

УДК 597.554.3:591.542

ВЛИЯНИЕ ПОСТОЯННОЙ И ПЕРЕМЕННОЙ ОСВЕЩЕННОСТИ НА РОСТ, ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ И ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ МАЛЬКОВ СИБИРСКОГО ОСЕТРА (*ACIPENSER BAERII*)

© 2008 г. А. Б. Ручин

Мордовский государственный университет, Саранск 430000, Россия

e-mail: sasha_ruchin@rambler.ru

Поступила в редакцию 27.11.2006 г.

Изучено влияние постоянной и переменной освещенности на мальков сибирского осетра. При изменении освещенности от 30 до 800 лк повышалась скорость роста мальков, увеличивались интенсивность дыхания, суммарное потребление корма и кислорода, но снижались кормовой коэффициент и расход кислорода на прирост. При переменной освещенности с определенной амплитудой и периодичностью увеличивались скорость роста, снижался расход кислорода на прирост единицы массы и улучшалось усвоение пищи. При переменном режиме освещенности, оптимальном для роста мальков, отмечается моноцитопения и лимфофилия. Количество общих липидов и белка в мышцах осетра достоверно повышалось, а обводненность снижалась при переменном режиме освещенности.

Освещенность колеблется в течение суток и сезона в широких пределах, поэтому нормой для жизнедеятельности животных являются не статичные, а переменные световые условия. В течение непродолжительных утренних и вечерних сумерек величина освещенности изменяется в десятки миллионов раз. В природных водоемах на значения освещенности большое влияние оказывают угол падения солнечных лучей, различные частицы, взвешенные в воде (Казаков, Мельникова, 1982).

Влияние света на осетровых изучалось рядом исследователей. Проведенные Гаджиевым (1987) опыты на молоди куринаго осетра (*Acipenser gueldenstaedtii*) (популяция р. Кура) различного возраста показали, что освещенность играет значительную роль в поведении молоди на начальных этапах, но с возрастом ее значение падает. При повышении освещенности ускорялся рост стерляди (*A. ruthenus*) (Маршин, 1967). В бассейне с низкой освещенностью (0–10 лк) зарегистрирована высокая гибель молоди севрюги (*A. stellatus*) (Никоноров, Витвицкая, 1993). Насирова и Касимов (1982) определили оптимальные условия освещенности для развития зародышей куринских осетровых: для русского осетра (*A. gueldenstaedtii*) и шипа (*A. nudiventris*) 10–20, для севрюги и белуги (*Huso huso*) 20–100 лк. При этом зародыши и предличинки оказались более чувствительны, чем мальки. Сильное затемнение в течение первого месяца жизни отрицательно сказывалось на постэмбриональном развитии куринского осетра: наблюдались задержка линейного роста, торможение развития скелета, диспропорции в размерах тела и головы (Набиев, 1953). Средняя масса

четырёхмесячной белуги, находящейся при круглосуточном освещении, была на 15% ниже, чем у особей, находящихся при 16-часовом освещении (Semenkova, Trenkler, 1993).

Во всех перечисленных работах оценивалось состояние рыб при тех или иных постоянных уровнях освещенности (но не фотопериода). Однако в последние два десятка лет получены данные, которые убедительно показывают, что периодические колебания освещенности, температуры, солености, рН, содержания кислорода в воде существенно улучшают рост, энергетическое и физиологическое состояние рыб, в том числе и осетровых (Константинов, Зданович, 1986; Константинов, 1988; Константинов, Мартынова, 1990; Константинов, Шолохов, 1993; Константинов и др., 1995, 2005; Ручин, 2000; Ручин, Кузнецов, 2003).

Цель нашего исследования – сравнить темп роста, энергобаланс и гематологические показатели сеголеток сибирского осетра (*Acipenser baerii*) (объекта индустриальной аквакультуры), выращенных при различных постоянном и переменном режимах освещенности.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Молодь сибирского осетра была получена из ГУДП “Конаковский завод товарного осетроводства”. После доставки в лабораторию при кафедре зоологии Мордовского государственного университета, где проводили эксперименты, рыб выдерживали в общем аквариуме 20 дней при круглосуточном освещении люминесцентными лампами белого света (освещенность 50 лк). Для

опытов рыб 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 из них аквариум помещали рыб (N), которых в начале и конце опыта взвешивали с точностью до 1 мг на весах Acculab. Вода поступала в аквариумы из одной емкости, в которой ее отстаивали (дехлорировали) не менее суток. Все опыты проводили в двукратной повторности в марте – мае 2005–2006 гг. Освещение создавали люминесцентными лампами типа ЛБ. Интенсивность освещения измеряли люксметром Ю-116 на поверхности воды.

Удельную скорость роста рассчитывали как отношение разности натуральных логарифмов конечной и начальной массы рыб к длительности опытов (τ) в сутках. Рыб кормили 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 усвоения пищи на рост использовали кормовой коэффициент, рассчитанный по следующей формуле

$$\text{Кормовой коэффициент} = \frac{\text{Рацион}}{\text{Прирост}},$$

где рацион – суммарное потребление корма за время опыта, г/экз., прирост – прирост массы тела за время опыта, г.

