

УДК 597.442:591.542

ВЛИЯНИЕ ФОТОПЕРИОДА НА РОСТ, ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ И ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ МОЛОДИ СИБИРСКОГО ОСЕТРА *Acipenser baerii*

© 2007 г. А. Б. Ручин

Мордовский государственный университет, 430000 Саранск, ул. Большевикская, 68

E-mail: sasha_ruchin@rambler.ru

Поступила в редакцию 17.11.2006 г.

В аквариальных условиях изучено влияние фотопериода на рост молоди сибирского осетра *Acipenser baerii*. Максимальная скорость роста молоди сибирского осетра наблюдалась при 12, 16 и 24-часовом световом дне. Это происходило на фоне усиления интенсивности дыхания, повышения суммарного потребления и конвертирования пищи. Круглосуточное затемнение вызывало достоверное снижение указанных показателей. В оптимальных режимах фотопериода гематологические показатели находились в норме. При отсутствии света наблюдалась четко выраженная нейтрофилия и лейкопения.

Для физической среды, в которой обитают живые организмы, характерны периодические изменения, обусловленные движением Земли относительно Солнца. Жизнь с момента своего возникновения на протяжении нескольких миллиардов лет должна была приспосабливаться к суточным и годовым колебаниям факторов абиотической среды (Питтендрих, 1984). Наряду с температурой, фотопериод служит важным регулятором сезонных и суточных ритмов жизнедеятельности живых организмов, в том числе и рыб (Шатуновский, 1980).

Особый интерес как с теоретической, так и практической стороны, представляют данные о влиянии фотопериода на ростовые процессы рыб разных видов и возрастных групп отдельных видов. Рост рыб, отражая специфику взаимодействия организма и среды, является важнейшим показателем, в значительной степени характеризующим потенциальные возможности вида (Егельский, 1970). Например, темп роста неполовозрелых особей балтийского лосося *Salmo salar* был выше при 20-часовом дне, чем при 6-часовом (Lundqvist, 1980; Pantic *et al.*, 1982). Изучая образование колец на чешуе 4 видов сиговых, Хогман (Hogman, 1968) отметил, что сезонные изменения темпа роста были обусловлены различной продолжительностью светового дня, а не изменениями контролировавшейся температуры воды. Увеличение приростов совпадало с удлинением фотопериода, причем максимум последнего опережал максимум приростов примерно на месяц; такого четкого сдвига по фазе по отношению к имеющимся колебаниям температуры не наблюдалось.

Исследования, проведенные Гроссом с соавт. (Gross *et al.*, 1965) на солнечнике *Lepomis cyanellus*,

показали, что увеличивающийся в течение 6 нед эксперимента с 8 до 16 ч световой день существенно ускорял темп роста этого вида. Приросты сома *Ictalurus lacustris* при любых температурах были выше на 16% при 14-часовом дне, чем при 10-часовом (Kilambi *et al.*, 1971). Аналогично влиял фотопериод на гибрид окуней рода *Morone*: при его увеличении темп роста личинок усиливался (Braid, 1992). В опытах с молодью нерки *Oncorhynchus nerka* и кижуча *O. kisutch* установлено, что 20-часовой световой день значительно ускорял ростовые процессы у этих видов по сравнению с 12-часовым (Clarke *et al.*, 1978). Не отмечено различий в выживаемости и скорости роста сеголеток атлантического палтуса *Hippoglossus hippoglossus* относительно фотопериода (Hallaraker *et al.*, 1995). С другой стороны, темп роста сомов *Clarias gariepinus* и *Rhamdia quelen*, рыб с ночным типом активности, в длительных опытах был наибольшим при круглосуточном отсутствии света (Britz, Pienaar, 1992; Piaia *et al.*, 1999).

В отношении осетровых рыб публикации явно немногочисленны. К примеру, средний вес четырехмесячной белуги *Huso huso*, находящейся при круглосуточном освещении, был на 15% ниже, чем у особей при 16-часовом освещении (Semenkova, Trenkler, 1993). Наибольший темп роста шипа *Acipenser nudiventris* наблюдался при круглосуточном освещении (Пономаренко и др., 1992). В экспериментах Семенковой (1984) получены данные о влиянии фотопериода, удаления гипофиза и эпифиза на уровень общих липидов в печени сибирского осетра *Acipenser baerii*. Крючков и Обухов (2006) исследовали развитие стерляди *A. ruthenus* в течение 8 мес. при различном фотопериоде. Оказалось, что к концу подращивания рыбы,

содержавшиеся при круглосуточном освещении, превосходили контрольную группу на 39% по массе. При постоянном отсутствии света масса рыб снижалась на 33%.

