

DOI: 10.24143/2073-5529-2018-1-98-110
 УДК [639.311.053.1:556.551.32] 639.371.2.03

С. Е. Зуевский, О. П. Филиппова, А. С. Сафронов, К. В. Суховер

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ В ЭМБРИОГЕНЕЗЕ НА РЫБОВОДНО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ МОЛОДИ ГИБРИДА БЕСТЕРА

Исследовалось влияние различных температур инкубации икры гибрида бестера *Acipenser ruthenus* (Linnaeus, 1758) × (*Huso huso* (Linnaeus, 1758) × *Acipenser ruthenus* (Linnaeus, 1758)) аксайской породы четвертого поколения (F4) на количество аномалий в эмбриогенезе, а также на скорость роста и выживаемость молоди этого гибрида при выращивании в установке с замкнутым циклом водообеспечения. В результате экспериментальных работ было доказано, что оптимальной температурой инкубации икры бестера является 16 °С, а наибольший темп роста массы имела молодь из икры, инкубированной при температуре воды 18–20 °С. Отличительной особенностью варианта инкубации икры при 18–20 °С от остальных является элиминация большого количества оплодотворенных икринок (25 %) еще на ранних стадиях развития. Также при низких температурах воды (8 и 12 °С) наблюдался самый большой процент аномалий зародышей на стадии вылупления (16–20 %). Самая низкая выживаемость наблюдалась у молоди из икры, инкубация которой проходила при температуре 8 °С (14–32 %). Самая высокая выживаемость от однодневных предличинок до мальков средней массой 1 г отмечалась при выращивании бестера из икры, инкубированной при температуре 12–13 °С (38–90 %). Показано, что разница температуры в 1–2 °С при выращивании влияет на массу молоди. Приведены данные по влиянию плотности выращивания на выживаемость молоди и ее массу. Плотность посадки бестера на этапе от личинок, перешедших на активное питание, до молоди массой 1 г должна составлять не более 2–3 кг/м³, чтобы гарантировать оптимальные темпы роста, уровень выживаемости, а также обеспечить максимальное использование объемов бассейнов. Констатируется, что чем ниже температура воды при инкубации икры, тем медленнее в дальнейшем растет рыба. Однако данное воздействие нивелируется к возрасту 250–300 суток, при несоблюдении оптимальных плотностей посадки.

Ключевые слова: гибрид, бестер, установка замкнутого водообеспечения, аномалии, эмбриогенез, личинки, молодь, плотность посадки, темпы роста, выживаемость.

Введение

Впервые полученный в 50-х гг. XX в., гибрид белуги и стерляди бестер по-прежнему занимает одно из ведущих мест в качестве традиционного объекта отечественного товарного осетроводства наряду с сибирским и русским осетрами. Динамика объемов выращивания товарного бестера в Российской Федерации, приведенная в табл. 1, демонстрирует неуклонный рост количества выращиваемых гибридов. Вместе с тем доля гибридов в общей продукции товарного осетроводства прудовых и садковых хозяйств РФ многие годы остается на уровне 50 % от общего производства, что свидетельствует о постоянном спросе на данную рыбу [1–3].

Таблица 1

Объем производства товарных гибридов осетровых в России в 2009–2015 гг.

Год	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Объем производства товарного бестера и др. гибридов осетровых, т	982	978	1 510	1 654	1 598	1 637	1 923

Технология интенсивного выращивания бестера в прудах [4, 5] и садках на морских [6, 7] и теплых водах [8, 9], начиная с ранних стадий, была достаточно полно изучена. Вопрос влияния температуры воды в эмбриогенезе бестера на выживание и дальнейший рост молоди в установках с замкнутым циклом водообеспечения (УЗВ) в современных исследованиях освещался фрагментарно. Ранее были выяснены лишь некоторые аспекты влияния пробиотиков на скорость роста и выживаемость молоди бестера в системах замкнутого и оборотного водообеспечения [10, 11]. В основу наших исследований были положены данные по критическим и опти-

мальным температурам инкубации 2-х пород бестера, полученные в результате многолетних работ на ЗАО «Казачка» Ростовской области [12].

Большинство авторов указывают технологическую норму для выращивания осетровых в температурном диапазоне 15–25 °С, а в качестве оптимальной называется температура 20–25 °С [13, 14]. Круглогодично оптимальную температуру можно поддерживать только в УЗВ. Также важно, что при выращивании гибридов осетровых в контролируемых условиях исключается возможность их попадания в естественную среду.

Целью исследования было охарактеризовать аномалии в эмбриогенезе, темп роста и выживаемость молоди осетровых рыб (на примере бестера) во время первого года выращивания в зависимости от различных температур инкубации икры.

Материалы и методы исследования

Материалы к рыбоводно-биологической характеристике потомства осетровых рыб в условиях УЗВ подготовлены на основании экспериментальных работ по выращиванию личинок и молоди аксайской породы [15] бестера в условиях аквариального рыбоводного комплекса ФГБНУ «ВНИРО» в 2015–2017 гг. Инкубация икры проводилась при различных температурах воды, три из которых (8, 18 и 20 °С) близки к критическим, а другие (12, 13, 14 и 16 °С) находились в пределах температурного оптимума для инкубации икры бестера.

Первый тур начался 25 марта 2015 г., второй тур – 10 февраля 2016 г., начало третьего тура – 12 октября 2016 г. Во всех турах рыбоводная икра была получена прижизненным методом [16] от нескольких самок, смешана и разделена на равные части по числу вариантов эксперимента. Каждая часть осеменялась смесью спермы пяти самцов той же породы в воде, имеющей разную температуру, и была помещена в изолированные инкубационные аппараты – аналоги аппарата «Осетр» – при соответствующей температуре воды.

В первом туре икра инкубировалась при 4-х различных температурах воды, 2 из которых (8 и 18 °С) близки к критическим, а другие (12 и 16 °С) находились в пределах температурного оптимума инкубации для икры бестера.

В дальнейшем из первого тура по техническим причинам оставили для выращивания два варианта: инкубация при 12 °С (оптимальная температура) и инкубация при 18 °С (выше оптимума для бестера). Взвешивание личинок проводили в первые сутки после вылупления, перед началом активного питания (на 7 сутки), а затем – каждые 5 дней.

Количество заложенной на инкубацию икры в каждой партии 1-го тура составило 19,8 тыс. шт. икринок (225 г), т. е. выборка являлась достаточно репрезентативной.

