

УДК 639.215.2:639.3.043:639.331.4

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СЕГОЛЕТКАМИ КАРПА ЭНЕРГИИ КОРМА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ОБЪЕМА РАЦИОНА И ТЕМПЕРАТУРЫ ВОДЫ

В. А. ВЛАСОВ

(Кафедра прудового рыбоводства)

В статье показано, что путем варьирования объема потребляемого корма и температуры воды можно получать больший прирост массы- и изменять энергозатраты на основной обмен.

В интенсивном рыбоводстве важное значение имеет рациональное полноценное кормление рыб. В целях повышения эффективности их кормления необходимо располагать данными о физиологических и биохимических особенностях питания рыб и прежде всего об энергетическом и пластическом обмене.

Сведений о влиянии температуры воды [1, 2, 11, 13], объема рациона [3, 12] и их совместном действии [5, 9, 14—16] на энергетический и пластический обмен у рыб и водных беспозвоночных пока немного. Крайне мало изучены данные вопросы и по отношению к сеголеткам карпа, причем полученные результаты в ряде случаев противоречивы и неоднозначны. В этой связи несомненный научный и практический интерес представляет исследование распределения энергии рациона на поддержание жизни и рост сеголеток карпа, выращиваемых при оптимальной температуре воды (21—28 °С). Указанной проблеме и посвящено настоящее сообщение.

Методика

Опыты проводили в 1986 г. в 85-литровых аквариумах, размещенных в лаборатории кафедры прудового рыбоводства Тимирязевской академии. Для очистки воды от экскрементов аквариумы были оснащены эрлифтами с гравийными фильтрами, а для поддержания оптимального кислородного режима — микрокомпрессорами типа МК-2. Один раз в 3 дня для снижения в воде концентрации продуктов метаболизма рыб около 30 % воды заменяли свежей.

В качестве подопытного посадочного материала использовали сеголеток чешуйчатого карпа с массой 5—12 г, выращенных в выростном пруду рыбхоза «Егорьевский» Московской области. В период исследований проведены три серии опытов (температура воды 21, 25 и 28 °С), их схема представлена в табл. 1. Необходимую температуру воды в аквариумах поддерживали с помощью электронагревателей с программным управлением. Каждый опыт проходил в 2 этапа: подготовительный (7 дн.), когда рыба адаптировалась к новым экологическим условиям и к потреб-

лению задаваемого корма; опытный (28 дн.), в течение которого изучались рост рыб, их химический состав, эффективность использования корма в зависимости от температуры воды и объема рациона.

Кормили рыб (за исключением 1-го варианта) ежедневно 2 раза в сутки. Суточная норма корма по вариантам колебалась от 0,5 до 2,5 % к массе рыб. Вариабельность объема рациона позволяла установить объем поддерживающего рацио-

Таблица 1

Схема опытов

Температура, °С	Вариант (рацион сеголеток, % к массе рыбы)				
	1	2	3	4	5
21 (n=25)	0	0,5	1,0	1,25	2,0
25 (n=20)	0	0,75	1,0	1,75	2,0
28 (n=20)	0	1,0	1,25	1,75	2,5

на. Сеголетки получали гранулированный комбикорм, приготовленный по рецепту РГМ-8В. Состав комбикорма (в %): рыбная мука — 19,6, мясокостная — 2, кровяная — 2, пшеничная — 7,6, водорослевая мука — 1, обезжиренное сухое молоко — 2, подсолнечниковый шрот — 25, соевый шрот — 26, гидролизные дрожжи — 8, фосфатиды — 5,8, премикс—1. Содержания валовой энергии в комбикорме составляло 17,5 МДж/кг, переваримой энергии — 10,4 МДж/кг, сырого протеина — 38,5 %, жира — 7,5, БЭВ — 25,5, клетчатки — 5,5 и золы — 9,5 %.

В период исследований ежедневно контролировали температуру воды в аквариумах. Ежедневно определяли концентрацию растворенного кислорода, углекислоты, окисляемость воды по методике, изложенной в работе [7]. До и после опыта определяли химический состав тела рыб по методикам, описанным в [4]. Рассчитывали среднесуточные приросты массы рыб и эффективность использования кормов при различной температуре воды. Затраты энергии на поддержание жизни рыб устанавливали по методике М. А. Щербины [8]. Полученные данные обработаны статистически [6].