Интенсивность дыхания рыб определяли методом замкнутых сосудов каждые 5–6 дней. Длительность пребывания рыб в респирометрах, предварительно заполняемых водой из соответствующих аквариумов, составляла 1 час. 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 термомоксиметра “Эксперт-001-2(0.1)” с точностью до 0.01 мг/л.

В одной серии опытов изучали влияние переменной освещенности на некоторые гематологические показатели и биохимический состав тела молоди. Кровь брали после перерезания хвостовой артерии и вены. Концентрацию гемоглобина определяли в гемометре Сали, 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 методике Ивановой (1983). При этом на каждом мазке подсчитывали не менее 600 клеток. Учитывали общее количество нейтрофилов, эозинофилов, моноцитов и лимфоцитов. При дифференцировании лейкоцитов опирались на указанное пособие

(Иванова, 1983) и работу Паликовой с соавторами (Palikova et al., 1999). Бластные формы при анализе в расчет не брали. Количество белка в мышцах определяли биуретовым методом (Справочник биохимика, 1991), липидов – по Фолчу (Bligh, Dyer, 1959). Определение содержания воды в мышцах проводили при высушивании навески мышц в термостате при температуре 50°C . Статистическая обработка цифрового материала проведена по общепринятой схеме с использованием t -критерия Стьюдента (Лакин, 1980). Контролем в опытах служили: в опытах при постоянной освещенности – режим 0 лк, при переменной освещенности – 600 лк.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Поскольку в литературе отсутствуют данные о влиянии постоянной освещенности на рост и энергетические показатели мальков сибирского осетра, мы провели исследования, чтобы восполнить этот пробел. Оказалось, что высокий темп роста молоди наблюдается в широком диапазоне интенсивности света (табл. 1). В каждой серии опытов выявлены определенные оптимальные величины освещенности, но четкой закономерности не прослеживалось. Так, в первом опыте конечная масса молоди была достоверно выше при освещенности 100 и 600 лк, во втором – при 30, 800 и 2000 лк, а в третьем – при 100 и 600 лк. Поэтому, исходя из результатов исследований, следует признать, что для молоди сибирского осетра оптимальной можно признать освещенность от 30 до 800 лк. Более высокая освещенность действует негативно в большинстве опытов, т.е. для этого вида при выращивании необходима слабая освещенность.

В естественных условиях сибирский осетр обитает на довольно значительной глубине и обычно в мутных водах сибирских рек (Колымы, Оби, Индигирки и др.). Некоторые его популяции находятся под воздействием полярной ночи и продолжительного ледового покрова на реках. Это придонный вид, о чем свидетельствует и спектр его питания (Рубан, 1999). Однако в промышленных условиях (в цехах разведения на Конаковском осетровом заводе) этот вид содержится 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. Выращивание молоди происходит уже на протяжении нескольких поколений при увеличивающейся длине светового дня при низкой освещенности. Измерения в цехах Конаковского рыбозавода показали, что освещенность на поверхности воды в ваннах для содержания мальков в марте 2005 г. была довольно низкой – 50–130 лк. Вполне логично предположить,

Таблица 1. Трофо-энергетические показатели мальков сибирского осетра при постоянной освещенности

