

DOI: 10.24143/2073-5529-2019-1-101-111
УДК 639.371.5

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА НА ЭМБРИОГЕНЕЗ У КАРПОВЫХ РЫБ

Н. И. Маслова, Г. Е. Серветник

*Всероссийский научно-исследовательский институт ирригационного рыбоводства,
пос. им. Воровского, Московская область, Российская Федерация*

Температура – один из важнейших факторов, оказывающих важное влияние на онтогенез рыб и определяющих выживание икры и эмбрионов, жизнестойкость, морфогенез, рост личинок и дальнейший рост рыб. Материалом для исследования служили самки и самцы, половые продукты, разновозрастная молодь белого, пестрого толстолобиков и белого амура. В серии опытов по инкубации икры белого амура при различных температурах получены сведения о достоверном сдвиге в соотношении пола в пользу самцов ($94 \pm 2,37\%$) при высокой температуре, в пользу самок ($78 \pm 4,14\%$) – при низкой температуре. Летальными или близкими к ним границами для икры белого амура являются температуры 17 и 30 °С. Наиболее благоприятной для инкубации икры белого амура является температура 22,2–25,5 °С. Максимальная выживаемость личинок белого амура наблюдается в диапазоне температур 24–32 °С. При более низкой (20 °С) и более высокой (34–35 °С) температуре жизнестойкость личинок резко падает. Благоприятной для выдерживания предличинок и личинок белого амура является температура 30–32 °С. Максимальный весовой и линейный прирост, а также выживаемость наблюдались у рыб, которые на ранних этапах постэмбриогенеза находились при температуре 32 °С. Несколько ниже эти показатели были у сеголетков, которые в личиночном возрасте выдерживались при температурах 28 и 34 °С, далее показатели снижались при 24 и 36 °С, самые низкие показатели роста и выживаемости наблюдались при 20 °С.

Ключевые слова: температура, белый амур, толстолобик, онтогенез, икра, инкубация, эмбриональный и постэмбриональный период, личинки, сеголетки, рост, развитие.

Для цитирования: Маслова Н. И., Серветник Г. Е. Влияние температурного режима на эмбриогенез у карповых рыб // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. 2019. № 1. С. 101–111. DOI: 10.24143/2073-5529-2019-1-101-111.

Введение

Влияние температуры на онтогенез в оптимальных условиях – это прежде всего влияние температуры на работу рибосом – органоидов клетки, осуществляющих синтез белка [1].

Действие температуры на РНК (рибонуклеиновую кислоту) имеет другую направленность. Сумма гуанин + цитизин увеличивается. Наибольшее увеличение отмечается в интервале от 8 до 20,9 °С, а сумма РНК, %, уменьшается в такой же последовательности, как и в случае с ДНК.

Отмечено, что при акклимации к холоду в тканях печени содержание РНК возрастает на 82 %, а при повышении температуры с 15 до 25 °С уровень РНК снижается на фоне малоизмененного ДНК.

Факторы, вызывающие асинхронность развития ооцитов у рыб, весьма разнообразны. Учитывая наследственные особенности индивидуумов, следует назвать экологические факторы, снижающие интенсивность общего обмена в организме, такие как обеспеченность пищей, дефицит кислорода в летний и зимний периоды, заморы, заболевания, колебания активной реакции воды, свет и особенно температура.

Половой диморфизм у рыб влияет на темп роста, жизнестойкость и продуктивность, что обуславливает различный экономический эффект при использовании того или иного пола в конкретных условиях сельскохозяйственного производства [2–4].

Результаты влияния температуры на эмбриогенез приведены в табл. 1 [5].

Влияние температуры на длительность стадий эмбриогенеза у карпа после осеменения

Стадия развития	Температура инкубации, °С		
	23–25	18–22	Ниже 17 (до 12)
	Длительность стадии, ч		
Дробление до крупноклеточной морулы	1–3	2–5	6–12
Мелкоклеточная морула	4	6–7	10–22
Бластула	6	10–11	12–24
Гастула	8–10	15–16	26–43
Нейрула	12–16	20–22	50–76
Глазные бокалы	13–18	24–30	56–88
Отделившаяся хвостовая почка	26–27	36–48	74–114
Пигментация глаз	40–42	46–72	110–162
Начало выдупления	54–68	67–86	140–222

Температура как элемент нерестового комплекса может ускорять, замедлять и, предположительно, блокировать процессы полового созревания и овуляции у рыб и менять направленное дифференцирование пола.

Методики и материалы исследований

Работы проводили в рыбсовхозе «Ергенинский» Волгоградской области в 1967–1985 гг. Материалом служили самки и самцы, половые продукты, разновозрастная молодь белого, пестрого толстолобиков и белого амура. Общее число производителей в хозяйстве составляло 400 экземпляров. При изучении экстерьера брали восьмилетних производителей.

Производители содержались в маточных карповых прудах при невысоких плотностях посадки (карпы 70–100 экз./га без кормления, растительной рыбы – 150 экз./га). В преднерестовый период их выдерживали в прудах в течение месяца при плотности 400 экз./га.