Во втором туре икра инкубировалась при 3-х различных температурах воды, 2 из которых (8 и 20 °С) близки к критическим, а температура 13 °С находилась в пределах температурного оптимума инкубации икры бестера. Количество икринок, заложенных в каждой партии 2-го тура на инкубацию, составило 20,1 тыс. шт. (300 г).

В третьем туре икра инкубировалась при 3-х различных температурах воды, 2 из которых (8 и 20 °С) близки к критическим, а третья (14 °С) находилась в пределах температурного оптимума инкубации икры бестера.

Количество икринок, заложенных в каждой партии 3-го тура на инкубацию, составило 54,6 тыс. шт. (700 г). Для дальнейшего опытного выращивания было оставлено по 5 тыс. шт. личинок из каждого температурного варианта. Во всех вариантах процент оплодотворяемости и выживание на разных стадиях развития определяли по [17].

Вылупившиеся личинки во всех трех турах были посчитаны поштучно и переведены для дальнейшего выращивания в круглые бассейны с конусным дном и нижней подачей воды объемом 400 л, а затем, по мере роста, рассаживались в круглые бассейны с плоским дном и подачей воды сверху объемом 500 л. Перевод личинок на активное питание осуществляли с помощью живых науплиев артемии и сухих гранулированных кормов Coppens и Le Gouessant. Живые корма подавались в бассейны непрерывно в течение первых 10–14 дней активного питания, а затем молодь полностью переводилась на искусственные корма. Молодь массой 1 г рассаживали по мере достижения плотности 2–3 кг/м³. Температура воды при выращивании молоди до 1 г была стабильной (18 °С в первом и третьем туре и до 20 °С во втором туре), в дальнейшем ее постепенно повышали до 21–23 °С.

Средняя температура воды в бассейнах при выращивании крупной молоди аксайской породы (С × БС) в первом туре была 19 °С, во втором – 21,2 °С, в третьем – 19,8 °С.

Среднее значение кислорода в бассейнах с рыбой составляло 7,5–8,2 мг/л. Остальные гидрохимические показатели воды в УЗВ были в пределах нормативных значений для осетровых рыб.

После перевода трехграммовой молоди в бассейны объемом 3 м³ дальнейшее раздельное выращивание групп молоди проводилось также в УЗВ. Кормление осуществлялось сухими гранулированными кормами, по нормам для осетровых. Корма подавались в бассейны автоматически, с помощью ленточных или бункерных кормушек, по соответствующей программе: каждые 2–4 часа.

Периодически во время выращивания молоди гибрида С × БС в качестве токсикопротектора в корма дополнительно вносились культуры бифидобактерий «Бифилайф форте» (*Bifidobacterium bifidum*, *B. longum*, *B. adolescentis*, *B. breve* и *B. infantis*) или препарат «Зоноорм» (200 × 10⁷ КОЕ бифидобактерий на 1 кг корма).

В качестве критериев рыбоводно-биологической оценки выращиваемых рыб использовали выживаемость и темп роста. Измерение молоди проводили по общепринятой методике [18]. Измеряли зоологическую длину, массу рыбы. Размер выборки составлял не менее 30–50 экземпляров по каждой группе рыб.

Результаты исследования

Важным рыбоводно-биологическим показателем является доля нормально развивающейся икры (количество эмбрионов без аномалий развития). Влияние температуры воды в период инкубации на развитие эмбрионов представлено в табл. 2.

Таблица 2

Соотношение аномальных и нормальных зародышей при инкубации икры в воде разной температуры

Доля нормальных и аномальных эмбрионов, %	Температура воды при инкубации, °С			
	8	12	16	18
Живые развивающиеся эмбрионы на стадии вылупления	50	40	82	46
Неоплодотворенные и партеногенетические эмбрионы	8	10	6	8
Эмбрионы, погибшие до стадии малой желточной пробки	5	6	4	25
Зародыши без переднего и промежуточного мозга	5	9	2	6
Безголовые зародыши	6	12	3	5
У зародышей развился только дефектный хвост	6	7	2	7
Эмбрион с не полностью отделившейся головой, искривленным укороченным хвостом и водянкой околосердечной сумки	20	16	1	3

Отличительной особенностью варианта инкубации икры при 18 °С от остальных является элиминация большого количества оплодотворенных икринок (25 %) еще на ранних стадиях развития. Наибольшая же доля тяжелых нарушений, связанных с водянкой околосердечной сумки и неполным отделением головного отдела, наблюдалась при температуре инкубации 8 °С.

Также при низких температурах воды (8 и 12 °С) наблюдался самый большой процент аномалий зародышей на стадии вылупления. Зародыши, достигшие последней стадии перед вылуплением, не могли сами освободиться из оболочек в расчетное время, поэтому на дне инкубационных аппаратов осталось 16–20 % невылупившихся зародышей.

Наименьшая доля эмбрионов с аномалиями в развитии была отмечена в варианте инкубации при температуре 16 °С.

Выход однодневных личинок при 16 °С оказался в 2 раза выше, чем в остальных вариантах. Несмотря на то, что выживание молоди к 1 г было в этом варианте невысоким, суммарно этот вариант по выживаемости оказался лучшим. При температуре инкубации 12 °С, являющейся оптимальной для развития всех органов личинок, выживание их от однодневных предличинок до массы 1 г было выше по сравнению с другими вариантами. Масса личинок при вылуплении при 8 °С оказалась незначительно ниже (примерно на 0,5 мг) по сравнению с другими вариантами.

В табл. 3 представлены данные о длительности инкубации и отдельных стадий эмбриогенеза при разных температурах воды.

Продолжительность инкубации бестера породы «Аксайская» при разных температурах

Показатель	Температура воды при инкубации, °С			
	8	12	16	18
Длительность инкубации, сут	17,5–19	8–9,5	5,5–7,0	4,0–5,5
Количество минут/часов до стадии 4-х бластомеров	280/4,67	170/2,83	110/1,83	96/1,6
Количество часов до стадии 17 – маленькой желточной пробки	116–120	36–40	30–32	24–26
Количество часов до стадии 24 – появления глазных выростов и утолщения переднего конца зачатков выделительной системы	144–148	96–100	54–58	48–50
Количество часов до стадии 35 – начала выклева, когда конец хвоста достигает почки	420–456	192–228	132–168	90–132

Темп роста. В первом туре показатели увеличения массы личинок до перехода на экзогенное питание и личинок до массы 1 г приведены на рис. 1.