Уместно заметить, что в ряде отечественных монографий, посвященных осетровым (Детлаф и др., 1981; Гершанович и др., 1987), авторы указывают на отсутствие каких-либо данных о влиянии фотопериода на рост, энергетические и физиологические параметры этой группы рыб. Поэтому целью наших исследований было определение зависимости роста, энергобаланса и гематологических показателей сеголеток сибирского осетра *A. baerii* от различных режимов фотопериода.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Молодь сибирского осетра была получена на ГУДП “Конаковский завод товарного осетроводства”. После доставки в лабораторию при кафедре зоологии Мордовского государственного университета, где проходили эксперименты, рыбы выдерживались в общем аквариуме 20 сут при круглосуточном освещении люминесцентными лампами белого света (искусственная освещенность 50 лк в течение 12 ч). Затем для опытов рыб случайным образом отлавливали и помещали в проточные (2 л/ч) аквариумы объемом 30–40 л с регулируемой температурой воды $21 \pm 1^\circ\text{C}$ и принудительной аэрацией (содержание кислорода 7.0–7.5 мг/л). В каждый аквариум помещали различное количество рыб (n), которых в начале и конце опыта взвешивали с точностью до 1 мг на весах Adventurer (Ohaus Corp., США). Вода поступала в аквариумы из одной “головной” емкости, в которой она отстаивалась (дехлорировалась) не менее суток. Все опыты проведены в двукратной повторности (общее число опытов 6).

Аквариумы устанавливали в отсеках, разделенных непрозрачными перегородками и освещавшихся люминесцентными лампами. Использовали 5 режимов фотопериода: постоянное отсутствие света – 0 ч свет/24 ч темнота (0С/24Т), чередование темноты и света (варианты 8С/16Т, 12С/12Т, 16С/8Т) и круглосуточное освещение (24С/0Т). Включение света осуществлялось автоматически фототаймерами фирмы “Aquael” (Малайзия). В предварительных опытах выявили, что максимальная скорость роста сибирского осетра массой от 1 до 15 г наблюдается в широком диапазоне освещенности (от 30 до 800 лк). В этих же условиях улучшается конвертирование пищи и снижается расход кислорода на прирост. Поэтому освещенность в светлое время была выбрана одинаковой и соответствовала 100 лк. Опыты проводили в апреле–мае.

Скорость роста рассчитывали как отношение разности натуральных логарифмов конечной и начальной массы рыб к длительности опытов (τ)

в сутках. Рыб кормили в избытке живым трубочником и мотылем до насыщения. Величину суточного рациона определяли ежедневно по разнице между массой вносимого и остающегося корма и выражали в процентах по отношению к массе тела. В качестве показателя эффективности конвертирования пищи на рост использовали кормовой коэффициент. Интенсивность дыхания рыб определяли методом замкнутых сосудов каждые 5–6 сут. Длительность пребывания рыб в респирометрах, предварительно заполняемых водой из соответствующих аквариумов, составляла 1 ч. Интерполяцией находили суммарное количество кислорода, потребленное за все время опыта, и таким образом рассчитывали расход энергии на прирост единицы массы рыб. Содержание кислорода в воде определяли с помощью прецизионного термооксиметра “Эксперт-001-2(0.1)” (Москва) с точностью до 0.01 мг/л.

Кровь брали после перерезания хвостовой артерии и вены. Концентрацию гемоглобина определяли в гемометре Сали (Москва), число эритроцитов и лейкоцитов в камере Горяева (Иванова, 1983). Одновременно делали по два мазка от одной особи для изучения лейкоцитарной формулы. Подсчет числа лейкоцитов проводили по указанной методике (Иванова, 1983). При этом на каждом мазке подсчитывали не менее 600 клеток. Учитывали общее количество нейтрофилов, эозинофилов, моноцитов и лимфоцитов. При дифференцировании лейкоцитов использовали рисунки пособия (Иванова, 1983) и работу Паликовой с соавт. (Palikova *et al.*, 1999). Бластные формы при анализе в расчет не брали. Статистическая обработка цифрового материала проведена по общепринятой схеме с использованием t -критерия Стьюдента (Лакин, 1980). За контроль принимали вариант с полным отсутствием света (0С/24Т).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В экспериментах рост молоди увеличивался с повышением длительности освещения (табл. 1). Наиболее высокой скоростью роста отличались рыбы, содержащиеся при 12, 16 и 24-часовом световом дне (данные достоверны по сравнению с контролем при $P < 0.05$), т.е. данные фотопериоды являлись оптимальными при выращивании сибирского осетра. В естественных условиях сибирский осетр обитает на довольно значительной глубине и обычно в мутных водах. Различные популяции этого широкоареального вида находятся под воздействием полярной ночи, а нередко и продолжительного ледового покрова на реках. Это придонный обитатель, о чем свидетельствует и спектр его питания (Рубан, 1999). Однако в индустриальных условиях (в цехах разведения на Конаковском осетровом заводе) этот вид содер-