В заводских условиях производители эксплуатируются ежегодно. Инкубацию икры проводили в аппаратах ВНИИПРХ емкостью 200 л.

Серии опытов по инкубации икры белого амура при различных постоянных температурах (от 16 до 43 °С) проводили в кюветах. В опытах было от 555 до 2 500 икринок.

Результаты исследований

Как показала биологическая проверка потомства, при высокой температуре инкубации эмбрионов получен достоверный сдвиг в соотношении пола в пользу самцов ($94 \pm 2,37\%$), а при низкой температуре – сдвиг в пользу самок ($78 \pm 4,14\%$) по сравнению с контролем.

Предполагается, что причиной сдвигов в соотношении полов могут быть как избирательная смертность эмбрионов при повышенных и пониженных температурных режимах, так и постгенетическое изменение пола, связанное с разным темпом клеточных делений и с перидифференцировкой гонад.

Рекомендуемые температуры для инкубации:

- контроль – 18–20 °С – принято считать нормой для инкубации;
- высокая – выше 23 °С – можно получать до 94 % самцов;
- низкая – 16–17 °С и ниже – можно получать до 78,4 % самок.

Сперма у самцов всех трех групп имеет высокий процент мертвых сперматозоидов (до 30 % и более), хотя вариабельность признака находится в пределах, близких к норме (от 11 до 18,9 %). Следовательно, почти все самцы в группах имели неудовлетворительное физиологическое состояние.

Наибольшей средняя масса набухшей икры была у белого амура, наименьшей – у белого толстолобика, причем у последнего был наиболее высокий процент ее вариабельности, при наименьших значениях у пестрого толстолобика 6,7 % (табл. 2).

Таблица 2

Морфометрическая характеристика икры растительноядных рыб (1984 и 1985 гг.)*

Показатель		Белый толстолобик	Пестрый толстолобик	Белый амур
Масса икры, мг	$M \pm m$	$\frac{10,7 \pm 0,2}{19,9 \pm 0,3}$	$\frac{13,0 \pm 0,6}{31,5 \pm 0,2}$	$\frac{25,5 \pm 1,04}{27,0 \pm 0,30}$
	$C_v, \%$	23,4/14,5	6,7/4,1	18,6/5,2
Диаметр икры, мм	$M \pm m$	$\frac{3,5 \pm 0,02}{3,92 \pm 0,02}$	$\frac{3,4 \pm 0,03}{4,47 \pm 0,02}$	$\frac{3,8 \pm 0,08}{4,22 \pm 0,01}$
	$C_v, \%$	8,6/6,4	5,5/2,2	8,9/1,9
Диаметр желтка, мм	$M \pm m$	$\frac{1,4 \pm 0,01}{1,3 \pm 0,01}$	$\frac{1,77 \pm 0,03}{1,42 \pm 0,05}$	$\frac{1,69 \pm 0,06}{1,50 \pm 0,04}$
	$C_v, \%$	12,3/11,5	8,5/17,6	14,8/16,0
Перивителлиновое пространство, мм	$M \pm m$	$\frac{1,76 \pm 0,02}{2,55 \pm 0,02}$	$\frac{1,34 \pm 0,04}{2,96 \pm 0,05}$	$\frac{2,15 \pm 0,09}{2,62 \pm 0,05}$
	$C_v, \%$	17,6/9,4	15,0/10,1	19,4/11,4
Плотность икры	$M \pm m$	$\frac{0,73 \pm 0,01}{0,61 \pm 0,01}$	$\frac{0,87 \pm 0,01}{0,61 \pm 0,01}$	$\frac{0,86 \pm 0,03}{0,60 \pm 0,01}$
	$C_v, \%$	22,5/22,9	9,2/9,7	15,1/10,0

*Над чертой – 1984 г., под чертой – 1985 г.

В целом, характеризуя икру, следует отметить, что по плотности икра белого толстолобика достоверно отличается от икры пестрого толстолобика и белого амура, имея при этом более высокий коэффициент вариальности.

Достоверность различий по плотности в икре белого амура равна 0, в то время как у белого толстолобика имеет высокую достоверность, равную 14, меньшая плотность икры последнего также достоверно ниже, чем у белого амура.

Перивителлиновое пространство более всего увеличилось у белого амура и менее – у пестрого толстолобика. Так, размер перивителлинового пространства в икре самок белого амура составлял 55,6 % от диаметра икры, белого толстолобика – 50,2 %, пестрого толстолобика – только 39,4 %.

В сезон 1985 г. масса икры у всех видов увеличилась: у толстолобиков – за счет размера перивителлинового пространства, у белого амура – за счет увеличения плотности желтка.

Вариабельность диаметра желтка колеблется от 8,5 до 14,8 % в сезон 1984 г. и от 11,5 до 17,6 % в 1985 г., что свидетельствует о большой разнокачественности икры. При этом встречаются икринки, особенно у белого амура, где желток имеет эллипсовидную форму.