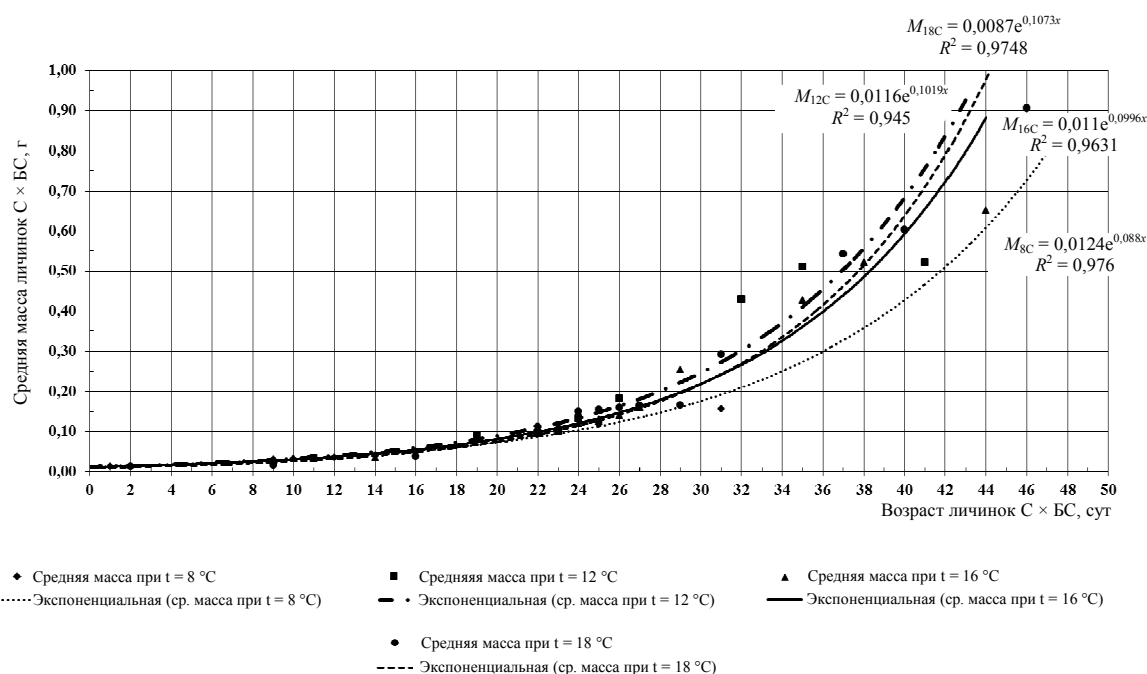


Рис. 1. Изменение в первом туре средней массы личинок $C \times BC$, полученных из икры, которая инкубировалась при различных температурах воды (8, 12, 16 и 18°C)

График наглядно демонстрирует, что личинки, икра которых инкубировалась при температурах $12/16/18^\circ\text{C}$ в возрасте 45 суток после вылупления, имели среднюю массу около 1 г. В этом же возрасте личинки из варианта при 8°C имели среднюю массу 0,7 г. Темп роста «восьмиградусных» личинок был ниже остальных вариантов. Скорость роста личинок в варианте инкубации икры при 12°C была выше, чем при других температурах инкубации, несмотря на одинаковую температуру воды при выращивании (в среднем 18°C) и условия содержания личинок после вылупления в бассейнах с единой замкнутой системой.

Средняя плотность «двенадцатиградусных» личинок в бассейнах составляла $0,28\text{--}2\text{ кг/м}^3$, а «восемнадцатиградусных» $0,25\text{--}3,7\text{ кг/м}^3$.

Из графиков роста молоди $C \times BC$ в 1 туре (рис. 2) видно, что существенной разницы в увеличении массы мальков разных вариантов до 200 суток не наблюдалось.

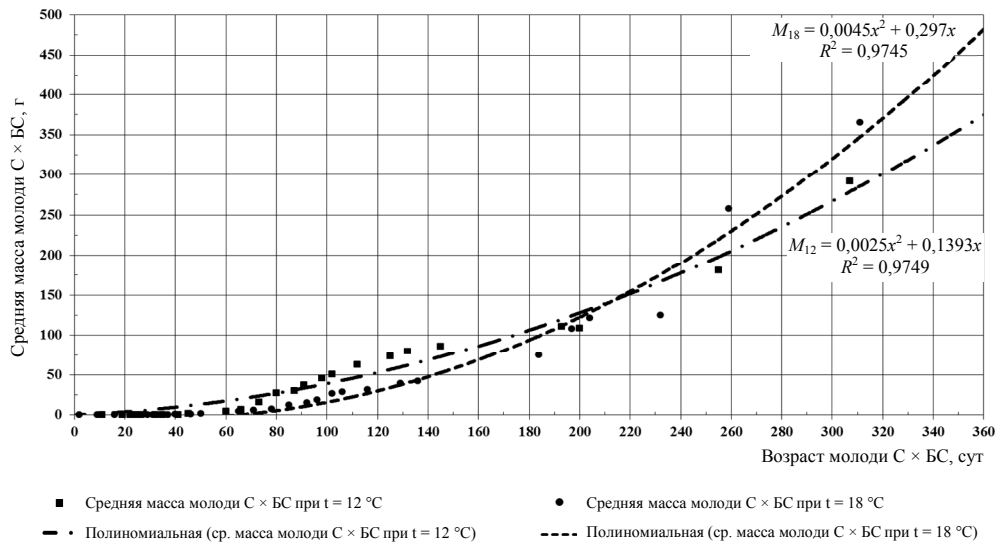


Рис. 2. Темп роста молоди С × БС, полученной из икры, которая инкубировалась при 12 и 18 °С, в течение первого года в первом туре

Сначала темп роста у «двенадцатиградусной» молоди был несколько выше. Однако в интервале между 200 и 310 сутками «восемнадцатиградусная» молодь начала опережать ее по массе, несмотря на большую плотность посадки в бассейне. Средняя плотность выращиваемой «двенадцатиградусной» молоди в бассейнах составляла 0,28–3,3 кг/м³, а «восемнадцатиградусной» – 1,7–11,7 кг/м³.

Средняя масса «двенадцатиградусной» молоди С × БС в возрасте 310 суток составила 292 г (минимальная масса – 107 г, максимальная – 628 г). Рост средней массы «двенадцатиградусной» молоди С × БС в бассейнах УЗВ при величине достоверности аппроксимации $R^2 = 0,97$ описывается формулой $M_{СБС-12С} = 0,0025x^2 + 0,1393x$, где M – масса осетровых, г, а x – возраст рыб, сут.