Результаты

Комплексное влияние температуры воды и объема рациона на организм рыб проявляется довольно четко. Однако в производственных условиях проследить действие этих факторов среды в отдельности очень трудно. В наших опытах удалось установить влияние каждого из них на рост рыб и эффективность использования ими корма, поскольку все остальные условия экологической среды были аналогичными. Отмечены лишь небольшие колебания некоторых гидрохимических показателей в течение опыта, которые не выходили за пределы допустимых норм и по вариантам опыта существенно не различались. Так, содержание растворенного в воде кислорода колебалось в пределах 3,6—5,6 мг/л, свободной углекислоты — 3,2—5,4, окисляемость воды — 2,7—9,6 мг/л. Качество воды в аквариумах улучшалось после ее частичной замены.

Исследования показали, что интенсивность роста сеголеток карпа зависит от объема рациона и температуры воды (табл. 2). Отмечены различия в росте рыб, выращиваемых при одинаковом объеме рациона, но при разной температуре воды. Среднесуточные приросты сеголеток, выращиваемых при 1%-ном рационе и температуре воды 21 °С, составили 421 мг, 25° — 96, при 28 °С масса рыбы ежедневно уменьшалась на 210 мг. При 2%-ном рационе приросты при температуре 21 °С составили 1089 мг, 25 °С — 1112. Эти данные свидетельствуют о том, что при низком уровне кормления увеличения интенсивности роста рыб можно добиться за счет снижения температуры воды. Аналогичные результаты получены и в опытах с другими видами рыб [5, 10].

Рыбы, которых не кормили, за опытный период похудели, особенно при более высокой температуре воды в аквариумах. Среднесуточные потери их массы составили при температуре 21 °С — 0,36%, 25 °С — 0,55, 28 °С — 0,70 %.

При анализе данных о химическом составе тела рыб установлена тенденция к увеличению в организме относительного содержания протеина, но только в том случае, если первоначальное содержание протеина не превышало 17,5% (табл. 3). У сеголеток, выращиваемых при температуре воды 21 и 28°, в теле которых до экспериментов содержание протеина составило соответственно 16,9 и 17,3%, за период выращивания оно возросло до 17,0 и 17,8%. В этих условиях относительное содержание протеина у рыб увеличилось и при минимальном рационе (2-й вариант). При высоком начальном содержании протеина у сеголеток, выращиваемых при температуре 25 °С, оно не увеличилось даже у рыб, отличавшихся высокими среднесуточными приростами. Это, по-видимому, свидетельствует о том, что при данной индивидуальной массе карпа содержание протеина в пределах 16,9—17,5% является физиологической нормой, обусловленной генетическими особенностями вида. Изменения содержания протеина в большей степени зависят от возраста и массы рыб, нежели от экологических условий (питания, температуры и т. д.).

**Изменение массы и калорийности прироста сеголеток карпа,
выращиваемых при различных температуре воды и объеме рациона**

Объем ра- циона, % к массе	Общая масса рыб, г		Прирост массы рыб в среднем по вариантам, г	Калорийность прироста, кДж/кг.сут		
	до опыта	после опыта		протеина	жира	массы рыбы
Температура воды 21 °С						
0	189,1	170,0	—19,1	— 13,59	—6,77	—20,37
0,5	172,4	168,5	—3,9	—2,38	—2,76	—5,14
1,0	161,8	173,6	11,8	7,74	5,65	13,39
1.25	169,6	185,6	16,0	10,98	6,86	17,84
2,0	172,5	203,0	30,5	21,62	14,22	35,81
Температура воды 25 °С						
0	183,7	155,4	—28,3	—18,79	—17,54	—34,33
0,75	174,3	171,3	—3,0	—1,79	—2,41	—4,20
1,0	190,4	193,1	2,7	0,87	0,83	1,70
1,75	181,3	205,4	24,1	10,59	5,85	16,44
2,0	185,9	217,0	31,1	15,52	12,59	28,11
Температура воды 28°С						
0	201,5	164,1	—37,4	—25,0	—40,48	—65,48
1,0	168,5	162,6	—5,9	—4,88	—0,62	—5,50
1,25	173,6	175,9	2,3	4,36	8,18	12,54
1,75	185,6	204,9	19,3	13,91	8,81	22,72
2,5	203,3	270,3	67,3	30,87	22,98	53,85