Освещенность, лк	Масса рыб, г		Удельная скорость роста, % в сутки	Интенсивность дыхания, мкг/г ч	Суммарное потребление за время опыта		Расход кислорода на 1 г прироста, г	Кормовой коэффициент
	начальная	конечная			корма, г/экз.	кислорода, г/экз.		
Опыт 1 ($N = 5$, $\tau = 23$ дня)								
0, контроль	1.58	5.80	5.66	282	15.50	0.574	0.136	3.51
100	1.58	7.00*	6.47	293	17.14	0.694	0.128	3.16
600	1.58	7.12**	6.55	309	17.40	0.742	0.134	3.14
2000	1.58	6.13	5.90	299	15.50	0.637	0.140	3.41
5000	1.58	6.18	5.93	302	15.67	0.647	0.141	3.41
Опыт 2 ($N = 6$, $\tau = 23$ дня)								
0, контроль	1.58	6.09	5.86	285	15.72	0.604	0.134	3.48
100	1.58	7.03*	6.49	298	17.49	0.709	0.130	3.21
600	1.58	7.20**	6.60	307	17.80	0.744	0.132	3.17
2000	1.58	6.11	5.88	293	15.31	0.623	0.138	3.38
5000	1.58	6.32	6.03	298	15.53	0.650	0.137	3.28
Опыт 3 ($N = 5$, $\tau = 26$ дней)								
0, контроль	3.31	10.29	4.36	278	30.20	1.180	0.169	4.33
30	3.31	12.61**	5.14	294	35.04	1.460	0.157	3.77
800	3.31	12.02**	4.96	289	32.41	1.383	0.159	3.72
2000	3.31	11.56*	4.81	292	32.30	1.356	0.164	3.92
5000	3.31	10.50	4.44	292	33.02	1.259	0.175	4.59
Опыт 4 ($N = 5$, $\tau = 26$ дней)								
0, контроль	3.31	10.28	4.36	271	29.57	1.150	0.165	4.24
30	3.31	12.50**	5.11	284	34.24	1.402	0.153	3.73
800	3.31	12.06**	4.97	296	33.39	1.420	0.162	3.82
2000	3.31	11.44*	4.77	283	32.04	1.303	0.160	3.94
5000	3.31	10.36	4.39	284	31.38	1.212	0.172	4.45
Опыт 5 ($N = 4$, $\tau = 30$ дней)								
0, контроль	3.40	12.78	4.41	245	42.04	1.427	0.152	4.48
100	3.40	14.34*	4.80	244	44.90	1.558	0.142	4.10
600	3.40	14.63**	4.86	257	43.84	1.669	0.149	3.90
2700	3.40	13.12	4.50	250	40.86	1.487	0.153	4.20
5500	3.40	12.80	4.42	248	40.20	1.446	0.154	4.28
Опыт 6 ($N = 5$, $\tau = 30$ дней)								
0, контроль	3.40	12.69	4.39	234	40.30	1.356	0.146	4.34
100	3.40	14.71*	4.88	263	46.50	1.716	0.152	4.11
600	3.40	14.84**	4.91	263	45.41	1.727	0.151	3.97
2700	3.40	13.40	4.57	259	42.97	1.566	0.157	4.30
5500	3.40	12.95	4.46	254	41.35	1.496	0.157	4.33

* Достоверно при $p < 0.05$.** Достоверно при $p < 0.01$.

что благодаря высокой экологической пластичности этот вид хорошо переносит подобные условия освещения в цехах. К сожалению, исследова-

ний по изучению роста мальков осетровых при различной освещенности немного. Например, в экспериментах Набиева (1953) сильное затемне-

ние в течение первого месяца жизни отрицательно сказывалось на росте мальков куриного осетра. Однако в большинстве других работ, цитированных выше, основное внимание уделялось зависимости процессов развития и поведению осетровых при различных уровнях освещенности.

Интенсивность дыхания так же, как и рост осетра, не проявляли четкой зависимости от уровня освещенности. Можно только констатировать, что при высоких скоростях роста наблюдается и большее потребление кислорода, т.е. обменные процессы в организме рыб в данных режимах идут гораздо интенсивнее. В темноте этот показатель снижался на 7.5% по сравнению с его максимальным значением во всех сериях опытов. К сожалению, публикаций, рассматривающих влияние уровня освещения на интенсивность дыхания, крайне мало. В некоторой степени похожие результаты были получены Крючковым и Обуховым (2006) на молоди стерляди. При круглосуточном затемнении у этого вида снижалась частота дыхания, падал минутный объем дыхания, увеличивалась общая длительность дыхательного акта, выдох становился длиннее, чем вдох. В условиях круглосуточного освещения эти параметры изменялись в обратную сторону.

В опытах на других видах рыб было показано, что интенсивность дыхания прямо зависит от освещенности. Например, потребление кислорода *Pimephales promelas* постепенно повышалось с усилением интенсивности света от 0 до 50 Вт/м² (Igram, Wares, 1979). На молоди карпа (*Cyprinus carpio*) мы получили сходные зависимости (Ручин, 2001). Увеличение интенсивности светового воздействия повышало интенсивность потребления кислорода радужной форелью (*Salmo gairdneri*) (Есавкин, 1985). В темноте потребление кислорода севанской форелью (*Salmo ischchan*) на всех этапах развития было на 10–30% ниже, чем в контроле (Рыжков, 1967). Таким образом, в большинстве работ показано, что в темноте потребление кислорода рыбами снижается. Косвенно на это могут указывать и результаты исследования суточных ритмов дыхания многих рыб, у которых интенсивность потребления кислорода в ночное время снижалась (Олифан, 1940; Малюкина и др., 1962; Белковский, 1982; Finn, Ronnestad, 2003).

Суточное потребление корма (суточный рацион) в каждой из серий эксперимента различалось при разной освещенности недостоверно. Лишь при отсутствии света наблюдалось некоторое (недостоверное) его увеличение. Суммарное потребление корма и кислорода всегда было выше при оптимальных для роста значениях освещенности (табл. 1). Увеличение суммарного количества потребленного корма в оптимальных для роста молоди режимах зарегистрировано и другими исследователями.

В темноте у личинок *Paralabrax maculatofasciatus* отмечена меньшая интенсивность питания, чем при освещенности 100–400 лк (Рена et al., 2004). Мальки карпа при больших скоростях роста имели и более высокие суммарные рационы (Ручин, 2001). Личинки озимой расы куриного осетра в возрасте 30–60 суток активнее питались при освещенности 100–130 лк, яровой расы – в возрасте 30–45 суток – при 100–130 лк, а в более старшем возрасте – при 80–100 лк (Гусейнова, 1990).