Приведенные ранее результаты оценки спермы свидетельствуют о значительном ухудшении ее качества в сезон 1985 г. в сравнении с 1984 г., что подтверждается результатами инкубации (табл. 3).

Таблица 3

Характеристика инкубационного периода

Показатель		Белый толстолобик	Пестрый толстолобик	Белый амур
Оплодотворение икры, %	$M \pm m$	72,0 ± 1,9	72,5 ± 12,5	62,0 ± 11,7
	$C_v, \%$	10,2	6,8	4,7
Развитие икры, %	$M \pm m$	89,4 ± 13,4	88,0 ± 14,4	75,0 ± 13,9
	$C_v, \%$	11,5	17,0	16,8
Выклев, %	$M \pm m$	56,0 ± 11,4	55,0 ± 12,9	37,0 ± 13,4
	$C_v, \%$	9,8	10,3	15,6

Динамика роста и развития потомства в раннем онтогенезе существенно отличается у разных видов как в сезон 1984 г., так и в 1985 г. Масса выклевнувшихся личинок была наименьшей у белого толстолобика, имевшего достоверно меньшую массу икры. Различия между молодью белого и пестрого толстолобиков по массе малодостоверны. В сезон 1985 г. получена более крупная икра, но с наименьшими показателями плотности, т. е. физиологически менее полноценная. На первом этапе инкубационного периода получены более крупные личинки,

и за период эндогенного питания они дали неодинаковые привесы: у белого толстолобика – 0,12 мг (против 0,52 мг в сезон 1984 г.), у пестрого толстолобика – 0,54 мг (против 0,12 мг), у белого амура – 0,58 мг (против 0,25 мг).

Динамика роста личинок в раннем онтогенезе существенно отличалась у потомства разных видов. Так, за эндогенный период 1984 г. масса личинок белого толстолобика становится выше таковой у белого амура и близкой к массе личинок у пестрого толстолобика.

К семисуточному возрасту наибольшую массу имели личинки белого амура, меньшую – пестрого толстолобика при высоком уровне вариабельности (25,7 % против 3,1 % у пестрого) (табл. 4).

Таблица 4

Динамика роста растительноядных рыб при выращивании в прудах

Показатель	Белый толстолобик		Пестрый толстолобик		Белый амур	
	$M \pm m$	$Cv, \%$	$M \pm m$	$Cv, \%$	$M \pm m$	$Cv, \%$
Масса личинок при выклеве, мг	0,59 ± 0,01	17,3	1,18 ± 0,03	3,1	0,91 ± 0,04	6,8
Масса личинок в возрасте 3-х сут, мг	1,11 ± 0,01	8,0	1,3 ± 0	0	1,17 ± 0,01	10,9
Длина личинок при выклеве, мм	4,26 ± 0,01	6,5	5,51 ± 0,03	6,5	5,73 ± 0,07	15,7
Длина личинок в возрасте 3-х сут, мм	5,49 ± 0,05	4,9	7,22 ± 0,05	3,5	6,51 ± 0,04	3,4
Длина личинок в возрасте 7 сут, мм	8,83 ± 0,25	15,2	10,0 ± 0,15	8,3	9,10 ± 0,29	11,7
Масса мальков в возрасте 1 мес, г	1,06 ± 0,15	37,7	1,12 ± 0,33	29,5	0,19 ± 0,01	13,7
Длина мальков в возрасте 1 мес, см	3,7 ± 0,20	14,3	0,14	9,6	1,96 ± 0,14	15,7

Значения показателей физического развития 3-суточных личинок в сезон 1985 г. были больше, чем в сезон 1984 г., хотя икра имела худшие физиологические показатели. Объясняется это прежде всего тем, что при массовой элиминации молоди отходят ослабленные, а остаются наиболее сильные. Следовательно, общая оценка может даваться по окончательному результату, т. е. по выходу. В сезон 1984 г. на самку белого амура было получено 600 тыс. 3-суточных личинок, на самку белого толстолобика – 120 тыс., на самку пестрого толстолобика – 200 тыс.

Анализируя данные, полученные в рыбсовхозе «Ергенинский», необходимо отметить, что стадо производителей растительноядных рыб имело в преднерестовый период неудовлетворительное физиологическое состояние, обусловленное повышенным моноцитозом и пониженным синтезом белка.

В практике хозяйства отбор молодняка для племенных целей проводился из прудов хозяйственного назначения, что, очевидно, приводило к значительным изменениям в обмене веществ в нежелательном направлении, особенно для белого амура.

Выращивание племенного ремонта даже при пониженных плотностях посадки (с 10 тыс. до 5 тыс. шт.) не обеспечивало нормативного привеса 50–80 г для сеголетков (не хватало пищевой базы).

Таким образом, чтобы иметь свои племенные стада высокого качества, промышленным хозяйствам необходимо улучшать условия выращивания потомства для племенных целей, а не отбирать молодняк из прудов хозяйственного назначения или от случайных (не идентифицированных) производителей.