Таблица 1. Некоторые показатели роста, потребления кислорода и пищи молоди сибирского осетра при различных фотопериодах

Фотопериод, свет/темнота, ч	Масса, г		Скорость роста, % в сут	Интенсивность дыхания, мкг/(г ч)	Суммарное потребление за время опыта, г/экз.		Расход кислорода на 1 г прироста, г	Кормовой коэффициент
	начальная	конечная			корма	кислорода		
Опыт 1 ($n = 10, \tau = 30$ сут)								
0/24	1.50 ± 0.01	10.04 ± 0.06	6.34	290	30.81	1.205	0.141	3.61
8/16	1.50 ± 0.01	11.47 ± 0.07**	6.78	312	33.49	1.458	0.146	3.36
12/12	1.50 ± 0.01	12.94 ± 0.07**	7.18	320	36.62	1.663	0.145	3.20
16/8	1.50 ± 0.01	12.86 ± 0.06**	7.16	325	37.05	1.680	0.148	3.26
24/0	1.50 ± 0.01	13.01 ± 0.08**	7.20	295	37.03	1.542	0.134	3.22
Опыт 2 ($n = 8, \tau = 25$ сут)								
0/24	2.37 ± 0.01	10.20 ± 0.07	5.84	284	25.79	1.072	0.137	3.29
8/16	2.37 ± 0.01	11.44 ± 0.09**	6.30	305	27.64	1.265	0.139	3.05
12/12	2.37 ± 0.01	13.35 ± 0.08**	6.91	298	31.05	1.405	0.128	2.83
16/8	2.37 ± 0.01	13.36 ± 0.08**	6.92	314	31.28	1.483	0.135	2.85
24/0	2.37 ± 0.01	13.30 ± 0.10**	6.90	305	30.38	1.435	0.131	2.78
Опыт 3 ($n = 8, \tau = 32$ сут)								
0/24	4.68 ± 0.02	17.42 ± 0.09	4.11	265	58.34	2.249	0.177	4.58
8/16	4.68 ± 0.02	18.31 ± 0.08	4.26	286	59.56	2.524	0.185	4.37
12/12	4.68 ± 0.02	19.30 ± 0.08*	4.43	290	58.75	2.672	0.223	4.02
16/8	4.68 ± 0.02	19.45 ± 0.09**	4.45	264	59.09	2.447	0.203	4.00
24/0	4.68 ± 0.02	19.46 ± 0.10*	4.46	272	61.03	2.521	0.209	4.13

Примечание. n – количество рыб, τ – длительность опыта.

* Достоверно при $P < 0.05$.

** Достоверно при $P < 0.01$. Для табл. 1, 2.

жится уже более 30 лет (с 1973 г.). В 1981 г. впервые получена икра и выращены сеголетки сибирского осетра (Привезенцев, Власов, 2004). Обычно первые партии икры на указанном заводе получают в конце января–феврале, т.е. выращивание молоди происходит уже на протяжении нескольких поколений при увеличивающейся длине светового дня. Подобные условия содержания как производителей, так и молоди, не могли не отразиться на приспособлениях вида. Он благодаря своей экологической пластичности мог адаптироваться именно к этим параметрам среды, включая и фотопериод.

В целом скорость роста осетров в наших опытах была сходна с той, которую получил ряд исследователей в установках замкнутого цикла водообеспечения и пластиковых лотках при более значительной плотности (Prokes *et al.*, 1996; Киселев, 1998; Савушкина, 1998; Нефедов и др., 2006). Это свидетельствует о возможности перенесения результатов опыта в промышленные условия. Кроме того, стоит отметить отсутствие отхода во всех экспериментальных вариантах.

Как известно, количество потребленного кислорода характеризует совокупность всех энергозатрат рыб при их аэробном обмене (Винберг, 1956). На интенсивность дыхания молоди осетра фотопериод оказывал определенное влияние (табл. 1). В условиях чередования света и темноты этот показатель несколько увеличивался (в среднем на 7–8%) по сравнению с контролем. В условиях круглосуточного освещения наблюдалось некоторое повышение интенсивности дыхания, которое оказалось недостоверно относительно контроля. Таким образом, потребление кислорода увеличивалось в режимах с периодическим чередованием света и темноты, а при круглосуточном освещении или отсутствии света снижалось. В определенной степени результаты наших экспериментов согласуются с опубликованными данными. Например, в исследованиях (Chakraborty *et al.*, 1992) карп массой 79.8 г наиболее интенсивно дышал при одинаковом чередовании света и темноты (152 мгО₂/(кг · ч)), а круглосуточная темнота или свет подавляли дыхание (среднесуточный уровень 119 мгО₂/(кг · ч)). В опытах с молодью серебряного карася *Carassius*