В связи с различиями в скорости роста и увеличении конечной массы расчет расхода кислорода выявил определенную тенденцию: при повышении скорости роста молоди его расход на прирост снижается (табл. 1). Одновременно с ускорением роста увеличивалась эффективность конвертирования пищи (кормовой коэффициент снижался), что согласуется с результатами наших предыдущих исследований (Ручин, 2001).

В экспериментах по изучению влияния переменной освещенности на различные показатели мальков сибирского осетра за контроль принимали вариант с постоянной освещенностью на уровне 600 лк. Наибольший прирост (в среднем по двум опытам на 10.3% выше контроля) получен в режиме с суточными колебаниями освещенности от 200 до 1000 лк (опыт 2 и 3, табл. 2). Перемена уровня освещения с небольшой амплитудой практически не влияла на темп роста. Поскольку освещенность – быстро изменяющийся фактор, мы попытались выяснить, каким образом действуют на рост колебания освещенности с малым периодом. Оказалось, что в вариантах с коротким периодом (0.5, 4 и 12 ч) колебаний освещенности мальки осетра росли лучше (см. табл. 2). Схожие результаты были получены нами в опытах с молодью карпа и мальками гуппи (*Poecilia reticulata*) (Ручин, 2000; Ручин, Кузнецов, 2003).

Ранее было показано, что оптимальные колебания факторов среды вызывают снижение интенсивности дыхания молоди рыб (Константинов, Шолохов, 1993; Ручин, 2002; Константинов и др., 2005). Полученные нами данные не позволяют сделать столь однозначный вывод. В ряде опытов оказалось, что интенсивность дыхания в оптимальных для роста режимах может быть выше или ниже, чем в контрольной группе. Во всех случаях изменения этого показателя относительно контрольного варианта изменялись недостоверно.

Одновременно с ускорением роста в оптимальных переменных режимах увеличивалось суммарное потребление как корма, так и кислорода. Однако расход кислорода на единицу прироста массы и кормовой коэффициент были всегда ниже именно в переменных условиях. Примечательно, что даже при колебаниях освещенности от 0 до

Таблица 2. Трофо-энергетические показатели мальков сибирского осетра при переменной освещенности

Освещенность, лк	Период, ч	Масса рыб, г		Удельная скорость роста, % в сутки	Интенсивность дыхания, мкг/г ч	Суммарное потребление за время опыта		Расход кислорода на 1 г прироста, г	Кормовой коэффициент
		начальная	конечная			корма, г/экз.	кислорода, г/экз.		
Опыт 1 ($N = 6$, $\tau = 25$ дней)									
600, контроль	–	1.55	7.80	6.46	292	20.45	0.820	0.131	3.27
200–1000	0.5	1.55	8.31*	6.72	295	22.04	0.873	0.129	3.26
200–1000	4	1.55	8.38*	6.75	276	21.16	0.823	0.120	3.10
200–1000	12	1.55	8.20*	6.67	279	21.19	0.817	0.123	3.19
200–1000	48	1.55	8.01	6.57	296	21.30	0.849	0.131	3.30
Опыт 2 ($N = 6$, $\tau = 25$ дней)									
600, контроль	–	1.55	7.91	6.52	287	21.83	0.815	0.128	3.43
200–1000	0.5	1.55	8.12*	6.63	288	20.64	0.836	0.127	3.14
200–1000	4	1.55	8.22*	6.67	287	20.97	0.842	0.126	3.14
200–1000	12	1.55	8.31*	6.72	274	22.01	0.810	0.120	3.26
200–1000	48	1.55	7.90	6.52	295	20.98	0.837	0.132	3.30
Опыт 3 ($N = 5$, $\tau = 23$ дня)									
600, контроль	–	3.42	12.18	5.52	278	29.65	1.197	0.137	3.38
500–700	24	3.42	12.24	5.54	284	30.02	1.227	0.139	3.40
400–800	24	3.42	12.69*	5.70	291	30.54	1.295	0.140	3.29
200–1000	24	3.42	13.10**	5.84	279	30.85	1.272	0.131	3.19
0–1200	24	3.42	12.80	5.74	269	31.63	1.204	0.128	3.37
Опыт 4 ($N = 6$, $\tau = 23$ дня)									
600, контроль	–	3.42	12.32	5.57	282	31.64	1.225	0.138	3.56
500–700	24	3.42	12.35	5.58	285	30.73	1.241	0.139	3.44
400–800	24	3.42	12.80*	5.74	284	31.60	1.271	0.136	3.37
200–1000	24	3.42	13.23**	5.88	270	32.07	1.242	0.127	3.27
0–1200	24	3.42	12.90	5.77	276	32.03	1.243	0.131	3.38
Опыт 5 ($N = 4$, $\tau = 28$ дней)									
600, контроль	–	5.18	16.32	4.10	250	41.65	1.806	0.162	3.73
200–1000	0.5	5.18	17.50**	4.35	253	42.10	1.928	0.156	3.42
200–1000	4	5.18	17.85**	4.42	246	44.04	1.904	0.150	3.48
200–1000	12	5.18	17.83**	4.41	243	41.59	1.879	0.149	3.29
200–1000	48	5.18	16.41	4.12	246	41.30	1.785	0.159	3.68
Опыт 6 ($N = 5$, $\tau = 28$ дней)									
600, контроль	–	5.18	16.52	4.14	259	43.03	1.888	0.166	3.79
200–1000	0.5	5.18	17.62**	4.37	247	43.20	1.892	0.152	3.47
200–1000	4	5.18	17.76**	4.40	257	42.90	1.981	0.157	3.41
200–1000	12	5.18	17.87**	4.42	244	42.21	1.891	0.149	3.33
200–1000	48	5.18	16.60	4.16	239	41.86	1.749	0.153	3.66