В эмбриональный и ранний постэмбриональный периоды развития рыб температура среды играет важную роль. Это один из важнейших факторов, определяющих выживание икры и эмбрионов, жизнестойкость, морфогенез и рост личинок, другими словами – судьбу поколения. Вопросу влияния температуры на рыб в эмбриональный период и на личиночных стадиях развития посвящено много работ. В ряде работ рассматривается зависимость продолжительности инкубационного периода от температуры [6–11]. Все авторы отмечают прямую связь между температурой и скоростью эмбрионального развития. У некоторых видов, наряду с изучением оптимальных и критических температур, определялись наиболее чувствительные к неблагоприятной температуре стадии развития личинок [12–18]. Судя по этим данным, устойчивость личинок к неблагоприятным температурным воздействиям у разных видов неодинакова, а у одного и того же вида она не остается постоянной в процессе развития и роста.

В табл. 5 приведены результаты некоторых серий опытов по инкубации икры амура при разных постоянных температурах, выполненных на икре сравнительно высокого качества (процент оплодотворения 72,3–97,3). В опытах было от 555 до 2 500 икринок.

Результаты инкубации икры белого амура при постоянной температуре

№ самки, процент оплодотворения, год	Температура воды, °С		Продолжительность инкубации, ч*	Количество выклюнувшихся нормальных эмбрионов, %
	средняя	колебания		
№ 685 96,4 1967	30	29,8–30,4	–	0
	28	27,7–28,7	25	25,1
	24	23,6–24,2	30	71,2
	22	21,8–22,4	35	68,9
	16	15,9–16,5	–	0
№ 604 97,3 1967	29	28,7–29,2	21	26,9
	27	26,6–27,4	23	64,0
	25	24,7–25,1	24	93,7
	23	22,9–23,2	31	74,2
	19	18,7–19,2	55	14,4
	17	16,9–17,2	75	0,24
№ 599 72,3 1968	22	21,7–22,3	41	68,8
	21	20,7–21,5	43	65,3
	20	19,7–20,6	50	56,4
	18	17,6–18,4	74	20,6
	17	16,8–17,3	–	0
№ 612 81,0 1968	29	28,7–29,3	19	14,5
	27	26,6–27,2	21	55,8
	25	24,8–25,1	25	76,6
	22	21,5–22,2	31	60,1
	21	20,9–21,4	–	52,0

* При 21 °С в последней серии опытов выклев эмбрионов не был зарегистрирован, а при 16, 17 и 30 °С икра погибла задолго до выклева.

Из этих данных видно, что для опытных партий икры белого амура летальными или близкими к ним являются температуры 30 и 17 °С. При этих температурах развивающаяся икра погибала соответственно через 3–7 и 15–20 ч на этапе дробления. Небольшая часть икринок, перешедших на этап гастрюляции, развивалась с нарушениями, ведущими к образованию уродливых нежизнеспособных эмбрионов. В отдельных случаях выклевывались единичные предличинки (до 1,4 %), которые в первые же дни погибали.

При более высоких (31–32 °С) и более низких (16 °С) температурах гибель икры также наступала в короткие сроки. Аналогичные результаты длительного влияния на икру белого амура температур 16–17 и 30–31 °С получены во всех остальных сериях опытов.

Развитие икры растительноядных рыб в инкубационных аппаратах в рыбопитомниках происходит обычно при колеблющихся температурах. Нередко в период инкубации наблюдается значительное снижение температуры, главным образом в ночные часы, приходящееся на разные этапы развития икры (в зависимости от времени ее получения и осеменения). В связи с этим важно было изучить влияние низких температур, выходящих за границы допустимых, на различные стадии эмбриогенеза.

Первоначально низкой температурой (17–17,5 °С), близкой к летальной, в двух сериях опытов воздействовали на развивающуюся икру в течение всего периода прохождения одной определенной стадии. Все остальные стадии протекали при контрольной температуре. В каждом опыте находилось около 2 800 икринок. Результаты этих экспериментов приведены в табл. 6.

Таблица 6

Влияние низкой температуры на выживаемость белого амура в эмбриогенезе

Стадия	Пределы температуры, t, °C	Период воздействия низкой t	Количество выклюнувшихся нормальных эмбрионов, %, в результате воздействия
Весь этап дробления	17,0–17,2	13 ч	0
Бластула	17,0	2 ч 30 мин	18,9
Начало гастрюляции и желточная пробка	17,0–17,4	6 ч 30 мин	3,7
Образование глазных пузырей	17,0–17,5	2 ч	24,8
Начало обособления хвостового отдела зародыша	17,0–17,2	1 ч 30 мин	27,0
Контроль	20,4–24,5	0	57,1

Этап дробления бластодиска от двух бластомеров до бластулы включительно в обеих сериях длился 13 ч. В итоге икра в первой серии опытов погибла в основной массе на стадии начала гастрюляции через 20 ч после осеменения или через 5 ч после прекращения действия неблагоприятной температуры. Отдельные икринки оставались живы еще около 5 ч, но дальше не развивались.