auratus gibelio были получены аналогичные результаты: наименьшая интенсивность потребления кислорода зарегистрирована у рыб, находящихся при постоянном отсутствии света (Ручин, 2005). Личинки тюрбо *Scophthalmus maximus* в возрасте 9–12 сут после начала пигментации глаз более интенсивно потребляли кислород на свету, чем в темноте (Finn, Ronnestad, 2003). В исследованиях с мозамбикской тилапией *Oreochromis mossambica* было обнаружено, что средний уровень интенсивности потребления кислорода возрастает с увеличением длительности освещения. Наименьшая интенсивность дыхания отмечена у рыб, постоянно находящихся в темноте (Nagarajan, Gopal, 1983). В других сходных исследованиях нильская тилапия массой 6–112 г и карп массой 7–120 г наиболее интенсивно дышали днем, что связано с повышением двигательной активности рыб (Alkahem, Ahmad, 1987). Однако речной голец в темноте потреблял на 75% больше кислорода, чем на свету (Малюкина и др., 1962). Возможно, в переменных условиях фотопериода возрастает двигательная активность молоди сибирского осетра, что в конечном итоге отражается на интенсивности дыхания, т.е. она увеличивается.

Для подращивания молоди осетровых рыб рекомендуется использовать трубочник (*Tubifex*). При этом суточные рационы должны составлять 20–30% от массы тела (Чебанов и др., 2004). В наших экспериментах суточные рационы осетров в отдельных сериях варьировали на уровне 15–17%, что примерно соответствует этому показателю, полученному в опыте (Чиняков, 1991). В каждой из серий эксперимента различия между любыми парами вариантов были недостоверны. Лишь при отсутствии света наблюдалось незначительное (недостоверное) увеличение суточных рационов. Из этого следует, что рыбы при разных режимах освещения потребляли примерно сходное количество корма в пересчете на единицу массы, но в силу лучшего роста молоди в опытных вариантах суммарное количество потребленного корма значительно отличалось от контроля. За время всего опыта осетры съедали больше корма при чередовании света и темноты, а также при круглосуточном освещении. В то же время отсутствие света явно подавляло потребление корма (в среднем на 10–12% относительно других режимов).

Расчет расхода кислорода на единицу прироста выявил его закономерное увеличение от 0.152 до 0.165 г (в среднем из 6 опытов) при повышении длительности освещения от 0 до 12 ч, а затем последующее снижение при круглосуточном освещении до 0.158 г (табл. 1). Таким образом, увеличение приростов сопровождалось некоторым увеличением расхода энергии (кислорода) на единицу прироста. Одновременно с ускорением роста и усилением потребления пищи в режимах 12, 16 и 24-часового освещения повышалась эффек-

тивность ее конвертирования (т.е. снижался кормовой коэффициент на 11.7–12.5% по сравнению с контролем). Кормовой коэффициент был выше в темноте, т.е. конвертирование пищи в этом режиме снижалось.

Одновременное увеличение суммарного количества потребленного корма в оптимальных для роста молоди рыб режимах зарегистрировано и другими исследователями. К примеру, при выращивании молоди обыкновенного *Silurus glanis* и клариевого *Clarias gariepinus* сомов в аквариумах оказалось, что в полной темноте прирост массы больше, чем на свету и это связано с более эффективным использованием пищи на рост (Meske, Munster, 1984; Britz, Pienaar, 1992). Аналогичная связь прослеживалась в опытах с молодькой обыкновенного угря, когда наибольшие приросты при 12-часовом световом дне и в темноте сопровождались снижением кормового коэффициента (Meske, 1982). Сходным образом действует постоянная темнота на потребление и усвоение комбикорма молодькой сома *Ictalurus furcatus* (Tyler, Kilamby, 1973). Потребление корма солнечником *L. cyanellus* было наивысшим при 16-часовом световом дне (87% от массы тела), максимальный коэффициент перевариваемости отмечен при увеличивающемся от 8 до 16 ч световом дне (Gross et al., 1965). Наибольшие скорости роста, суточный рацион и максимальная эффективность утилизации пищи у *Pagrus pagrus* были зафиксированы при 12-часовом дне, тогда как в полной темноте имел место отрицательный рост (Pavlidis et al., 1999). Таким образом, можно констатировать, что в оптимальных режимах освещения увеличение скорости роста происходит на фоне небольших изменений суточных рационов и значительного улучшения конвертирования пищи.