* Достоверно при $p < 0.05$.** Достоверно при $p < 0.01$.

1200 лк (опыт 2, табл. 2) происходило снижение первой величины на 6.2% относительно контроля. В целом результаты наших исследований под-

тверждают выдвинутую Константиновым (1997) новую интерпретацию концепции экологического оптимума, согласно которой не статичность

Таблица 3. Состав крови мальков сибирского осетра при переменной освещенности

Освещенность, лк	Период колебаний освещенности, ч	Гемоглобин ($X \pm s_x$), г%	Эритроциты ($X \pm s_x$), млн./мкл	Лейкоциты ($X \pm s_x$), тыс./мкл
600	–	4.47 ± 0.03	0.57 ± 0.09	54.6 ± 0.12
200–1000	0.5	4.30 ± 0.05	0.53 ± 0.10	53.9 ± 0.08
200–1000	4	4.83 ± 0.10	0.61 ± 0.12	$57.6 \pm 0.11^{**}$
200–1000	12	$5.20 \pm 0.10^*$	0.57 ± 0.11	$57.2 \pm 0.11^{**}$
200–1000	48	4.50 ± 0.09	0.56 ± 0.11	$50.2 \pm 0.13^{**}$

* Достоверно при $p < 0.05$.** Достоверно при $p < 0.01$.

факторов среды, а именно их астатичность (непостоянство) в определенных пределах является действительной нормой для организма рыб.

Имеются сведения, что переменные режимы температуры и pH положительно влияют на гематологические показатели рыб (Зданович, 1990; Кузнецов, 2005). Мы изучали основные характеристики крови и биохимический состав мышц осетра (динамику показателей не определяли) при разных значениях освещенности и ее продолжительности (период). Достоверное увеличение содержания гемоглобина выявлено только при 12-часовой освещенности в 200–1000 лк (табл. 3). В остальных вариантах изменения этого показателя были недостоверны. Количество эритроцитов также недостоверно изменялось под действием переменной освещенности. С другой стороны,

количество лейкоцитов при освещенности с 4 и 12-часовым периодами достоверно увеличилось, а в режиме с 48-часовым периодом снижалось (табл. 3). По всей видимости, переменная освещенность – не такой активный модулятор физиологических показателей, как температура или pH воды. Надо указать, что гематологические показатели некоторых видов рыб индифферентны к свету. Например, у тилляпии (*Oreochromis*) свет не вызывал значимых изменений этих параметров (Зобова, 2004). На число эритроцитов, лейкоцитов и величину гематокрита у взрослого двухгодовалого карпа свет также не оказывал заметного влияния (Bieniarz, Maslowska, 1971).

В лейкоцитарной формуле количество нейтрофилов и эозинофилов практически не менялось в разных вариантах (рис. 1). В то же время,

