

УДК 597.553.2.639.3.081.32

ВЛИЯНИЕ ОСВЕЩЁННОСТИ НА ВЫЖИВАЕМОСТЬ И РАЗВИТИЕ ЛИЧИНОК НЕЛЬМЫ *STENODUS LEUCICHTHYS NELMA* (SALMONIFORMES: COREGONIDAE)

© 2012 г. А. А. Лютиков

Государственный научно-исследовательский институт озёрного и речного рыбного хозяйства – ГосНИОРХ, Санкт-Петербург

E-mail: tokmo@mail.ru

Поступила в редакцию 22.06.2011 г.;
после доработки – 13.12.2011 г.

Ключевые слова: нельма, личинки, этапы развития, выживаемость, температура, освещённость.

Солнечный свет как абиотический фактор играет важную роль в жизни большинства видов рыб практически на всех этапах развития. Особенно важным является влияние освещённости на ранние стадии постэмбриогенеза, когда успех выживания молоди во многом определяет динамику численности популяций.

Публикаций о влиянии света на рыб довольно много, но в большинстве из них рассматриваются вопросы поведения, двигательной активности, размножения и питания (Лещёва, 1967; Волкова, 1971, 1973; Гирса, 1981; Савченко и др., 1981). Вместе с тем особый интерес представляют данные о воздействии света на процессы роста и выживаемость молоди. В литературе этот вопрос освещён достаточно полно на разных видах рыб (Barlow et al., 1995; Gulbrandsen et al., 1996; Abdel-Fattah, Mamdouh, 2004; Гутиева 2005; Ручин, 2006), однако представители семейства сиговых (Coregonidae) остаются малоизученными. Работы о влиянии светового фактора на личиночное развитие сиговых рыб в основном направлены на поиск оптимальных режимов освещённости при подращивании молоди в искусственных условиях (Раденко, Терентьев, 1988; Решетников и др., 1989).

Цель настоящих исследований – изучить влияние различного уровня освещённости на развитие, выживаемость и поведение личинок нельмы *Stenodus leucichthys nelma*. Работа является частью комплексных исследований лаборатории аквакультуры и воспроизводства ценных видов рыб ГосНИОРХ, направленных на отработку методики искусственного воспроизводства кубенской нельмы и формирование её промышленного маточного стада в Ленинградской области (Костюничев, 2010).

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Исследования проводили на рыбноводном хозяйстве ООО “Форват” (Ленинградская область) в июне 2010 г. Личинки для эксперимента получены из икры, собранной от производителей кубенской нельмы, выращенных в промышленных условиях на искусственных кормах. После вылупления молодь содержали в бассейнах рыбноводного цеха при кормлении искусственными кормами начиная со второго дня после вылупления.

Во время опыта молодь подращивали в двух прямооточных лотках размером 4.2 × 0.7 × 0.7 м, в которых были созданы одинаковые условия, за исключением интенсивности освещения. Первую группу личинок содержали в помещении рыбноводного цеха, а вторую пересадили в лоток, размещённый на открытой площадке и накрытый тентом, который покрывал около 75% водной поверхности между местом подачи воды и сливным устройством. На момент начала эксперимента молодь нельмы в возрасте 28 сут. после вылупления имела среднюю общую длину (*TL*) 19.4 мм и массу 29.5 мг и находилась на III этапе личиночного развития, характеризующимся переходом на внешнее питание и полным расходом желточного мешка. Этапы и стадии развития молоди приняты такими же, как в работе Смольянова (1957).

Начальная плотность посадки в обоих лотках равнялась 20 тыс. экз./лоток. Нормы кормления рассчитывали в соответствии с методическими указаниями по выращиванию сиговых рыб (Костюничев и др., 2005); использовали искусственные корма “Тросо” (“Сорrens”, Голландия). Пробы личинок (не менее 25 экз.) отбирали один раз в неделю и фиксировали 2%-ным раствором формальдегида. Длину тела (*TL*) измеряли с точностью до 0.1 мм, массу определяли на электронных весах с точностью до 0.1 мг.

Таблица 1. Динамика освещённости лотков в эксперименте, лк

Период наблюдений (время суток), ч	Группа 1			Группа 2	
	Вток	Средняя часть	Выток	Незащищённая часть	Часть под тентом
7.00–12.30	700	900	1500	8200	50
	170	130	150	5700	40
12.30–15.30	400	450	470	53 000	500
	225	130	120	17 000	60
15.30–18.30	1800	400	400	50 000	500
	240	150	150	10 000	50
18.30–21.00	3800	650	500	37 000	500
	135	55	40	4200	45
21.00–22.00	550	220	190	4700	100
	100	35	30	2500	35

Примечание: над чертой – показатели в ясную погоду, под чертой – в пасмурную, облачную.