Во второй серии опытов также произошел значительный отход икры вскоре после воздействия неблагоприятных температур. Однако полная гибель не наблюдалась, выживание икры до этапа вылупления составило 19,4 % против 51 в контроле.

Сходные данные получены также для личинок и мальков белого амура (табл. 7).

Таблица 7

Верхняя температурная граница жизни личинок и мальков белого амура

№ самки	Температура воды, °C		Количество личинок и мальков, экз.	Возраст после выклева, сут	Продолжительность периода подъема температуры	Температурная граница жизни, °C	
	в период инкубации	после выклева эмбрионов				средняя*	пределы
600	19,2–22,1	19,4–23,2	50	6	8 ч 30 мин	–	38,0
598	19,2–22,1	19,4–23,2	50	6	12 ч 15 мин	–	42,1–43,0
608	27,7–28,6	16,3–22,5	40	7	2 ч	39,1	38,9
	8			8 ч	39,8	38,5	
	21,5–23,1			8 ч	–	38,1–39,4	
	19,3–21,9					38,1–39,0	
610	23,0–24,0	22,0–23,0	25	7	5 ч 30 мин	–	36,5–42,0
				8	13 ч 40 мин	–	42,0–43,2
						43,0	41,0–45,0
608	27,7–28,6	16,3–22,5	25	17	2 ч 30 мин	–	40,8
					5 ч 10 мин	38,9	40,9
	1 ч 50 мин				–	37,7	
	5 ч				–	39,3	
612	21,0–22,3	18,5–25,0	5	42	4 ч 40 мин	–	37,9
689	21,0–22,3	18,5–25,0	5	42	4 ч 45 мин	–	38,9
			3	52	8 ч	–	37,8–40,0
			5				38,0–39,8

*За среднюю границу жизни принята температура, при которой погибли 50 % рыб. В некоторых опытах пределы и средние показатели температурной границы жизни личинок и мальков не были отмечены.

Следует отметить более высокую устойчивость к повышенной температуре личинок отдельных самок (температурная граница достигает 42–43 °C), что связано, видимо, с их наследственными особенностями.

На заключительном этапе опытов 1970 г. ставилась задача выяснить, отражается ли на росте молоди белого амура температура в период инкубации икры. С этой целью в отдельные пруды высаживали мальков из тех групп, развитие которых проходило в эмбриональный период (до выклева) при разной температуре (20, 24 и 28 °С), а в ранний постэмбриональный период – при одинаковой.

Из табл. 8 следует, что температура в период инкубации икры не оказывает влияния на рост сеголетков белого амура.

Таблица 8

Результаты выращивания сеголетков белого амура, содержащихся в личиночном возрасте при разных температурных условиях

№ серии	№ пруда	Температура в период инкубации, °С	Температура в ранний постэмбриональный период, °С	Дата посадки мальков в пруды	Количество посаженных рыб, экз.	Средние размеры		Количество рыб, выловленных осенью		Средние размеры сеголетков	
						Длина, см	Масса, г	Экз.	%	Длина, см	Масса, г
I	31	28	28	18.VII	88	3,1	0,72	80	91,0	10,3	23,8
	30		28–23	18.VII	75	2,5	0,28	67	89,3	–	42,0
	29		24	24.VII	80	3,0	0,7	10	–	–	15,0
	26		20	7.VIII	90	1,7	0,1	30	33,3	3,8	1,54
II	30	24	32	14.VII	83	2,9	0,76	77	92,7	14,8	72,1
	31		28	18.VII	112	2,9	0,6	96	85,7	10,5	25,4
	29		24	24.VII	110	2,9	0,6	26	–	–	13,5
	25		20	7.VIII	98	1,7	0,1	61	62,2	4,3	1,54
III	31	20	28	18.VII	77	3,0	0,64	61	79,2	10,4	25,5
	29		24	24.VII	106	2,7	0,41	21	–	–	14,3
	24		20	7.VIII	68	1,8	0,18	7	–	3,56	0,97

Известно, что развитие батипелагической икры дальневосточных растительноядных рыб осуществляется во время дрейфа ее в большой массе речной воды, температура которой в нерестовый период не испытывает таких заметных колебаний, как в местах нереста фитофильных, литофильных и других рыб, откладывающих икру на субстрат. Этим, надо полагать, и объясняется приспособленность пелагофильных рыб к весьма узкому диапазону нерестовых температур. Расширение этого диапазона в ту или иную сторону на 2–3 °С приводит к резкому снижению выживаемости икры и эмбрионов и повышению процента зародышей с нарушениями в развитии. К таким же результатам может привести кратковременное воздействие на развивающуюся икру нижней пороговой температуры. Причем реакция икры на одинаковые температурные воздействия не остается постоянной в процессе развития, а изменяется в зависимости от состояния зародышей в период понижения температуры.

Развитие, рост и выживаемость личинок белого амура тесно связаны с температурой. Результаты наших исследований подтвердили известные из литературы сведения о такой связи у других видов рыб и в значительной степени дополнили их.