Средняя масса «восемнадцатиградусной» молоди С × БС в возрасте 310 суток составляла 365 г (минимальная масса – 70 г, максимальная – 625 г). Рост средней массы «восемнадцатиградусной» молоди С × БС в бассейнах УЗВ при величине достоверности аппроксимации $R^2 = 0,97$ описывается формулой $M_{СБС-18С} = 0,0045x^2 + 0,297x$.

Во втором туре икра инкубировалась при 3-х различных температурах воды: 8, 13 и 20 °С. Во втором туре показатели увеличения массы личинок до перехода на экзогенное питание и молоди в первые 45–50 дней приведены на рис. 3.

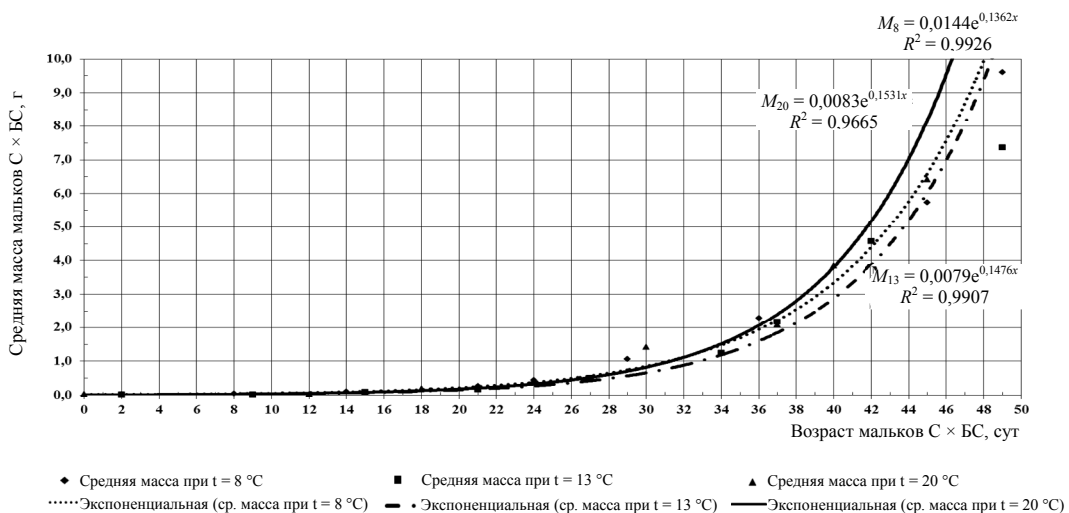


Рис. 3. Изменение средней массы мальков, полученных из икры, которая инкубировалась при температурах воды 8, 13, 20 °С, во втором туре

Темп роста мальков во втором туре был выше, чем в первом. Средней массы в 1 г мальки достигли уже на 30–34 день, а в возрасте 45 суток мальки имели среднюю массу 5–6,4 г. Это было связано с более высокой средней температурой воды, которая во втором туре в этот период времени составляла 20,8 °С.

Темп роста средней массы «тринадцатиградусных» мальков в первые 45–50 суток был ниже остальных из-за наибольшей плотности рыб в бассейне (1,7–2,1 кг/м³). Скорость роста «двадцатиградусных» мальков была самой высокой из-за наименьшей плотности их в бассейне (0,4–1,3 кг/м³), несмотря на одинаковую температуру воды (в среднем 20,8 °С) и условия содержания личинок и мальков в бассейнах в единой замкнутой системе. По-видимому, меньшая плотность при выращивании молоди в бассейнах и уменьшение конкуренции при питании были доминирующими факторами, которые повлияли на увеличение массы тела рыб.

Из графиков темпа роста молоди С × БС во 2 туре (рис. 4) видно, что, как и в 1 туре, существенной разницы в средней массе молоди разных температур инкубации икры до возраста 120 суток не наблюдалось, хотя темп роста «двадцатиградусной» молоди был несколько выше.

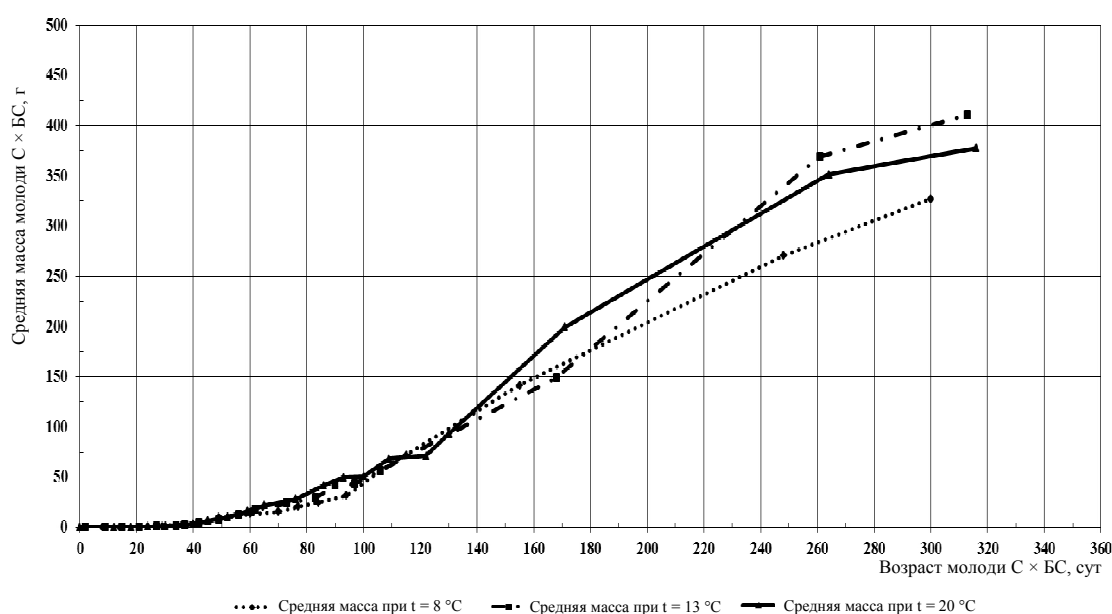


Рис. 4. Темп роста молоди С × БС, полученной из икры, которая инкубировалась при 8, 13 и 20 °С, в течение первого года во втором туре

Увеличившаяся разница в темпах роста молоди в интервале между 120 и 320 сутками была, скорее всего, вызвана разницей в плотности посадки этих рыб в бассейнах (6,4 и 13,5 кг/м³). Замедление темпов роста средней массы «двадцатиградусной» молоди в конце года было связано с наибольшей плотностью выращивания, которая составила 22 кг/м³.