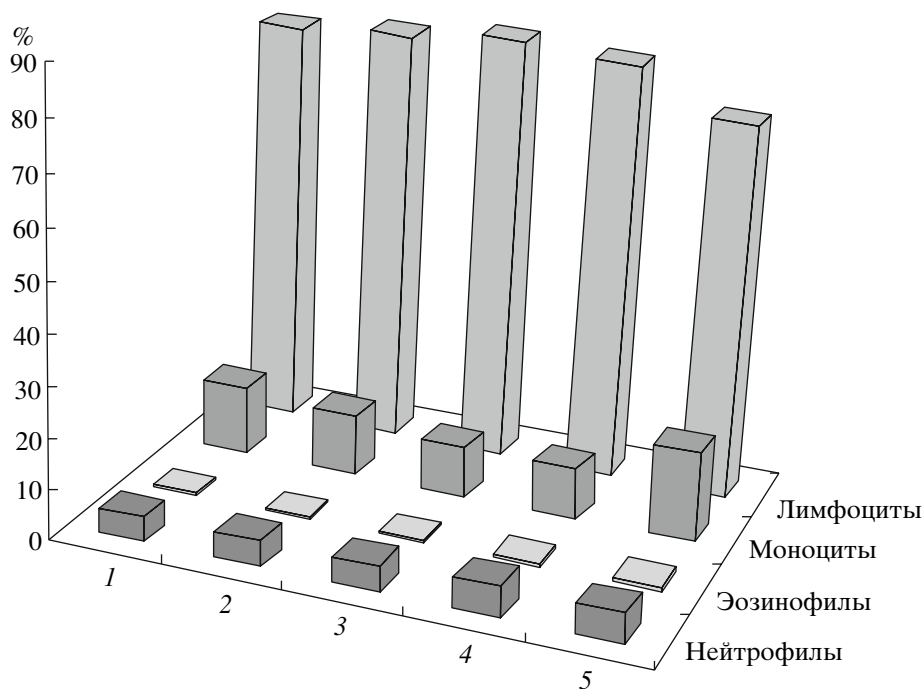


Рис. 1. Зависимость лейкоцитарной формулы крови сибирского осетра от переменной освещенности: 1 – 600 лк, контроль; 2 – 200–1000 лк (период 0.5 ч); 3 – 200–1000 лк (период 4 ч); 4 – 200–1000 лк (период 12 ч); 5 – 200–1000 лк (период 48 ч).

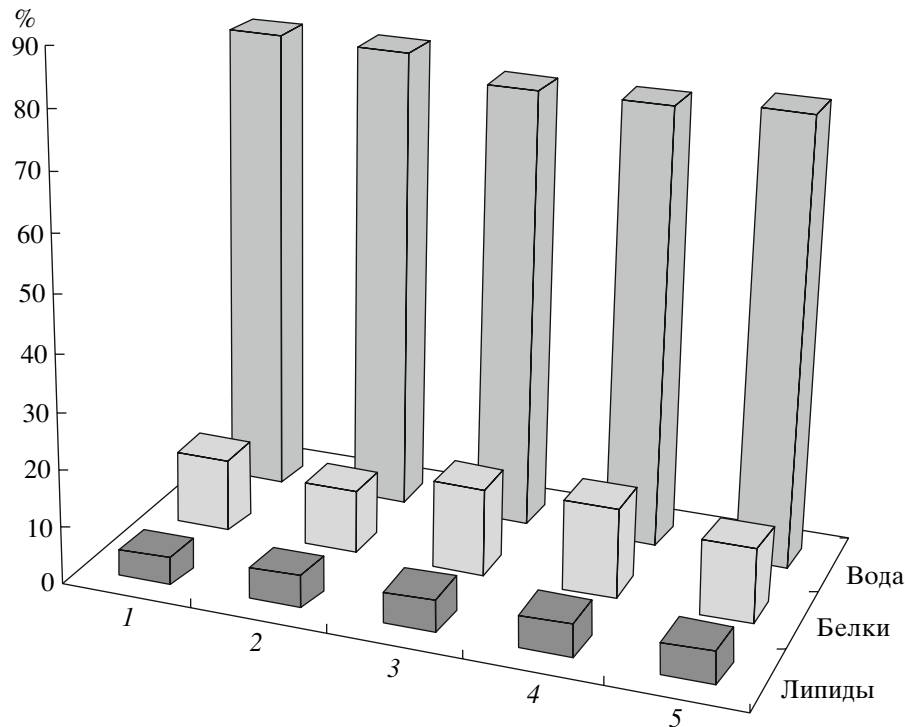


Рис. 2. Биохимический состав тела мальков сибирского осетра, выращенной в разных режимах освещенности (% от сырой массы тела): 1 – 600 лк, контроль; 2 – 200–1000 лк (период 0.5 ч); 3 – 200–1000 лк (период 4 ч); 4 – 200–1000 лк (период 12 ч); 5 – 200–1000 лк (период 48 ч).

число моноцитов достоверно ($p < 0.05$) уменьшалось при переменной освещенности, а число лимфоцитов, наоборот, увеличивалось. Обычно моноцитопения и лимфофилия являются индикаторами благополучного состояния рыб (Головина, 1996).

Количество общих липидов в мышцах осетра достоверно повышалось при режимах переменной освещенности (рис. 2). Наиболее значительное увеличение зафиксировано при 12-часовых сменах освещенности (на 42.9% выше контроля, $p < 0.01$). Количество общих липидов в мышцах имело слабую положительную связь с периодом изменений режимов ($r = 0.493$, $p < 0.05$). Количество общего белка также повышалось при 12-часовых колебаниях интенсивности света. Одновременное увеличение липидов и белков происходило на фоне снижения обводненности мышц ($r = -0.290$). Таким образом, увеличение содержания органических веществ в организме рыб косвенно может свидетельствовать об усилении анаболических процессов в клетках, что подтверждает концепцию Константинова (1997). Все это говорит о неспецифичности действия переменной освещенности на рост рыб, поскольку в сходной форме вышеописанный эффект проявляется и при колебаниях других экологических факторов.