Содержание жира в организме растущих рыб возрастало при увеличении потребления корма и не зависело от температуры воды. В 1-х вариантах опытов содержание жира снизилось, особенно при температуре воды 28°С. Соотношение количества протеина и жира, расходуемых на поддержание жизненных функций, в этот период сильно различалось и зависело от температуры воды. При температуре воды 21, 25 и 28°С данное соотношение составило соответственно 1:0,5; 1:1,1 и 1:2,8, т. е. при более высокой температуре запасной жир рас-

Т а б л и ц а 3

Содержание протеина и жира в теле сеголеток карпа (%)

Объем рациона, % к массе рыбы	Протеин		Жир	
	до опыта	после опыта	до опыта	после опыта
Температура воды 21 °С				
0	16,9±0,3	16,4±0,2	4,5±0,1**	2,7±0,1**
0,5	16,9±0,3	17,1±0,3	4,1±0,1	4,4±0,1
1,0	16,9±0,3	17,0±0,3	4,5±0,1	4,6±0,1
1,25	16,9±0,3	17,2±0,2	4,5±0,1	4,6±0,1
2,0	16,9±0,3	17,7±0,3	4,5±0,1	4,8±0,2
Температура воды 25 °С				
0	17,4±0,2	17,5±0,4	4,5±0,2**	2,6±0,3**
0,75	17,3±0,3	17,3±0,3	4,6±0,1	4,5±0,2
1,0	17,5±0,3	17,4±0,2	4,4±0,2	4,4±0,2
1,75	17,6±0,4	17,2±0,1	4,3±0,2	4,2±0,1
2,0	17,6±0,4	17,5±0,4	4,7±0,3	4,9±0,1
Температура воды 28 °С				
0	17,3±0,2	16,6±0,2	4,6±0,1**	2,3±0,1**
1,0	17,1±0,3	17,3±0,2	4,4±0,1	4,2±0,2
1,25	17,0±0,3	17, +0,3	4,6±0,1	4,6±0,1
1,75	17,2±0,4	17,8±0,1	4,6±0,1	4,7±0,1
2,5	17,7±0,3	18,0±0,2	4,8±0,2	5,1±0,2

Примечание. Здесь и в табл. 4 одной звездочкой обозначена достоверность разности при P<0,01, двумя — при P<0,001.

Т а б л и ц а 4

**Морфологический состав тела сеголеток
10), содержащихся при температуре
28 °С (% к массе тела)**

Показа- тель	До голодания		После голо- дания		td
	M±ш	c _v	M±т	c _v	
Порка	81,7±0,8	1,2	88,5±0,6	0,9	6,8**
Тушка	50,1±1,5	4,6	49,9±1,3	4,0	0,1
Чешуя	1,7±0,1	9,2	1,7±0,1	3,8	0
Голова	22,5±0,6	2,5	29,7±0,9	3,1	6,7**
Жабры	4,7±0,1	2,8	4,5±0,1	2,9	1,4
Плавники	2,7±0,8	28,6	2,9±0,1	3,6	0,3
Сердце	0,7±0,1	8,7	0,8±0,1	9,9	0,7
Печень	6,3±0,2	3,6	3,1±0,3	9,9	8,9**
Почки	2,5±0,2	6,8	0,8±0,1	4,8	7,7**
Селезенка	0,6±0,1	7,0	0,2±0,1	7,5	2,8*
Кишечник	2,9±0,1	6,9	3,1±0,2	7,2	0,7
Плавательный пузырь	1,6±0,2	13,8	0,7±0,1	7,7	4,1**

хоговался в период голодания рыб более интенсивно, чем протеин. В результате повышения температуры воды с 21 до 28 °С затраты энергии на поддержание жизни за счет расходования протеина увеличились в 1,9 раза, а за счет жира — в 6 раз. В итоге общий расход чистой энергии сеголеток, содержащихся при температуре 28 °С, составил 65,5 кДж/кг в сутки, что в 3,2 и 1,9 раза больше, чем соответственно при температуре 21 и 25 °С. Аналогичная зависимость отмечена у двухлеток карпа [15], тиляпии [5] и кумжи [14].