Средняя масса молоди С × БС, инкубация икры которой проходила при температуре воды при 8, 13 и 20 °С, в возрасте 310–320 суток составила 327, 410, 352 г соответственно.

Для достоверности получаемых статистических рыбоводных данных было принято решение выполнить третью повторность экспериментальных работ с различной температурой инкубации икры С × БС.

В третьем туре икра также инкубировалась при 3-х различных температурах воды: 8, 14 и 20 °С. Показатели увеличения массы личинок и молоди в первые 45–50 дней приведены на рис. 5.

Средней массы в 1 г мальки достигли на 34–38 день, а в возрасте 45 суток мальки имели среднюю массу 2,1–4,2 г. Темп роста мальков в третьем туре был ниже, чем во втором. Это было связано с более низкой средней температурой воды, которая в третьем туре в этот период времени составляла 18,9 °С.

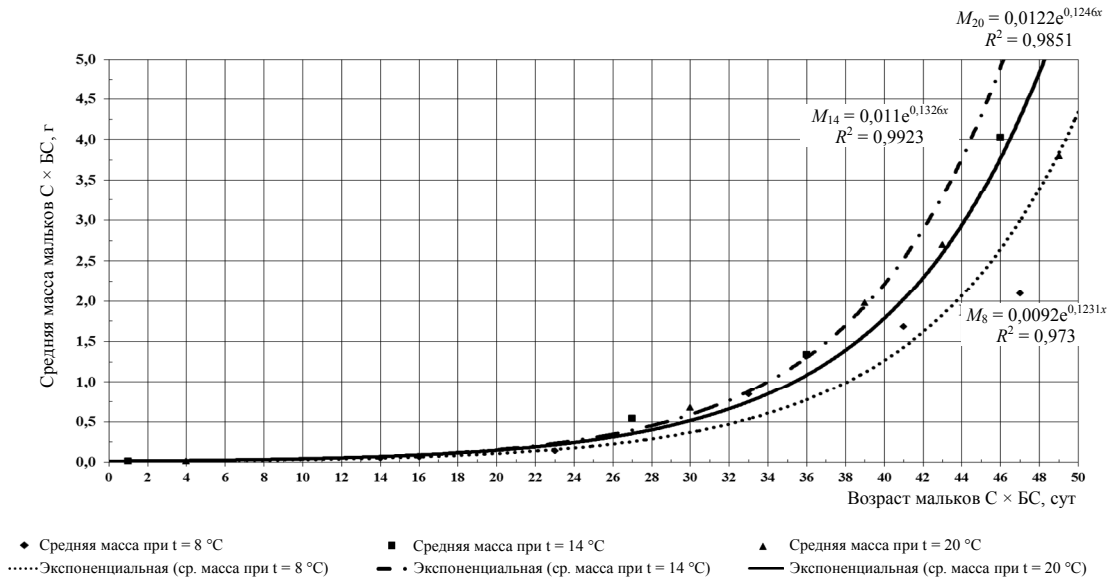


Рис. 5. Изменение средней массы мальков, полученных из икры, которая инкубировалась при различных температурах воды (8, 14, 20 °C), в третьем туре

Увеличение средней массы «восмиградусных» мальков в первые 45–50 суток было ниже остальных даже при наименьшей плотности рыб в бассейнах, которая в среднем составляла 3 кг/м³. Скорость роста «четырнадцатиградусных» и «двадцатиградусных» мальков была больше, при средней плотности их в бассейне (5–5,5 кг/м³), при одинаковой температуре воды (в среднем 18,9 °C) и равноценных условиях содержания личинок и мальков.

Из графиков темпа роста молоди С × БС в 3 туре (рис. 6) видно, что, как и во 2 туре, существенной разницы в средней массе «четырнадцатиградусной» и «двадцатиградусной» молоди до возраста 180 суток не наблюдалось, хотя темп роста «четырнадцатиградусной» молоди был несколько выше.

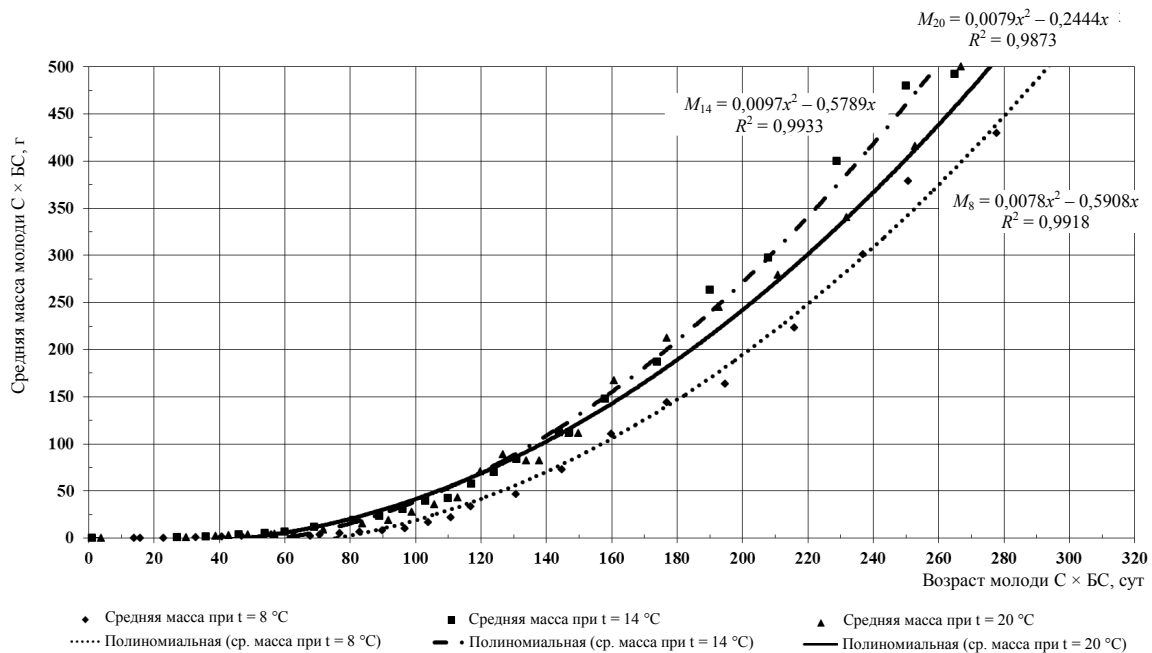


Рис. 6. Темп роста молоди С × БС, полученной из икры, которая инкубировалась при 8, 14 и 20 °C, в течение первого года в третьем туре

Увеличившаяся разница в темпах роста молоди в интервале между 180 и 320 сутками была, вероятно, вызвана разными средними плотностями посадки этих рыб в бассейнах (6,5–17,5 кг/м³).