ВЫВОДЫ

Максимальная удельная скорость роста мальков сибирского осетра отмечена в широком диапазоне освещенности (от 30 до 800 лк), который можно считать оптимальным для роста. В этих условиях увеличиваются интенсивность дыхания, суммарное потребление корма и кислорода, но снижаются кормовой коэффициент и расход кислорода на прирост. Круглосуточное затемнение вызывало противоположный эффект.

При переменной освещенности с амплитудой 200–1000 лк и малым периодом ее колебаний (0.5, 4 и 12 ч) увеличивались скорость роста, потребление корма и кислорода, снижался расход кислорода на прирост единицы массы и улучшалось усвоение пищи.

Содержание гемоглобина и количество эритроцитов практически не зависело от освещенности. В оптимальных для роста переменных режимах отмечались моноцитопения и лимфофилия. Количество общих липидов и белка в мышцах осетра достоверно повышалось в переменных режимах, а обводненность снижалась.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Белковский Н., 1982. Физиологическая активность форели // Рыбоводство и рыболовство. № 2. С. 8–9.

- Гаджиев Р.В., 1987. Выявление оптимальных условий для ранних этапов развития куриного осетра // Фауна, экология и охрана животных в Азербайджане. Баку. С. 45.
- Головина Н.А., 1996. Морфофункциональная характеристика крови рыб – объектов аквакультуры. Автореф. дис. ... докт. биол. наук. М.: ВНИИПРХ. 53 с.
- Гусейнова Ф.М., 1990. Влияние различной освещенности на разные биологические группы куриного осетра в раннем онтогенезе // Современные проблемы промысловой океанологии. Л. С. 63–64.
- Есавкин Ю.И., 1985. Интенсивность обмена веществ у молоди радужной форели при различных условиях содержания // Совершенствование биотехники в рыбководстве. М.: ТСХА. С. 98–103.
- Зданович В.В., 1990. Влияние переменной температуры на гематологические показатели карпа и серебряного карася // Биол. науки. № 12. С. 76–81.
- Зобова О.Н., 2004. Влияние различной освещенности и фотопериода на рост и развитие тилапии. Дис. ... канд. сельскохозяйств. наук. М. 118 с.
- Иванова Н.Т., 1983. Атлас клеток крови рыб. М.: Легкая и пищевая промышленность. 184 с.
- Казаков Р.В., Мельникова Е.Л., 1982. Влияние света на проходных лососевых рыб в природных и контролируемых условиях. 1. Основные особенности действия света на рыб // Сб. науч. трудов государственного научно-исследовательского института озерного-речного хозяйства. Вып. 190. С. 11–22.
- Константинов А.С., 1988. Рост молоди рыб в постоянных и переменных кислородных условиях // Вестник МГУ. Сер. биол. № 3. С. 3–7. – 1997. Статистический и астатический оптимум абиотических факторов в жизни рыб // Тез. докл. I Конгресса ихтиологов России. М.: Изд-во ВНИРО. С. 221–222.
- Константинов А.С., Вечканов В.С., Кузнецов В.А., 1995. Влияние колебаний концентрации водородных ионов на рост молоди рыб // Вопр. ихтиологии. Т. 35. № 1. С. 120–125.
- Константинов А.С., Зданович В.В., 1986. Некоторые аспекты роста рыб при переменных температурах // Вопр. ихтиологии. Т. 26. Вып. 3. С. 448–456.
- Константинов А.С., Мартынова В.В., 1990. Влияние колебаний солености на рост молоди рыб // Вопр. ихтиологии. Т. 30. Вып. 6. С. 1004–1011.
- Константинов А.С., Пушкарь В.Я., Зданович В.В., Аверьянова О.В., Речинский В.В., 2005. Энергобюджет молоди некоторых осетровых рыб в оптимальном статичном и астатичном терморегиме // Гидробиол. журн. Т. 41. № 2. С. 37–47.
- Константинов А.С., Шолохов А.М., 1993. Влияние колебаний температуры на рост, энергетику и физиологическое состояние молоди севрюги *Acipenser stellatus* Pallas // Вестник МГУ. Сер. биология. № 2. С. 43–47.
- Крючков В.И., Обухов Д.К., 2006. Развитие молоди стерляди *Acipenser ruthenus* L., выращиваемой при различных режимах освещенности // Аквакультура осетровых рыб: достижения и перспективы развития. М.: Изд-во ВНИРО. С. 47–50.
- Кузнецов В.А., 2005. Астатичность факторов среды как экологический оптимум для гидробионтов. Автореф. дис. ... докт. биол. наук. Саратов, 44 с.
- Лакин Г.Ф., 1980. Биометрия. М.: Высш. школа. 293 с.
- Малюкина Г.А., Александрюк С.П., Штефанеску М., 1962. О роли зрения в стайном поведении голянов (*Phoxinus phoxinus* L.) и карасей (*Carassius carassius* L.) // Вопр. ихтиологии. Т. 2. Вып. 3 (24). С. 511–516.
- Маршин В.Г., 1967. О зависимости различной выживаемости молоди сибирских осетровых с характером их фоторецепции в раннем онтогенезе // Поведение и рецепция рыб. М.: Наука. С. 103–104.
- Набиев А.И., 1953. Рост молоди осетра в экспериментальных условиях и влияние на него факторов внешней среды // Труды Ин-та зоологии АН АзССР. Т. 16. С. 87–149.
- Насирова Н.В., Касимов Р.Ю., 1982. Влияние некоторых факторов среды на выживаемость молоди осетровых в раннем онтогенезе // Тез. докл. 5 Всес. конф. по экологич. физиологии и биохимии рыб. Ч. 3. Киев: Наукова думка. С. 92–94.
- Никоноров С.И., Витвицкая Л.В., 1993. Эколого-генетические проблемы искусственного воспроизводства осетровых и лососевых рыб. М.: Наука. 254 с.
- Олифан В.И., 1940. Суточная ритмичность дыхания личинок рыб // ДАН СССР. Т. 29. № 8–9. С. 627–630.
- Привезенцев Ю.А., Власов В.А., 2004. Рыбоводство. М.: Мир. 456 с.
- Рубан Г.И., 1999. Сибирский осетр *Acipenser baerii* Brandt (структура вида и экология). М.: ГЕОС. 236 с.
- Ручин А.Б., 2000. Влияние колебаний освещенности на рост молоди некоторых видов рыб и личинок травяной лягушки (*Rana temporaria*) // Зоол. журн. Т. 79. № 11. С. 1331–1336. – 2001. Особенности роста и энергетики карпа (*Cyprinus carpio*) при различной освещенности // Зоол. журн. Т. 80. № 4. С. 433–437. – 2002. Рост, энергетика и биологическое состояние молоди карпа при переменной освещенности // Вопр. ихтиологии. Т. 42. № 3. С. 390–394.
- Ручин А.Б., Кузнецов В.А., 2003. Влияние колебаний рН и освещенности на рост молоди гуппи *Poecilia reticulata* // Биол. внутренних вод. № 3. С. 88–92.
- Рыжков Л.П., 1967. Влияние условий среды на некоторые стороны обмена веществ у севанской форели // Обмен веществ и биохимия рыб. М.: Наука. С. 85–93.
- Справочник биохимика, 1991. М.: Мир. 544 с.
- Bieniarz K., Maslowska E., 1971. Influence of light and darkness upon the blood picture of carp (*Cyprinus carpio* L.) // Acta biol. cracov. Ser. zool. V. 14. № 2. P. 267–278.
- Bligh E.G., Dyer W.J., 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification // Can. J. Biochem. Physiol. V. 37. P. 911–917.
- Finn R.N., Ronnestadt I., 2003. 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. and Aquat. Sci. V. 60. № 11. P. 1324–1331.
- Igram R., Wares W.D., 1979. Oxygen consumption in the fathead minnow (*Pimephales promelas* Rafinesque) –