Морфологический состав тела сеголеток, выращиваемых при различных рационах и температуре воды, в период их роста существенно не изменился. Однако голодание, особенно при высокой температуре (28 °С), внесло свои коррективы в морфологические показатели. За 28 дн. голодания достоверно возросла относительная масса порки (на 8 %) и головы (на 32 %), а масса печени уменьшилась в 2 раза, почек — в 3,1, селезенки — в 3, плавательного пузыря — в 2,3 раза (табл. 4). По относительной массе тушки, чешуи, плавников, сердца и кишечника достоверных различий в этот период не установлено ($P < 0,05$). На поддерживающий обмен у рыб в период голодания более интенсивно расходуются энергетические ресурсы печени, почек, селезенки и полостного жира, нежели мышц, плавников и головы.

В последние годы отечественные и зарубежные исследователи большое внимание уделяют изучению энергетических процессов в обмене веществ рыб. Важное значение имеет детальное исследование условий, при которых расходуется наименьшее количество потребленной энергии корма на поддержание жизненных функций рыб. Знание этих условий позволит повысить эффективность использования ими корма, а следовательно, и продуктивность. О различиях в распределении энергии потребленного корма в организме карпа в зависимости от температуры и объема рациона можно судить по данным табл. 5 и 6. Методом интерполяции установлено, что при существующей энергетической ценности использованного в кормлении сеголеток комбикорма РГМ-8В для поддержания жизненных функций рыб при температуре 21 °С требуется рацион, объем которого должен составлять 0,58 % к массе рыбы, или 101 кДж валовой энергии на 1 кг рыбы в сутки. При температуре 25 и 28 °С затраты на поддержание жизненных функций были соответственно в 1,5 и в 2 раза выше (табл. 5). Это указывает на то, что при одинаковом низком объеме рациона сеголетки будут интенсивнее расти и эффективнее использовать корм при более низкой температуре. Например, при 1%-ном рационе и температуре 21 °С среднесуточные приросты рыб составили 421 мг, а затраты корма — 3,92 кг/кг. Однако при том же рационе, но при более высокой температуре (25 °С) приросты снизились в 4,4 раза, затраты корма увеличились в 5 раз, а при 28 °С рыбы вообще не росли. Аналогичная закономерность прослеживалась и при других уровнях кормления.

Увеличение объема рациона сеголеток карпа при низкой температуре воды дает возможность сократить затраты энергии корма на поддерживающий обмен и повысить затраты энергии на пластический обмен. При температуре воды 21 °С увеличение объема рациона с 1 до 2 % позволило повысить количество энергии, идущей на пластический обмен, с 42 до 71 %, при 25 °С — с 11 до 55, при 28 °С — с 0 до

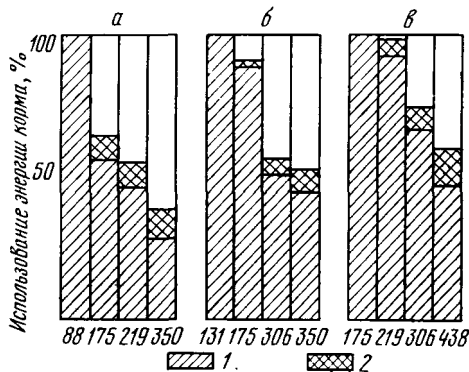
**Затраты энергии на поддержание жизненных функций карпа
при разной температуре воды**

Объем ра- циона, % к массе рыбы	Потребление энергии, кД ж/к г • сут		Объем ра- циона, необ- ходимый для поддержа- ния жизнен- ных функ- ций, % к массе	Затраты энергии на поддержание жиз- ненных функций рыбы, кДж/кг°Сут		
	валовой	переваримой		валовой	переваримой	чистой]
Температура воды 21 °С						
0	0	0	—	—	—	20,4
0,5	88	52	—	88	52	5,1
1,0	175	104	0,58	101	60	—
1,25	219	130	0,58	101	60	—
2,0	350	208	0,58	101	60	—
Температура воды 25 °С						
0	0	0	—	—	—	34,3
0,75	131	78	—	131	78	4,2
1,0	175	104	0,89	156	93	—
1,75	306	182	0,89	156	93	—
2,0	350	208	0,89	156	93	—
Температура воды 28 °С						
0	0	0	—	—	—	65,5
1,0	175	104	—	175	104	5,5
1,25	219	130	1,18	204	121	—
1,75	306	182	1,18	204	121	—
2,5	438	260	1,18	204	121	—