Как и во втором туре, скорость роста средней массы «восьмиградусной» молоди была наименьшей. Замедление темпа роста у «восьмиградусной» молоди в интервале между 50 и 180 сутками была, скорее всего, вызвана разными средними плотностями посадки этих рыб в бассейнах: 8,5 кг/м³ у «восьмиградусных» и 6,5–7,5 кг/м³ у «двадцатиградусных» и «четырнадцатиградусных» соответственно. Замедление темпов роста средней массы «восьмиградусной» молоди в конце года было дополнительно связано с наибольшей плотностью выращивания – 24,6 кг/м³.

Выживаемость. Во всех трех турах выживаемость молоди гибрида С × БС в данном возрасте определялась как количество выживших рыб к общему количеству вылупившихся личинок, %.

При сравнении выживаемости выращиваемой молоди С × БС в 1 туре выявлена следующая тенденция: до возраста 60–80 дней при средней массе 5–30 г выживаемость в обоих вариантах снижалась, а затем смертность рыб практически прекратилась (рис. 7).

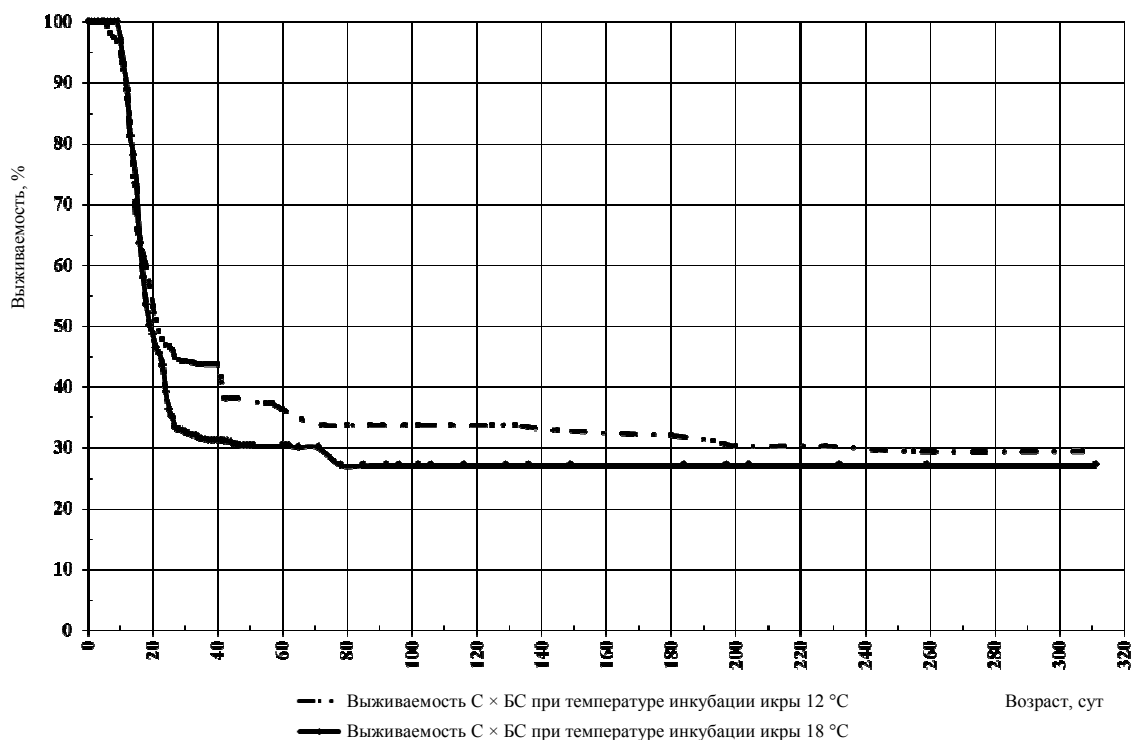


Рис. 7. Выживаемость молоди С × БС, полученной из икры, которая инкубировалась при 12 и 18 °С, в первом туре в течение первого года

В варианте с «восемнадцатиградусной» молодью выживаемость была ниже по сравнению с «двенадцатиградусной» молодью. На это могла повлиять повышенная (в 1,5–2 раза) плотность в бассейне с «восемнадцатиградусной» молодью, в сравнении с «двенадцатиградусной» молодью.

Особенно большой была смертность в первые 20–25 суток, пока личинки не достигли средней массы 130–150 мг. В дальнейшем гибель уменьшилась, и в конце эксперимента в возрасте около 300 суток выживаемость «двенадцатиградусной» молоди от вылупившихся личинок составила 29,5 % при средней массе 292 г, тогда как выживаемость «восемнадцатиградусной» молоди составила 27 % при средней массе 365 г (рис. 7).

При сравнении выживаемости выращиваемой молоди С × БС во 2 туре выявлена следующая тенденция: до возраста 20–40 дней при средней массе 1–2 г выживаемость в вариантах 20 и 13 °С снижалась, а затем смертность рыб практически прекратилась (рис. 8).