- II. Effects of pH, osmotic pressure, and light level // *Comp. Biochem. and Physiol.* V. A62. № 4. P. 895–897.
- Palikova M., Mares J., Jirasek J.*, 1999. Characteristics of leukocytes and thrombocytes of selected sturgeon species from intensive breeding // *Acta Vet. Brno.* V. 68. P. 259–264.
- Pena R., Dumas S., Saldivar-Lucio R., Garsia G., Trasvina A., Hernandez-Ceballos D.*, 2004. The effect of light intensity on first feeding of the spotted sand bass *Paralabrax maculatofasciatus* (Steindachner) larvae // *Aquacult. Res.* V. 35. № 4. P. 345–349.
- Semenkova T.B., Trenkler I.V.*, 1993. Effects of photoperiod, epiphysectomy and pharmacological preparations on growth rate and metabolism in young sturgeons // *Int. Symp. on sturgeons: Abstr. Bul. Moscow.* P. 13–14.

**THE EFFECTS OF PERMANENT AND VARIABLE ILLUMINATION
ON THE GROWTH, PHYSIOLOGICAL AND HEMATOLOGICAL
PARAMETERS OF THE SIBERIAN STURGEON
(*ACIPENSER BAERII*) JUVENILES**

A. B. Ruchin

*Mordovian State University, Saransk 430000, Russia
e-mail: sasha_ruchin@rambler.ru*

Under laboratory conditions, the influence of permanent and variable illumination on sturgeon juveniles was studied. The growth rate increased within a wide range of light intensity (30–800 lux). The intensity of respiration, total consumption of food and oxygen increased, and the oxygen expenditures for the mass increment and feeding coefficient decreased. The 24-h darkening produced opposite values of these parameters. Under the variable illumination with the definite amplitude and periodicity, the growth of sturgeon juveniles became higher. The oxygen expenditures for mass increment decreased and food conversion decreased. Under varying regimes optimal for the growth of sturgeon juveniles, the number of monocytes decreased and that of lymphocytes increased. The number of lipids and protein in the fish muscles significantly rose under variable regimes, the water amount being lowered.