Гематологические показатели довольно хорошо характеризуют общее состояние рыб в аквакультуре (Головина, 1996; Иванов, 2003). Известно (Хакимуллин, 1980; Гершанович и др., 1987; Савушкина, 1998), что повышение гемоглобина, количества эритроцитов и лейкоцитов может быть связано, например, с возрастом, интенсивностью роста, условиями выращивания (пруды, аквариумы и т.п.), качеством и количеством корма, сезоном и т.п. Нами изучены основные характеристики крови осетра после окончания выращивания (динамика показателей не определялась). Оказалось, что при разной длине светового дня происходило изменение гематологических показателей (табл. 2). Заметим, что четко выраженная закономерность проявлялась только в содержании эритроцитов в крови осетров: оно сначала увеличивалось от 0.36 до 0.57 млн/мкл при увеличении освещения от 0 до 12 ч, а затем снижалось до 0.38 млн/мкл при круглосуточном световом воздействии. В связи с этим расчет коэффициента корреляции выявил очень слабую по-

Таблица 2. Некоторые показатели крови сибирского осетра при различных фотопериодах ($n = 8$)

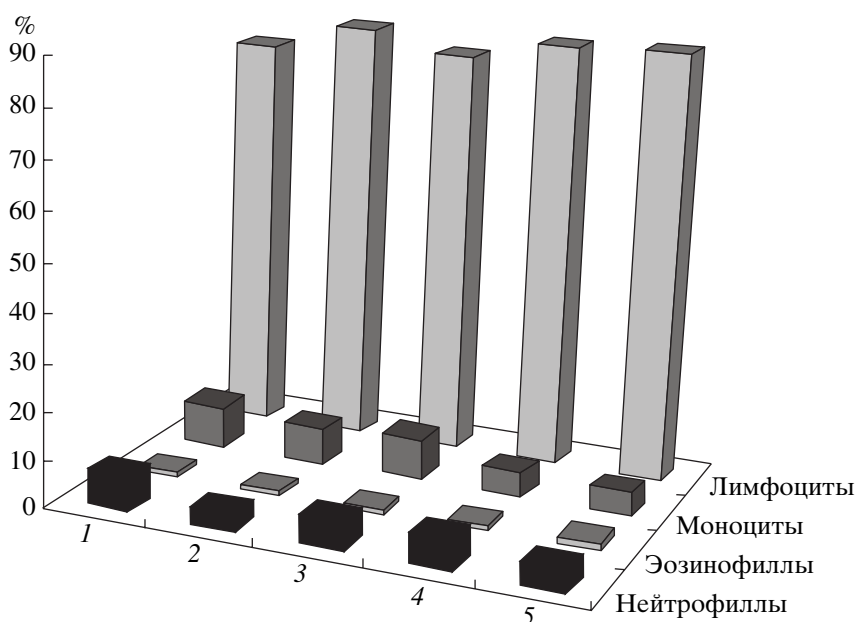
Фотопериод, свет/темнота, ч	Гемоглобин, г%	Количество эритроцитов, млн/мкл	Количество лейкоцитов, тыс./мкл
0/24	3.67 ± 0.03	0.36 ± 0.03	31.7 ± 0.03
8/16	$4.00 \pm 0.03^*$	0.47 ± 0.03	30.2 ± 0.01
12/12	$4.80 \pm 0.04^{**}$	$0.57 \pm 0.05^{**}$	$39.8 \pm 0.02^*$
16/8	3.75 ± 0.03	0.49 ± 0.04	$43.7 \pm 0.05^{**}$
24/0	$4.60 \pm 0.03^{**}$	0.38 ± 0.04	$40.2 \pm 0.03^*$

ложительную связь ($r = 0.104$). В то же время концентрация гемоглобина и количество лейкоцитов достоверно увеличивались и положительно коррелировали ($r = 0.558$ и $r = 0.744$ соответственно) с длиной светового дня.

В изменении лейкоцитарной формулы также выявлены определенные зависимости (рисунок). Наибольшее число нейтрофилов (7.3%) зафиксировано в режиме с полным отсутствием света, а наименьшее при 6-часовом световом дне (3.4%). В других вариантах наблюдались промежуточные значения. Количество эозинофилов во всех вариантах опыта не превышало 0.5–1%. Число моноцитов варьировало в широких пределах, но четкой зависимости выявить не удалось. Количество лимфоцитов было высоким при всех режимах освещения, но снижалось в контроле. Следова-

тельно, при отсутствии света у сибирского осетра наблюдалась четко выраженная нейтрофилия и лейкопения, что свидетельствовало об определенном стрессовом состоянии особей. Аналогичные данные получены нами ранее на молоди карпа (Ручин, 2006). В оптимальных фотопериодических режимах (12, 16, 24-часовое освещение) общее физиологическое состояние рыб, определяемое по гематологическим показателям, можно оценить как нормальное.

