктивности водоемов. М., Пищепромиздат, 1952. 328 с.
- Клейменов И. Я. Химический и весовой состав рыб в водоемах СССР и зарубежных стран. М., изд-во «Рыбное хозяйство», 1962. 143 с.
- Кривобок М. Н. Питание и рост молоди окуня. — Доклады по биологии, систематике и питанию рыб. 1952, вып. 2, с. 27—38.
- Сказкина Е. П. Энергетический и пластический обмен североамериканского полосатого окуня в связи с акклиматизацией в Черном море. Тезисы докладов. — В сб.: «Материалы симпозиума «Энергетические аспекты роста и обмена водных животных». Киев, 1972, с. 203—204.
- Строганов Н. С. Физиологическая приспособляемость рыб к температуре среды. М., Изд-во АН СССР, 1956. 154 с.
- Фортунатова К. Р. Биология питания морского ерша. — «Труды Севастопольской биологической станции», 1950, т. 11, с. 193—205.
- Фортунатова К. Р. Методика изучения питания хищных рыб. — «Труды совещания по методике изучения кормовой базы рыб». 1955, с. 137—187.
- Шпет Г. И., Козадаева Т. В. Энергетический и белковый баланс нагульного карпового пруда. — «Повышение продуктивности прудов», 1963, т. 15, с. 3—243.
- Fry, F. G. J. Effect of the environment on animal activity. Univ. Toronto Stud., Biol. Ser., 1947, v. 55, 1—62.
- Graham, J. M. Some effects of temperature and oxygen pressure on the metabolism and activity of the speckled trout (*Salvelinus fontinalis*). Canad. J. Res. 1949, v. 27, No. 5, p. 270—288.
- Halcrow, K. Acclimation to temperature in the marine copepod (*Calanus finmarchicus* Gunner). Limn. and Oceanogr., 1963, 1—24.
- Kelso, Y. R. M. Conversion, maintenance and assimilation for walleye (*Stizostedion vitreum vitreum*) as affected by size, diet, and temperature. J. Fish. Res. Bd. Canada, 1972, v. 29, 1181—1191.
- Precht, H. Der Einfluß «normaler» Temperaturen auf Lebensprozesse bei wechselwarmen Tieren unter Ausschluß der Wachstums und Entwicklungsprozesse. Helgolender Wiss. Meeresunters. 18, N 4, 1968, 487—548.
- Schmeing-Engberding, F. Die Vorzugstemperaturen einiger Knochenfische und ihre physiologische Bedeutung. Z. f. Fischerei, Bd. 2, H. 1—2, 1953, 122—125.
- Vernberg, F. J. a. Vernberg W. B. Studies on the physiological variation between tropical and temperate zone fiddler crabs of the genus *Uca*. Comp. Biochem. Physiol., v. 17, 1959, 363—374.

Energetic metabolism and food requirements of one—summer—olds of the striped bass (*Morone saxatilis*)

E. P. Skazkina

SUMMARY

Rates of plastical and energetic metabolism were experimentally found for yearlings of the striped bass and food requirements were estimated. They ranged from 43 to 1,7% from the body weight with regard to the temperature of water and zise of a specimen. The food utilization factor for growth (K_2) amounted to 33—41% which suggests high productive abilities in the striped bass in the first year of their life.