Таблица 2. Показатели роста личинок нельмы *Stenodus leucichthys nelma* при выращивании в разных условиях освещённости

Время, сут. после начала опыта	Группа 1					Группа 2				
	Длина, мм	CV	Масса, мг	CV	Выживаемость, %	Длина, мм	CV	Масса, мг	CV	Выживаемость, %
1-е	$\frac{17.2-22.0}{19.4 \pm 0.23}$	5.99	$\frac{21.0-44.0}{29.5 \pm 0.96}$	8.79	100	$\frac{17.2-22.0}{19.4 \pm 0.23}$	5.99	$\frac{21.0-44.0}{29.5 \pm 0.96}$	8.79	100
8-е	$\frac{20.0-24.9}{22.9 \pm 0.20}$	4.41	$\frac{51.0-710}{61.3 \pm 1.13}$	9.19	90.0	$\frac{19.2-24.1}{21.8 \pm 0.21}$	4.79	$\frac{42.0-83.0}{55.5 \pm 1.63}$	14.69	60.0
15-е	$\frac{21.0-30.5}{26.2 \pm 0.44}$	8.39	$\frac{123.0-199.0}{154.6 \pm 4.53}$	14.66	66.0	$\frac{23.1-27.8}{25.5 \pm 0.22}$	4.38	$\frac{86.0-166.0}{123.8 \pm 4.42}$	17.85	35.0
22-е	$\frac{28.8-38.5}{31.7 \pm 0.41}$	6.42	$\frac{142.0-296.0}{201.3 \pm 8.25}$	20.48	48.0	$\frac{23.5-31.3}{26.9 \pm 0.43}$	7.92	$\frac{109.0-198.0}{155.8 \pm 4.56}$	14.62	22.0
29-е	$\frac{30.0-40.0}{35.8 \pm 0.67}$	9.32	$\frac{153.0-356.0}{255.0 \pm 10.86}$	21.29	42.5	$\frac{34.0-47.0}{40.7 \pm 0.77}$	9.45	$\frac{217.0-480.0}{362.8 \pm 13.76}$	18.96	17.5

Примечание. Над чертой – пределы варьирования показателя, под чертой – среднее значение и его ошибка; CV – коэффициент вариации.

Продолжительность эксперимента составила 29 сут. (1–29 июня), температура воды в этот период находилась в пределах 13.9–16.2°C. Освещённость измеряли ежедневно с 7.00 до 22.00 ч у поверхности воды по всей длине лотков люксметром Ю-116 с точностью $\pm 5\%$ (табл. 1).

Статистическую обработку собранного материала проводили в соответствии с принятыми методами (Лакин, 1980). Для проведения статистического анализа полученных данных использовали прикладную программу STADIA.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Результаты исследований показали, что высокая интенсивность освещения на ранних этапах постэмбрионального развития крайне отрицательно влияет на выживаемость и рост личинок нельмы. В течение первых 7 сут. после рассаживания молоди в группе 2 наблюдалась повышенная смертность, которая составила около 40% исходного числа личинок против 10% в группе 1 (табл. 2). В последующем динамика смертности нельмы в двух группах существенно не различалась и отражала прохождения личинками критических стадий

в процессе развития (появление плавательного пузыря, начало функционирования желудка и др.).

Через неделю после начала эксперимента у личинок в группе 2 было отмечено отставание в развитии: большинство из них (68%) находились на IV этапе личиночного развития (наполнение плавательного пузыря воздухом, окостенение лучей в плавниках, обособление желудка); всего 28% молоди перешли на V этап (появление в перитонеуме серебристого пигмента гуанина, хвостовой плавник начинает принимать гомоцеркальную форму). В группе 1 в это время большинство особей (64%) находились на V этапе развития. В обоих вариантах эксперимента наблюдались особи (по 4% в каждом), оставшиеся на III этапе, их плавательный пузырь не был наполнен воздухом. При вскрытии и исследовании этих личинок с помощью бинокулярного микроскопа было обнаружено перекрытие канала, соединяющего плавательный пузырь с кишечным трактом.

Шестой, заключительный, этап личиночного развития в обеих группах наблюдался у большинства личинок на 15-е сут. (в группе 1 – 64%, в группе 2 – 52%), а продолжительность его составляла 10 сут. (с 13 по 22 июня). На данном этапе у личинок происходили изменения в пищеварительной системе, связанные с формированием петлеобразного изогнутого желудка.