Исходя из полученных нами результатов, можно сделать вывод об увеличении скорости роста молоди сибирского осетра при повышении длительности освещения. Это происходило на фоне усиления интенсивности дыхания, повышения суммарного потребления и конвертирования пищи. Многими исследователями была показана в опытах перестройка гормонального фона в организме рыб. Например, увеличение светлого времени суток стимулировало повышение концентрации пролактина в крови золотой рыбки, но снижает его количество в гипофизе, т.е. способствовало выходу этого гормона из мозговых структур в кровь. Минимум концентрации этого гормона в сыворотке крови приходился на конец световой фазы, а максимум на темновую фазу (McKeown, Peter, 1976). На молоди карпа было показано, что при длинном световом дне включение меченых аминокислот в соматотропин в несколько раз выше, чем при коротком (Саутин, Романенко, 1982). Аналогичные эффекты получены в экспериментах на молоди некоторых лососевых рыб (Vjornsson, 1997). У смолтов атлантического лосося увеличе-



Зависимость лейкоцитарной формулы крови сибирского осетра от соотношения светлого и темного времени суток (С/Т, ч): 1 – 0/24; 2 – 8/16; 3 – 12/12; 4 – 16/8; 5 – 24/0. По оси ординат – проценты от общего количества лейкоцитов.

ние длины светового дня повышало содержание гормона роста (Handeland *et al.*, 2003).

ВЫВОДЫ

Максимальная скорость роста молоди сибирского осетра отмечена при 12, 16 и 24-часовом световом дне. Данные режимы можно считать оптимальными для роста. Круглосуточное затемнение вызывало достоверное снижение этого показателя на 7.8–18.5%.

В условиях чередования света и темноты интенсивность дыхания увеличивалась по сравнению с контролем на 7–8%. При непрерывном освещении этот показатель увеличивался незначительно по сравнению с контролем (в среднем на 1.7%). В оптимальных режимах повышалось суммарное потребление на 5.0–20.3% и конвертирование на 11.7–12.5% пищи.