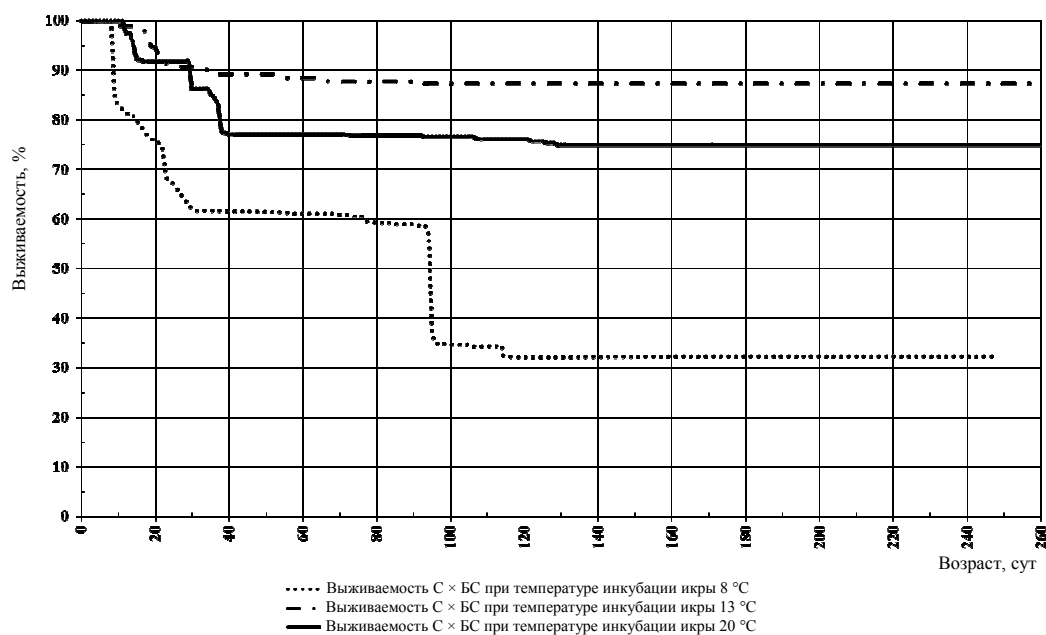


Рис. 8. Выживаемость молоди C × BC, полученной из икры, которая инкубировалась при 8, 13 и 20 °C, во втором туре в течение первого года

В варианте с «восьмиградусной» молодь, выживаемость которой была ниже на всех этапах, гибель молоди прекратилась только к 95 суткам выращивания. В конце эксперимента, в возрасте около 300 суток, выживаемость «восьмиградусной» молоди составила 32,3 % при средней массе 418 г, тогда как выживаемость «тринадцатиградусной» молоди составила 87,4 % при средней массе 410 г, а «двадцатиградусной» молоди – 75 % при средней массе 352 г (рис. 8).

В 3 туре, как и во 2-м, наименьшая выживаемость была у «восьмиградусной» молоди (рис. 9).

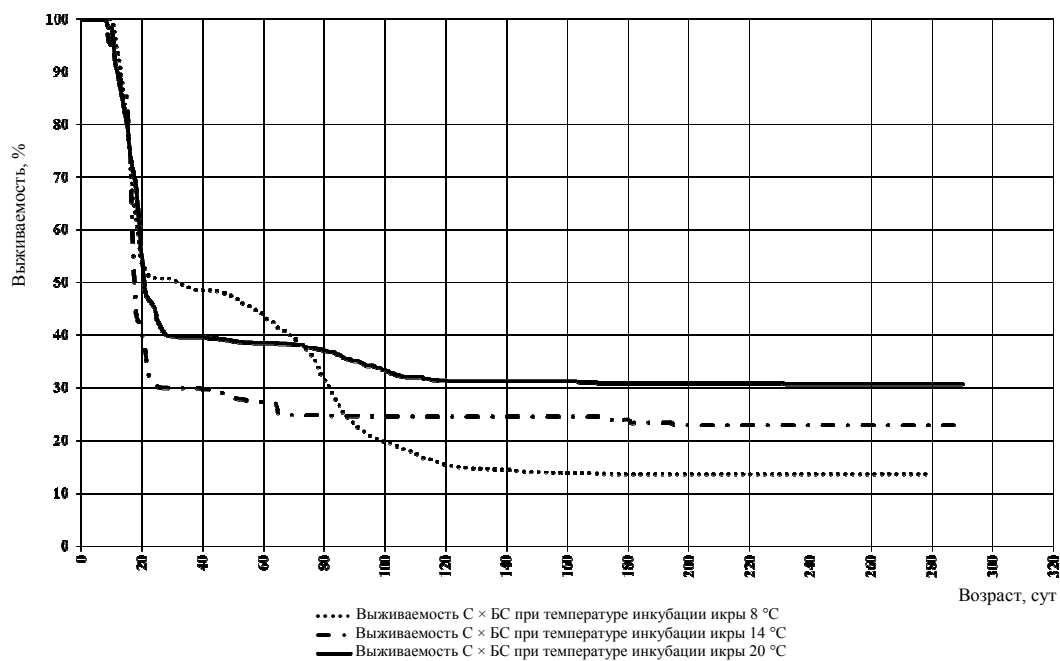


Рис. 9. Выживаемость молоди C × BC, полученной из икры, которая инкубировалась при 8, 14 и 20 °C, в третьем туре в течение первого года

В возрасте около 300 суток выживаемость «восьмиградусной» молоди составила 14 % при средней массе 430 г, тогда как выживаемость «четырнадцатиградусной» молоди составила 23 % при средней массе 495 г, а «двадцатиградусной» молоди – 31 % при средней массе 506 г.

Существенное влияние на выживаемость молоди С × БС также оказывала плотность выращивания рыб в бассейнах. При увеличении плотности выше оптимальной значительно повышалась смертность, особенно на ранних этапах выращивания. Прослеживалась четкая зависимость: чем больше плотность выращивания личинок и мальков С × БС, тем выше смертность.

Описанные выше данные являлись только частью проводимых исследований. Целью дальнейшей работы было определить состояние воспроизводительной системы у молоди осетровых рыб на примере бестера, подвергнутой термической коррекции в эмбриогенезе, при выращивании в бассейнах с УЗВ.

Выводы

В результате исследования аномалий в эмбриогенезе, темпа роста и выживаемости молоди бестера во время первого года выращивания в УЗВ в зависимости от различных температур инкубации икры, было выявлено и показано:

1. Температура инкубации икры влияет не только на скорость эмбрионального развития осетровых, но и предопределяет возникновение отдельных аномалий.

2. При инкубации икры самый большой процент аномальных зародышей у гибрида С × БС наблюдался на 35 стадии при 8 °С и на 17 стадии при 18–20 °С.

3. Наиболее благоприятной температурой инкубации икры бестера, при которой отмечается наименьшая доля эмбрионов с аномалиями в развитии, является 16 °С.

4. При выращивании личинок и мальков изменение средней температуры воды на несколько градусов (например, с 18 до 20 °С) приводит к увеличению средней массы на 45-й день в несколько раз.

5. Температура инкубации оказывает прямое воздействие на дальнейшее увеличение массы тела молоди: чем ниже температура воды при инкубации, тем медленнее растет рыба в дальнейшем. Однако данное воздействие нивелируется к возрасту 250–300 суток выращивания при несоблюдении оптимальных плотностей посадки.

6. При температуре инкубации 12–13 °С, являющейся оптимальной для развития всех органов личинок бестера, выживание их от однодневных предличинок до массы 1 г было выше по сравнению с другими вариантами.