За неделю до окончания опыта (22-е сут.) в группе 1 доминировали (64%) особи, перешедшие к мальковому периоду развития (преанальная складка редуцируется, плавники приобретают definitiva строение, появляется чешуя), оставшая молодь находилась на стадии перехода от личиночного к мальковому периоду. В группе 2 около 20% особей задержались на последней личиночной стадии, но к окончанию эксперимента вся молодь перешла на стадию малька.

Данные табл. 2 свидетельствуют, что за неделю до окончания эксперимента личинки в группе 2 имели меньшие показатели длины и массы, чем в группе 1. На них оказывало негативное влияние избыточное количество света, интенсивность которого на водной поверхности рыбоводной ёмкости, не защищённой тентом, иногда достигала 53000 лк, в то время как на поверхности лотка в помещении этот показатель не превышал 4000 лк (табл. 1). Однако перед переходом на мальковый период молодь в группе 2 превосходила по размерно-весовым показателям мальков из группы 1. Различия между средними показателями длины и массы молоди нельмы в двух группах достоверны (при $p < 0.05$), за исключением пробы, взятой через 15 сут. после начала опыта. Этот факт можно объяснить элиминацией отстающих в росте и развитии личинок в группе 2, приведшей к выравниванию размерных показателей и к уменьшению

варьирования признаков, на что также указывает снижение коэффициента вариации.

После перехода молоди нельмы на мальковый период развития смертность в двух группах практически прекратилась. Выживаемость личинок в группе 1 составила 42.5% от числа личинок в начале эксперимента (8500 экз.), а в группе 2 – 17.5% (3500 экз.). По достижении молодью малькового этапа эксперимент был прекращён, а нельма высажена в садок, расположенный в озере. Мальки держались на глубине, поднимаясь на поверхность исключительно во время кормления.

ОБСУЖДЕНИЕ

Высокую смертность личинок, которая наблюдалась в первую неделю опыта в группе 2, можно объяснить рядом причин. С одной стороны, это – стресс, вызванный сменой условий содержания, с другой – слабая пигментация поверхности тела и отсутствие гуанинового пигмента в перитонеуме молоди (он образуется позже и наряду с пигментацией обеспечивает резистентность рыб к солнечной радиации). Отсутствие защиты от чрезмерной инсоляции негативно сказывалось на росте и выживаемости молоди нельмы в новых условиях после пересадки, так как личинки игнорировали затемнённые участки водной поверхности и равномерно рассредоточивались по всему объёму рыбоводной ёмкости. Стоит отметить, что в течение первых 10 сут. опыта преобладала ясная солнечная погода.

На протяжении всего эксперимента личинки в обеих группах различались по размерно-весовым показателям. Относительно высокий прирост массы и увеличение размеров молоди в группе 2 был отмечен на последнем этапе личиночного развития. К этому времени число рыб в лотке существенно уменьшилось в связи с элиминацией отстающих особей, что определило более благоприятные условия для дальнейшего развития оставшейся молоди.

Уровень освещённости по-разному влияет на сроки наступления отдельных этапов личиночного развития, скорость их прохождения, темп роста и выживаемость молоди. При чрезмерном воздействии солнечной инсоляции наблюдалась задержка роста и отставание в развитии личинок нельмы в группе 2. Смертность личинок в этой группе за период эксперимента была в 1.4 раза выше, чем в группе 1, – 82.5 против 57.5%.

Схожие выводы были сделаны Ручиным (2009) в эксперименте на сеголетках четырёх видов рыб (серебряного карася *Carassius auratus gibelio*, золотого карася *C. carassius*, ротана *Perccottus glenii* и сибирского осетра *Acipenser baerii*) при выдерживании их в диапазоне освещённости 0–9000 лк. Автор показал, что скорость роста молоди снижа-

лась по мере увеличения интенсивности света. По данным Мельниковой (1986), у личинок атлантического лосося *Salmo salar* при повышении освещённости до 500 лк наблюдается снижение показателей выживаемости, среднесуточных приростов длины и массы тела, а также замедление резорбции желтка и задержка перехода на активное питание.

Интересные результаты были получены при исследовании влияния разных световых режимов на поведение сиговых. В частности, в экспериментах Раденко и Терентьева (1988) не было обнаружено отклонений в поведении личинок пеляди *Coregonus peled*, которых содержали в довольно широком диапазоне освещённости — 320–20000 лк. Аналогичные результаты были получены и в наших исследованиях: изменение интенсивности освещения не сопровождалось изменением поведения молоди нельмы; личинки не избегали участков бассейна, подверженных высокой инсоляции.