В оптимальных режимах фотопериода общее физиологическое состояние рыб, определяемое по гематологическим показателям, можно оценить как нормальное. При отсутствии света наблюдали четко выраженную нейтрофилию и лейкопению. Содержание нейтрофилов в полной темноте составляло 7.3%, тогда как при 6-часовом световом дне 3.4%, а в других режимах получены промежуточные значения. Количество лимфоцитов снижалось в контроле до 83.0%, а при 12, 16 и 24-часовом световом дне составляло 85.2, 89.0 и 90.1% соответственно.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Винберг Г.Г. Интенсивность обмена и пищевые потребности рыб. Минск: Изд-во Белорус. ун-та, 1956. 253 с.
- Гершианович А.Д., Пегасов В.А., Шатуновский М.И. Экология и физиология молоди осетровых. М.: Агропромиздат, 1987. 215 с.
- Головина Н.А. Морфофункциональная характеристика крови рыб – объектов аквакультуры: Автореф. дис. докт. биол. наук. М.: ВНИИПРХ, 1996. 53 с.
- Детлаф Т.А., Гинзбург А.С., Шмальгаузен О.И. Развитие осетровых рыб. М.: Наука, 1981. 224 с.
- Егельский Е.И. Рост молоди сибирского осетра в экспериментальных и естественных условиях // Тр. ЦНИОРХ. 1970. Т. 11. С. 191–196.
- Иванов А.А. Физиология рыб. М.: Мир, 2003. 284 с.
- Иванова Н.Т. Атлас клеток крови рыб. М.: Лег. и пищ. пром-сть, 1983. 184 с.
- Киселев А.Ю. Выращивание товарного осетра в условиях замкнутых рыбоводных установок // Итоги тридцатилетнего развития рыбоводства на теплых водах и перспективы на XXI век. СПб.: ГосНИОРХ, 1998. С. 134–139.
- Крючков В.И., Обухов Д.К. Развитие молоди стерляди *Acipenser ruthenus* L., выращиваемой при различных режимах освещенности // Аквакультура осетровых рыб: достижения и перспективы развития. М.: ВНИРО, 2006. С. 27–29.
- Малюкина Г.А., Александрюк С.П., Штефанеску М. О роли зрения в стайном поведении голянов (*Phoxinus phoxinus* L.) и карасей (*Carassius carassius* L.) // Вопр. ихтиологии. 1962. Т. 2. Вып. 3 (24). С. 511–516.
- Нефедов С.А., Нефедова И.В., Ширяев А.В. Выращивание молоди обского осетра при формировании маточного стада в установке с замкнутым циклом водообеспечения (УЗВ ВНИИПРХ) // Аквакультура осетровых рыб: достижения и перспективы развития. М.: ВНИРО, 2006. С. 109–111.
- Лакин Г.Ф. Биометрия. М.: Высш. шк., 1980. 293 с.
- Питтендрих К. Циркадианные системы: общая перспектива // Биологические ритмы. М.: Мир, 1984. С. 22–53.
- Пономаренко В.В., Крючков В.И., Маршин В.Г. и др. Влияние светового фактора на поведение, возбудимость нервной системы и темп роста шипа // 8-я Науч. конф. по экол. физиологии и биохимии рыб. Петрозаводск, 1992. С. 46–47.
- Привезенцев Ю.А., Власов В.А. Рыбоводство. М.: Мир, 2004. 456 с.
- Рубан Г.И. Сибирский осетр *Acipenser baerii* Brandt (структура вида и экология). М.: ГЕОС, 1999. 236 с.
- Ручин А.Б. Интенсивность дыхания молоди серебряного карася *Carassius auratus gibelio* и ее суточная ритмика при разном световом режиме // Вопр. ихтиологии. 2005. Т. 45. № 6. С. 837–843.
- Ручин А.Б. Влияние света на лейкоцитарную формулу крови карпа *Cyprinus carpio* L. // Изв. РАН. Сер. биол. 2006. № 5. С. 634–637.
- Савушкина С.И. Гематологические показатели молоди сибирского осетра, выращенного на различных кормах // Итоги тридцатилетнего развития рыбоводства на теплых водах и перспективы на XXI век. СПб.: ГосНИОРХ, 1998. С. 128–134.
- Саутин Ю.Ю., Романенко В.Д. Влияние фотопериода и температуры на соматотропную и лактотропную активность гипофиза карпа *Cyprinus carpio* // Журн. эволюц. биохимии и физиологии. 1982. № 5. С. 471–476.
- Семенкова Т.Б. Влияние гормональных факторов на уровень липидов в печени сибирского осетра *Acipenser baeri* (Acipenseridae) реки Лены // Вопр. ихтиологии. 1984. Т. 24. Вып. 1. С. 158–164.
- Хакимуллин А.А. Морфофизиологическая оценка заводской молоди сибирского осетра *Acipenser baeri* Brandt // Вопр. ихтиологии. 1980. Т. 20. Вып. 5 (124). С. 877–885.
- Чебанов М.С., Галич Е.В., Чмырь Ю.Н. Руководство по разведению и выращиванию осетровых рыб. М.: ФГНУ “Росинформагротех”, 2004. 136 с.
- Чиняков И.К. Экспериментальное изучение формирования рациона молоди ленского осетра (*Acipenser baeri*) при разной концентрации пищи // Зоол. журн. 1991. Т. 70. Вып. 4. С. 68–73.
- Шатуновский М.И. Экологические закономерности обмена веществ морских рыб. М.: Наука, 1980. 283 с.
- Alkalem F., Ahmad Z. Studies on the oxygen consumption of *Oreochromis niloticus* and *Cyprinus carpio* // Zeitschrift für angewandte Zoologie. 1987. V. 74. № 4. P. 471–477.
- Bjornsson B.Th. The biology of salmon growth hormone: from daylight to dominance // Fish Physiol. Biochem. 1997. V. 17. № 1. P. 9–24.