40 %. Об этом также свидетельствуют данные о затратах энергии на рост рыбы (табл. 6). При увеличении объема рациона расход валовой и переваримой энергии на единицу прироста сеголеток резко сократился, в результате повысилась эффективность использования корма. При наибольших объемах рациона (2,5 %) эффективность использования валовой энергии корма на отложение энергии в организме рыб не превышала 12,3%, а переваримой — 24,4 %. При меньших, объемах ра-

Эффективность использования сеголетками энергии корма

Объем ра- циона, % ■ массе рыбы	Потребление валовой энергии, кДж/кг в сутки	Затраты корма, кг/кг	Затраты энергии на 1 г прироста рыбы, кДж		Эффективность использо- вания энергии корма на ее отложение в теле рыб, %	
			валовой	переваримой	валовой	переваримой
Температура 21 °С						
0	0	—	—	—	—	—
0,5	88	—	—	—	—	—
1,0	175	3,92	68,6	40,7	7,7	15,2
1,25	219	3,82	66,9	39,7	8,1	16,2
2,0	350	3,33	58,3	34,6	10,2	20,4
Температура 25 °С						
0	0	—	—	—	—	—
0,75	131	—	—	—	—	—
1,0	175	19,8	346,5	205,8	1,0	1,9
1,75	306	3,68	64,4	38,3	5,4	10,5
2,0	350	3,35	58,6	34,8	8,0	15,6
Температура 28 °С						
0	0	—	—	—	—	—
1,0	175	—	—	—	—	—
1,25	219	31,6	553	328,5	5,7	11,4
1,75	306	4,71	82,4	48,9	7,4	14,8
2,5	438	2,40	42,0	24,9	12,3	24,4



Использование сеголетками карпа энергии корма (кДж/кг в сутки) на поддерживающий (1) и пластический (2) обмен.

а, б, в — температура воды соответственно 21, 25 и 28 °С.

циона эти показатели были более низкими. Данные о распределении энергии корма на поддерживающий и пластический обмен представлены на рисунке.

Как показал расчет энергетического баланса, при повышении температуры воды увеличиваются затраты энергии на поддерживающий обмен, поэтому рыбы, выращиваемые при более высоких температурах, испытывали недостаток в корме, что и привело к снижению их скорости роста и эффективности использования корма. Другие авторы [5, 10] также указывают, что в случае ограниченных энергетических ресурсов понижение температуры, вызывающее снижение поддерживающего обмена, обеспечивает срав-

нительно лучший рост рыб при меньших затратах корма.

Эффективность использования корма и скорость роста сеголеток при повышении температуры воды могут возрасти, если количество корма увеличить до того уровня, при котором доля обменной энергии, идущей на пластический обмен, возрастет, а на поддерживающий — снизится. Этого можно добиться, используя при выращивании сеголеток карпа в производственных условиях метод нормированного кормления, который позволяет учитывать основные меняющиеся факторы (температуру воды, содержание в воде растворенного кислорода, индивидуальную массу рыб и др.).

Выводы

1. Сеголетки карпа, выращиваемые при низких объемах рациона (до 2%), интенсивнее растут и эффективнее используют корм при более низкой температуре воды.

2. На поддержание жизненных функций карпа, имеющего массу 5—12 г, при температуре воды 21 °С требуется рацион, объем которого составляет 0,58 % к массе рыбы, или 101 кДж валовой, 60 кДж перевариваемой энергии на 1 кг в сутки. При температуре 25 °С затраты на поддержание жизненных функций увеличиваются в 1,6 раза, а при 28 °С — в 2 раза.

3. В период голодания расход чистой энергии на поддержание жизненных функций рыб возрастает с повышением температуры воды. При температуре 21 °С затраты энергии составили 20,4 кДж/кг в сутки, при 25 и 28 °С они увеличились соответственно в 1,9 и 3,2 раза.