Нижним пределом относительно благоприятной температуры для предличинок и личинок белого амура можно считать температуру 24 °С, более низкая температура (около 20 °С) вызывает резкое замедление развития и роста.

Весьма важно подчеркнуть, что, как показали опыты, действие на личинок как низкой температуры (порядка 20 °С), так и высокой (34 и 36 °С) прослеживается и в дальнейшем, при выращивании их в прудах до возраста осенних сеголетков. Заслуживает специального изучения вопрос о механизме последствий этого процесса и продолжительности его проявления.

Выводы

1. Выживание икры белого амура при постоянных температурах в течение всего периода инкубации ограничено диапазоном 17–30 °С. Эти крайние температуры являются летальными или близкими к ним границами для тех партий икры, которые использовались в опытах. Наиболее благоприятные для инкубации температуры находятся в пределах 22,5–25,5 °С.

2. Понижение температуры до летальной или близкой к ней в течение двух часов на отдельных стадиях эмбрионального развития белого амура вызывает заметное увеличение продолжительности инкубационного периода, периода выклева, снижение выживания икры и уменьшение количества нормальных эмбрионов. С увеличением длительности действия нижней летальной температуры наблюдается усиление отрицательного влияния ее на процесс инкубации икры и жизнестойкость эмбрионов.

3. Свободные эмбрионы белого амура весьма устойчивы к понижению температуры до 13–17 °С, поэтому снижение температуры до этого уровня в период выдерживания предличинок не может быть причиной их массовой гибели.

4. Предличинки и личинки белого амура устойчивы к повышенным температурам. Верхняя температурная граница их жизни – около 40 °С, пределы колебаний – от 38 до 43 °С.

5. Развитие и рост предличинок белого амура с повышением температуры от 20 до 32 °С ускоряются. При более высокой температуре (34–36 °С) происходит некоторая депрессия их развития и роста.

6. Максимальная выживаемость личинок наблюдается в диапазоне температур 24–32 °С. При более низкой (20 °С) и более высокой (34–35 °С) температуре жизнестойкость личинок резко падает.

7. Благоприятной для выдерживания предличинок и личинок белого амура является температура 24–32 °С, а оптимальной – 30–32 °С.

8. Рост и выживаемость сеголетков белого амура находятся в тесной зависимости от температурных условий содержания предличинок и личинок. Максимальный весовой и линейный прирост, а также выживаемость наблюдались у рыб, которые на ранних этапах постэмбриогенеза находились при температуре 32 °С. Несколько ниже эти показатели были у сеголетков, которые в личиночном возрасте выдерживались при температурах 28 и 34 °С, еще ниже – при 24 и 36 °С, и самые низкие – при 20 °С.

9. На ряде этапов раннего онтогенеза белого амура в одинаковых условиях наблюдаются определенные расхождения в показателях выживаемости, скорости развития и роста икры и личинок, полученных от разных самок, что связано с их разнокачественностью. Причины этой разнокачественности с целью овладения методами ее направленного регулирования заслуживают серьезного внимания и специального изучения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Медников Б. М. Температура как фактор развития // Внешняя среда и развитие организма. М.: Наука, 1977. С. 7–52.
2. Маслова Н. И., Серветник Г. Е. Биологические основы товарного рыбоводства. М.: Россельхозакадемия, ВНИИР, 2003. Ч. 1. 243 с.
3. Маслова Н. И., Серветник Г. Е. Биологические основы товарного рыбоводства. М.: Россельхозакадемия, ВНИИР, 2005. Ч. 2. 144 с.
4. Маслова Н. И., Серветник Г. Е., Петрушин А. Б. Эколого-биологические основы поликультуры рыбоводства. М.: РАСХН, 2002. 268 с.
5. Киселев И. В. Биологические основы осеменения и инкубации клейких яиц рыб. Киев: Наукова думка, 1980. 296 с.
6. Коновалов П. М. Рыбоводный учет при разведении частичковых рыб // Рыбное хозяйство. 1939. № 11. С. 40–41.
7. Садов И. А. Морфо-биологическая характеристика этапов развития осетровых // Рыбное хозяйство. 1941. № 5. С. 23–25.
8. Татарко К. И. Влияние температуры на эмбриональное развитие прудового карпа // Гидробиологический журнал. 1965. № 1. С. 53–59.
9. Мешкова И. М. Этапы развития налима (*Lota lota* L.) // Вопросы ихтиологии и гидробиологии внутренних водоемов. 1967. Т. 62. С. 25–28.