- Braid M.R.* Effects of photoperiod on striped bass (*Morone saxatilis*) larvae and striped bass x white bass hybrid (*Morone saxatilis* x *Morone chrysops*) larvae in an intensive culture system // *J. Ala. Acad. Sci.* 1992. V. 63. № 1. P. 10–18.
- Britz P.J., Pienaar A.G.* Laboratory experiments on the effect of light and cover on the behaviour and growth of african catfish, *Clarias gariepinus* (Pisces; Clariidae) // *J. Zool.* 1992. V. 227. № 1. P. 43–62.
- Chakraborty S.C., Ross L.G., Ross B.* The effect of photoperiod on the resting metabolism of carp (*Cyprinus carpio*) // *Comp. Biochem. Physiol.* 1992. V. 101A. P. 77–82.
- Clarke W.C., Shelbourn J.E., Brett J.R.* Growth and adaptation to sea water in 'underyearling' sockeye (*Oncorhynchus nerka*) and coho (*O. kisutch*) salmon subjected to regimes of constant or changing temperature and day length // *Can. J. Zool.* 1978. V. 56. № 11. P. 2413–2421.
- Finn R.N., Ronnestadt I.* The effect of acute changes in temperature and light on the aerobic metabolism of embryos and yolk-sac larvae of turbot (*Scophthalmus maximus*) // *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 2003. V. 60. № 11. P. 1324–1331.
- Gross W.L., Roelofs E.W., Fromm P.O.* Influence of photoperiod on growth of green sunfish *Lepomis cyanellus* // *J. Fish. Res. Bd. Can.* 1965. V. 22. № 6. P. 1379–1386.
- Hallaraker H., Folkword A., Pittman K., Stefansson S.O.* Growth of (*Hippoglossus hippoglossus* L.) related to temperature, light period, and feeding regime // *ICES Mar. Sci. Symp.* 1995. V. 201. P. 196.
- Handeland S.O., Porter M., Bjornsson B.T., Stefansson S.O.* Osmoregulation and growth in a wild and a selected strain of atlantic salmon on two photoperiod regimes // *Aquaculture.* 2003. V. 222. № 1–4. P. 29–43.
- Hogman W.J.* Annulus formation on scales of four species of coregonids reared under artificial conditions // *J. Fish. Res. Board Can.* 1968. V. 25. № 4. P. 2111–2112.
- Kilambi R.V., Noble J., Hoffman C.E.* Influence of temperature and photoperiod on growth, food consumption and food conversion efficiency of channel catfish // *Proc. 24th Annu. Conf. Southeast. Assoc. Game and Fish Commis. Atlanta*, 1971. S. 1. P. 519–531.
- Lundqvist H.* Influence of photoperiod on growth in Baltic salmon parr (*Salmo salar* L.) with special reference to the effect of precocious sexual maturation // *Can. J. Zool.* 1980. V. 58. № 5. P. 940–944.
- McKeown B.A., Peter R.E.* The effects of photoperiod and temperature on the release of prolactin from the pituitary gland of the goldfish, *Carassius auratus* L. // *Can. J. Zool.* 1976. V. 54. № 11. P. 1960–1968.
- Meske Ch.* Fütterung von Aalen in Dunkeln // *Inf. Fishwirt.* 1982. V. 29. P. 136–138.
- Meske Ch., Munster R.* Versuch zur optimierten Aufzucht von Welsbrut (*Silurus glanis*) // *Inform. Fishwirt.* 1984. V. 31. P. 189–193.
- Nagarajan K., Gopal V.* Effects of photoperiod on oxygen consumption and food utilization in *Tilapia mossambic* // *Proc. Nat. Acad. Sci., India.* 1983. V. B53. P. 217–225.
- Palikova M., Mares J., Jirasek J.* Characteristics of leukocytes and thrombocytes of selected sturgeon species from intensive breeding // *Acta Vet. Brno.* 1999. V. 68. P. 259–264.
- Pantic V., Sijacki N., Milinkovic R., Ristic L.* The role of estrogen in the development of *Salmo* fish under various environmental conditions // *Bull. Acad. Serbe Sci. Arts.* 1982. V. 82. № 23. P. 63–68.
- Pavlidis M., Paspatis M., Koistinen M. et al.* Diel rhythms of serum metabolites and thyroid hormones in red porgy held in different photoperiod regimes // *Aquacult. Intern.* 1999. V. 7. P. 29–44.
- Piaia R., Townsed C.R., Boldisserotto B.* Growth and survival of fingerlings of silver catfish exposed to different photoperiods // *Aquacult. Intern.* 1999. V. 7. № 3. P. 201–205.
- Prokes M., Barus V., Penaz M.* Growth of larvae and juveniles 0+ of siberian sturgeon (*Acipenser baeri*) in aquaculture and experimental conditions of the Czech Republic // *Folia Zool.* 1996. V. 45. № 3. P. 259–270.
- Semenkova T.B., Trenkler I.V.* Effects of photoperiod, epiphysectomy and pharmacological preparations on growth rate and metabolism in young sturgeons // *Int. Symp. on sturgeons: Abstr. Bull. Moscow*, 1993. P. 13–14.
- Tyler R.E., Kilambi R.V.* Temperature – light effects on growth, food consumption, food conversion efficiency, and behaviour of blue catfish, *Ictalurus furcatus* (Le Sueur) // *Proc. 26th Annual Conf. Southeast Assoc. Game and Fish. Commis. Columbia*, 1973. P. 553–565.

Effect of Photoperiod on Growth, Physiological and Hematological Indices of Juvenile Siberian Sturgeon *Acipenser baerii*

A. B. Ruchin

Mordovian State University, Bol'shevistskaya ul. 68, Saransk, 430000 Russia

e-mail: sasha_ruchin@rambler.ru

Abstract—The effect of photoperiod on the growth of juvenile Siberian sturgeon *Acipenser baerii* has been studied in aquarium experiments. The maximum growth rate of juvenile Siberian sturgeon was observed under 12, 16, and 24 h photoperiods. This was accompanied by high respiratory rate and total food consumption and conversion. Rearing in the dark significantly decreased these indices. The hematological indices were within the normal range under optimal photoperiodic conditions. Pronounced neutrophilia and leukopenia were observed in the absence of light.