Данные о влиянии на личинок рыб более высоких величин освещённости, а тем более прямого воздействия на них солнечного света на момент написания данной статьи в доступной литературе не обнаружены. Однако в работе Рошупкина и Потапенко (1977) описано повреждающее действие прямого светового излучения на живые организмы. Оно заключается в нарушении структуры и функций клеток и клеточных образований, инактивации некоторых белков и нуклеиновых кислот, фотоповреждении клеточных структур. Таким образом, можно предположить, что даже кратковременное прямое воздействие солнечной инсоляции способно нанести вред молоди рыб, особенно на ранних стадиях личиночного развития, когда защитные механизмы от ультрафиолетового излучения развиты слабо.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Волкова Л.А. 1971. Поведение некоторых рыб Байкала в условиях различной освещённости // Изв. БГНИИ Иркут. ГУ. Т. 25. С. 3–12.
- Волкова Л.А. 1973. Влияние освещённости на доступность кормовых организмов некоторыми рыбами озера Байкал // Вопр. ихтиологии. Т. 13. Вып. 4. С. 709–722.
- Гирса И.И. 1981. Освещённость и поведение рыб. М.: Наука, 167 с.
- Гутиева З.А. 2005. Рост личинок карповых рыб в зависимости от освещённости // Вестн. РАСХН. № 2. С. 66–68.
- Костюничев В.В. 2010. Нельма, как перспективный объект аквакультуры // Биология, биотехника и состояние запасов сиговых рыб. Тюмень: Изд-во Госрыбцентра, С. 215–218.
- Костюничев В.В., Шумилина А.К., Князева Л.М. 2005. Методические указания по товарному выращиванию форели и сиговых рыб в садках при естественном температурном режиме. СПб.: Изд-во ГосНИОРХ, 31 с.
- Лакин Г.Ф. 1980. Биометрия. М.: Высш. шк., 293 с.
- Лещёва Т.С. 1967. Влияние освещённости на двигательную активность рыб // Изучение поведения рыб. М.: Наука. С. 89–95.
- Мельникова Е.Л. 1986. Влияние освещённости на развитие зародышей и личинок атлантического лосося в условиях заводского разведения: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Л.: ГосНИОРХ, 23 с.
- Раденко В.Н., Терентьев П.В. 1988. Влияние различных световых режимов на эффективность заводского выращивания личинок пеляди // Биология сиговых рыб. М.: Наука, С. 216–225.
- Решетников Ю.С., Мухачев И.С., Болотова Н.Л. и др. 1989. Пелядь *Coregonus peled* (Gmelin, 1788) (Pisces: Coregonidae). М.: Наука, 302 с.
- Рошупкин Д.И., Потапенко А.Я. 1977. Биологическое действие ультрафиолетового и видимого излучения // Внешняя среда и развивающийся организм. М.: Наука. С. 53–90.
- Ручин А.Б. 2006. Влияние света на осетровых рыб // Аквакультура осетровых рыб: достижения и перспективы развития. М.: Изд-во ВНИРО. С. 47–50.
- Ручин А.Б. 2009. Влияние характеристик света на развитие, рост и физиолого-биохимические показатели рыб и амфибий: Автореф. дис. ... докт. биол. наук. Саранск: Мордов. ГУ, 52 с.
- Савченко Н.В., Гусар А.Г., Гетманцев В.А. 1981. К вопросу о двигательной активности рыб в условиях низкой освещённости // Вопр. ихтиологии. Т. 21. Вып. 1. С. 180–182.
- Смольянов И.И. 1957. Развитие белорыбицы *Stenodus leucichthys leucichthys* Guld., нельмы *Stenodus leucichthys nelma* Pall. и сига нельмушки *Coregonus lavaretus nelmushka* Pravdin // Тр. ИМЖ АН СССР. Т. 20. С. 232–294.
- Abdel-Fattah M., Mamdouh K. 2004. Effects of photoperiod on the performance of farmed Nile tilapia *Oreochromis niloticus*: I. Growth, feed utilization efficiency and survival of fry and fingerlings // Aquaculture. V. 231. № 1–4. P. 393–402.
- Barlow C.G., Pearce M.G., Rodgers L.J., Clayton P. 1995. Effects of photoperiod on growth, survival and feeding periodicity of larval and juvenile barramundi *Lates calcarifer* (Bloch) // Ibid. V. 138. № 1–4. P. 159–168.
- Gulbrandsen J., Lein I., Holmefjord I. 1996. Effects of light administration and algae on first feeding on Atlantic halibut larvae, *Hippoglossus hippoglossus* // Aquacult. Res. V. 27. № 2. P. 101–106.