10. Попова К. С., Смирнова Е. Н. Некоторые данные о влиянии пониженных температур на развитие кутума в эмбриональном периоде жизни // Морфо-экологические исследования развития рыб / под ред. Н. Н. Дислера. М.: Наука, 1968. 142 с.
11. Лебедева О. А., Мешкова И. М. Изменение сроков закладки органов и продолжительности эмбриогенеза у радужной форели (*Salmo gairdneri*) в зависимости от температуры // Изв. ГосНИОРХ. 1969. Вып. 68. С. 68–85.
12. Привольнев Т. И. Критические периоды при постэмбриональном развитии рыб // Изв. ВНИОРХ. 1949. Т. 29. С. 118–142.
13. Вернидуб М. Ф. Критические периоды в развитии яиц и личинок рыб и их практическое значение // Вестн. Ленингр. ун-та. 1949. № 4. С. 69–98.
14. Вернидуб М. Ф. Влияние изменяющихся условий развития яиц и ранних личинок рыб на их физиологическое состояние и выживаемость // Гидробиология и ихтиология. 1951. Вып. 29. С. 3–39.
15. Королева В. А., Федорова Г. В. Критические периоды в развитии яиц и личинок донского осетра и их морфологическая характеристика // Уч. зап. Ленингр. гос. ун-та. Сер.: Биология. 1951. Вып. 29. С. 41–53.
16. Кирпичников В. С. Холодостойкость и зимоустойчивость молоди карпа, сазана и их гибридов // Физиология рыб: тр. совещ. М.: Изд-во АН СССР, 1958. С. 261–270.
17. Татарко К. И. Чувствительность прудового карпа к высокой температуре на ранних этапах постэмбрионального развития // Гидробиологический журнал. 1970. № 2. С. 102–105.
18. Никифоров Н. Д., Трусов В. З. Влияние температуры на эмбриональное развитие рыб // Сб. ДАН СССР. 1950. № 23. Вып. 1. С. 89–92.

Статья поступила в редакцию 23.10.2018

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Маслова Неонила Ивановна – Россия, 142460, Московская область, Ногинский район, пос. им. Воровского; Всероссийский научно-исследовательский институт ирригационного рыбоводства; г-р биол. наук; главный научный сотрудник лаборатории селекции и воспроизводства рыб; fish-vniir@mail.ru.

Серветник Григорий Емельянович – Россия, 142460, Московская область, Ногинский район, пос. им. Воровского; Всероссийский научно-исследовательский институт ирригационного рыбоводства; г-р с.-х. наук, профессор; зав. лабораторией селекции и воспроизводства рыб; fish-vniir@mail.ru.



INFLUENCE OF TEMPERATURE REGIME ON EMBRYOGENESIS IN CYPRINIDAE

N. I. Maslova, G. E. Servetnik

*All-Russian Research Institute of Irrigational Fish Breeding,
Vorovskogo, Moscow region, Russian Federation*

Abstract. Temperature is one of essential factors which significantly affect fish ontogenesis and determine roe and embryos survival, viability, morphogenesis, growth of larvae and further growth of fish. Females and males, sexual products, multiple-aged youth of silver carp, bighead carp and grass carp. In the series tests on grass carp incubation at different temperatures there was obtained information on a sure progress concerning sexual proportion in favor of males ($94 \pm 2.37\%$) at high temperature, in favor of females ($78 \pm 4.14\%$) at low temperature. Temperatures of 17 and 30°C are considered lethal or proximate limits. 22.2-25.5°C is found the most favorable temperature for incubation grass carp roe. The temperature for maximal survival of grass carp larvae ranges within 24-32°C. When the temperature is lower (20°C) or higher (34-35°C) larvae viability descends quickly. The most favorable temperature for grass carp prolarvae and larvae maturing is 30-32°C. The fish which were kept at a temperature of 32°C at early stages of postembryogenesis showed maximal weight and linear growth and viability. The fingerling which matured as larvae at the temperature of 28 and 32°C had a little lower indicators. Further indicators were even lower at 24 and 36°C, the worst indicators were found at 20°C.

Key words: temperature, grass carp, silver carp, ontogenesis, incubation, embryonic and postembryonic period, larvae, yearlings, growth, development.

For citation: Maslova N. I., Servetnik G. E. Influence of temperature regime on embryogenesis in cyprinidae. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Fishing Industry.* 2019;1:101-111. (In Russ.) DOI: 10.24143/2073-5529-2019-1-101-111.