4. При повышении температуры воды затраты жира на энергетические нужды карпа в период голодания увеличиваются более интенсивно, чем затраты протеина. В результате повышения температуры воды с 21 до 28 °С скорость расхода протеина в организме рыб возросла в 1,9 раза, а жира — в 6 раз.

5. За 28 дн. голодания при температуре 28 °С относительная масса порки увеличилась на 8%, головы — на 32%, масса печени уменьшилась в 2 раза, почек — в 3,1, селезенки — в 3, плавательного пузыря — в 2,3 раза. Это свидетельствует о том, что на поддерживающий обмен у карпа в период голодания в первую очередь более интенсивно расходуются энергетические ресурсы печени, почек, селезенки и полостного жира.

ЛИТЕРАТУРА

1. Власов В. А. Определение энергии, затрачиваемой на поддержание жизни сеголетков карпа. — Тез. докл. Всесоюз.

координац. совещ. по научно-технич. прогрессу в рыбоводстве Госагропрома СССР. — М.: ЦНИИТЭИРХ, 1986, с. 64-

66 — 2. Заика В. Н. Влияние температуры на скорость пойкилотермных животных. — В сб.: Круговорот веществ и энергии в озерах и водохранилищах. Иркутск, 1973, с. 42—48. — 3. Заика В. Н. Способы математического описания связи между скоростью роста животных и уровнем их питания. — Зоолог, журн., 1973, т. 52, вып. 6, с. 13—18. — 4. Лукашик Н. А., Ташилин В. А. Зоотехнический анализ кормов. — М.: Колос, 1965. — 5. Миронова Н. В. Изменения энергетического баланса тиляпии в зависимости от температуры и рациона. — Вопросы иktiологии, 1976, т. 16, вып. 1 (96), с. 135—145. — 6. Плохинский Н. А. Алгоритмы биотетрии. — М.: Изд-во МГУ, 1980. — 7. Привезенцев Ю. А. Гидрохимия пресных водоемов. — М.: Пищ. пром-ность, 1973. — 8. Щербина М. А. О методическом подходе к определению потребностей рыб в питательных веществах и расчетам рационов. —

Тез. докл. 6-й Всесоюз. конф. по физиологии и биохимии рыб. — В сб.: Экологическая физиология и биохимия рыб. Вильнюс: Изд-во АН СССР, 1985, с. 539—541. — 9. Brett J. R. — J. Fish. Res. Board Canada, 1973, p. 1799—1809. — 10. Brett J. R., Sheldorn J. E., Shoop C. T. — J. Fish. Res. Board Canada, 1969, vol. 26, N 9, p. 870—881. — 11. Elliot J. — J. Animal ecology, 1976, vol. 10, N 1, p. 273—289. — 12. Gerding S. D. — Physiol. Zoology, 1971, vol. 44, N 1, p. 110—117. — 13. Kinne O. — Physiol. Zoology, 1960, vol. 33, p. 82—91. — 14. Pentelov F. T. K. — J. Exptl. Biol., 1939, vol. 16, N 4, p. 43—50. — 15. Schwarz F. I., Kirchgessner M. — Bayer. Landw. Ib., 1985, Bd. 62, N 1, S. 49—54. — 16. Steffens W. — Z. Binnenfischerei DDR, 1984, Bd. 31, N 5, S. 138—143.

Статья поступила 24 марта 1987 г.

SUMMARY

In aquarium experiments the level of maintenance exchange and the efficiency of utilizing rations of different volume at different water temperature by carp this year brood were studied.

It is found that carp this year broods reared on low ration volume (up to 2 % to fish weight) grow more intensively and utilize fodder more efficiently at lower water temperature. To maintain life functions in carp 5—12 g of weight at water temperature 21°, 101 KDj of gross fodder energy, or 60 KDj of digestible fodder energy per 1kg of fish daily are required. When water temperature gets higher up to 25° and 28°, energy consumption increases 1.6 and 2 times respectively. During starvation, net energy consumption to maintain life functions in fish at water temperature 21° amounted to 20.4 KDj/kg daily and at 25° and 28°—1.9 and 3.2 times more respectively. In this period mainly energy resources of liver, kidneys and cavity fat are more intensively used for maintenance exchange in carp.