REFERENCES

1. Mednikov B. M. Temperatura kak faktor razvitiia [Temperature as a factor of development]. *Vneshniaia sreda i razvitie organizma*. Moscow, Nauka Publ., 1977. Pp. 7-52.
2. Maslova N. I., Servetnik G. E. *Biologicheskie osnovy tovarnogo rybovodstva* [Biological grounds of commercial fish breeding]. Moscow, Rossel'khozakademiia, VNIIR, 2003. Part 1. 243 p.
3. Maslova N. I., Servetnik G. E. *Biologicheskie osnovy tovarnogo rybovodstva* [Biological grounds of commercial fish breeding]. Moscow, Rossel'khozakademiia, VNIIR, 2005. Part 2. 144 p.
4. Maslova N. I., Servetnik G. E., Petrushin A. B. *Ekologo-biologicheskie osnovy polikul'tury rybovodstva* [Ecological and biological grounds of fish breeding polyculture]. Moscow, RASKhN, 2002. 268 p.
5. Kiselev I. V. *Biologicheskie osnovy osemneniia i inkubatsii kleikikh iaits ryb* [Biological grounds of insemination and incubation of sticky fish eggs]. Kiev, Naukova dumka, 1980. 296 p.
6. Konovalov P. M. Rybovodnyi uchet pri razvedenii chastikovykh ryb [Fish breeding account in ordinary fish farming]. *Rybnoe khoziaistvo*, 1939, no. 11, pp. 40-41.
7. Sadv I. A. Morfo-biologicheskaia kharakteristika etapov razvitiia osetrovnykh [Morphobiological characteristic of stages of sturgeon development]. *Rybnoe khoziaistvo*, 1941, no. 5, pp. 23-25.
8. Tatarko K. I. Vliianie temperatury na embrional'noe razvitie prudovogo karpa [Influence of temperature on embryonic development of pond carp]. *Gidrobiologicheskii zhurnal*, 1965, no. 1, pp. 53-59.
9. Meshkova I. M. Etapy razvitiia nalima (*Lota lota* L.) [Stages of development of burbot]. *Voprosy ikhtiologii i gidrobiologii vnutrennikh vodoemov*, 1967, vol. 62, pp. 25-28.
10. Popova K. S., Smirnova E. N. Nekotorye dannye o vliianii ponizhennykh temperatur na razvitie kutuma v embrional'nom periode zhizni [Some data on low temperature influence on development of kutum in embryonic period of life]. *Morfo-ekologicheskie issledovaniia razvitiia ryb*. Pod redaktsiei N. N. Dislera. Moscow, Nauka Publ., 1968. 142 p.
11. Lebedeva O. A., Meshkova I. M. Izmenenie srokov zakladki organov i prodolzhitel'nosti embriogeneza u raduzhnoi foreli (*Salmo gairdneri*) v zavisimosti ot temperatury [Changing terms of developing organs and duration of embryogenesis in rainbow trout (*Salmo gairdneri*) depending on temperature]. *Izvestiia GosNIORKh*, 1969, iss. 68, pp. 68-85.
12. Privol'nev T. I. Kriticheskie periody pri postembrional'nom razvitiu ryb [Critical periods during postembryonic development of fish]. *Izvestiia VNIORKh*, 1949, vol. 29, pp. 118-142.
13. Vernidub M. F. Kriticheskie periody v razvitiu iaits i lichinok ryb i ikh prakticheskoe znachenie [Critical periods in development of fish eggs and larvae and their practical importance]. *Vestnik Leningradskogo universiteta*, 1949, no. 4, pp. 69-98.
14. Vernidub M. F. Vliianie izmeniaiuushchikhsia uslovii razvitiia iaits i rannikh lichinok ryb na ikh fiziologicheskoe sostoianie i vyzhivaemost' [Influence of changing conditions of fish eggs and early larvae on their physiological state and viability]. *Gidrobiologiya i ikhtiologiya*, 1951, iss. 29, pp. 3-39.
15. Koroleva V. A., Fedorova G. V. Kriticheskie periody v razvitiu iaits i lichinok donskogo osetra i ikh morfologicheskaya kharakteristika [Critical periods in developing Don sturgeon's eggs and larvae and their morphological characteristics]. *Uchenye zapiski Leningradskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Biologiya*, 1951, iss. 29, pp. 41-53.
16. Kirpichnikov V. S. Kholodostoikost' i zimoustoichivost' molodi karpa, sazana i ikh gibridov [Cold resistance and tolerance for winter conditions of youth of carp, sazan and their hybrids]. *Fiziologiya ryb: trudy soveshchaniia*. Moscow, Izd-vo AN SSSR, 1958. Pp. 261-270.
17. Tatarko K. I. Chuvstvitel'nost' prudovogo karpa k vysokoi temperatury na rannikh etapakh postembrional'nogo razvitiia [Pond carp's sensitivity to high temperature at early stages of postembryonic development]. *Gidrobiologicheskii zhurnal*, 1970, no. 2, pp. 102-105.
18. Nikiforov N. D., Trusov V. Z. Vliianie temperatury na embrional'noe razvitie ryb [Influence of temperature on embryonic development of fish]. *Sbornik DAN SSSR*, 1950, no. 23, iss. 1, pp. 89-92.

The article submitted to the editors 23.10.2018

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Maslova Neonila Ivanovna – Russia, 142460, Moscow region, Noginsk district, Vorovskogo village; All-Russian Research Institute of Irrigational Fish Breeding; Doctor of Biology; Chief Researcher of the Laboratory of Selection and Fish Reproduction; fish-vniir@mail.ru.

Servetnik Grigoriy Emelyanovich – Russia, 142460, Moscow region, Noginsk district, Vorovskogo village; All-Russian Research Institute of Irrigational Fish Breeding; Doctor of Agriculture, Professor; Head of the Laboratory of Fish Selection and Reproduction; fish-vniir@mail.ru.