7. Выживаемость молоди, полученной из икры, инкубированной при 8 °С, была во всех случаях ниже, чем у молоди, полученной при более высоких температурах инкубации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Статистические сведения по рыбной промышленности России 2009–2010*. М.: Изд-во ВНИРО, 2011. 77 с.
2. *Статистические сведения по рыбной промышленности России 2012–2013*. М.: Изд-во ВНИРО, 2014. 77 с.
3. *Статистические сведения по рыбной промышленности России 2014–2015*. М.: Изд-во ВНИРО, 2016. 75 с.
4. *Попова А. А., Резанова Г. Н., Сливка А. П., Шевченко В. Н.* Выращивание бестера с применением искусственных кормов // *Корма и методы кормления объектов марикультуры*. М.: Изд-во ВНИРО, 1988. С. 69–79.
5. *Никитина Т. А.* Интенсивное выращивание осетровых рыб в прудах Краснодарского края. Краснодар: Изд-во «Здравствуйте», 2011. 76 с.
6. *Романычева О. Д.* Выращивание молоди и товарных гибридов белуги со стерлядью в морских садках // *Тр. ВНИРО*. 1974. Т. 103. С. 142–150.
7. *Романычева О. Д.* Методические указания по садковому выращиванию бестера. М.: Изд-во ВНИРО. 1976. 47 с.
8. *Петрова Т. Г.* Предварительные рекомендации по биотехнике товарного выращивания бестера в садках и бассейнах с использованием теплых вод. М.: Изд-во ВНИИПРХ. 1978. 22 с.
9. *Судакова Н. В., Дегтярева С. С., Федосеева Е. А., Балакирев Е. И., Касаева С. Ю.* Сравнительная характеристика рыбоводных и морфофизиологических показателей сеголетков бестера при выращивании в садках и бассейнах // *Аквакультура и интегрированные технологии: проблемы и возможности*: сб. научн. докл. М.: ВНИИР. 2005. Т. 2. С. 35–41.
10. *Зуевский С. Е., Запорожченко Н. С., Бычкова Л. И., Филиппова О. П.* Использование пробиотиков при выращивании личинок и молоди осетровых рыб в замкнутых установках на рыбоводных фермах в Республике Корея // *Проблемы иммунологии, патологии и охраны здоровья рыб и других гидробионтов* –

2: сб. расшир. материалов Междунар. науч.-практ. конф. (Борок, 17–20 июля 2007 г.). М.: Изд-во Россельхозакадемии, 2007. С. 501–506.

11. Zuevskiy S. E., Filippova O. P., Bychkova L. I., Zaporozhchenko N. S. Efficacy of application of probiotic preparations "Zoonorm" and "Bifidum-SHZh" at cultivation of larvae and fry of bester (*Acipenser nkoljukini*) in the Republic of Korea // International Scientific Conference on Probiotics and Prebiotics - IPC2010. (Kosice, Slovakia, June 15-17, 2010). P. 185–186.

12. Филиппова О. П., Сафронов А. С. Сроки созревания разных пород бестера после гормональной инъекции // Материалы докл. III Междунар. науч.-практ. конф. «Аквакультура осетровых рыб: достижения и перспективы развития» (Астрахань, 22–25 марта 2004 г.). Астрахань: Изд-во НПЦ БИОС, 2004. С. 80–83.

13. Гершанович А. Д., Пегасов В. А., Шатуновский М. И. Экология и физиология молоди осетровых. М.: Агропромиздат, 1987. 215 с.

14. Горский С. В., Яржомбек А. А. Справочные материалы по росту рыб: Осетровые рыбы. М.: Изд-во ВНИРО, 2003. 74 с.

15. Пат. РФ № 1829. Бестер *Acipenser nkoljukini*, порода Аксайская / Арефьев В. А., Бурцев И. А., Крылова В. Д., Николаев А. И., Николокин Н. И., Серебрякова Е. В., Тимофеева Н. А., Филиппова О. П.; опубл. 03.04.2003.

16. А. с. СССР № 1412035. Способ получения икры от самок осетровых рыб / С. Б. Подушка; заявл. 24.11.1986; опубл. 20.04.2008.

17. Гинзбург А. С., Детлаф Т. А. Развитие осетровых рыб. Созревание яиц, оплодотворение и эмбриогенез. М.: Наука, 1969. 134 с.

18. Правдин И. Ф. Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводных). М.: Пищ. пром-сть, 1966. 376 с.

Статья поступила в редакцию 30.11.2017

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Зуевский Сергей Евгеньевич – Россия, 107140, Москва; Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии; старший инженер лаборатории нормативного и технологического развития аквакультуры; maricul@vniro.ru.

Филиппова Ольга Павловна – Россия, 107140, Москва; Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии; старший научный сотрудник лаборатории нормативного и технологического развития аквакультуры; maricul@vniro.ru.

Сафронов Александр Станиславович – Россия, 107140, Москва; Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии; канд. биол. наук; ведущий научный сотрудник лаборатории нормативного и технологического развития аквакультуры; maricul@vniro.ru.

Суховер Кира Владимировна – Россия, 107140, Москва; Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии; инженер лаборатории нормативного и технологического развития аквакультуры; maricul@vniro.ru.



S. E. Zuevskiy, O. P. Filippova, A. S. Safronov, K. V. Sukhover

TEMPERATURE INFLUENCE IN EMBRYOGENESIS ON FISH-BREEDING PARAMETERS OF BESTER HYBRID JUVENILES

Abstract. The article focuses on the influence of different temperature parameters during incubation of bester hybrid *Acipenser ruthenus* (Linnaeus, 1758) × (*Huso huso* (Linnaeus, 1758) × *Acipenser ruthenus* (Linnaeus, 1758)) of the Aksay breed of the fourth generation (F4) on the abnormalities in embryogenesis and on the rate of growth and survival of the hybrid juveniles in recirculating aquaculture systems. As a result of experimental work, it has been proved that the optimum incubation temperature for bester roe is 16°C, and the fastest rate of weight growth is observed in bester juveniles bred from eggs incubated at a water temperature 18–20°C. A distinctive feature of the incu-

bation of eggs at 18-20°C is elimination of a large number of fertilized eggs (25%) even at the early stages of development. Also, at lower water temperature (8 and 12°C), the highest percentage of embryo anomalies at the hatching stage has been observed. The lowest survival rate had juveniles from eggs, incubation of which took place at a temperature of 8°C (14-32%). The highest survival rate from one-day prelarva to fry with average weight of 1 g was observed in bester species grown from eggs which were incubated at a temperature of 12-13°C (38-90%). It is shown that the temperature difference of 1-2°C during cultivation affects juveniles' weight. Data are given on the effect of growing density on the survival rates and weight of juveniles. The stocking density of bester at the stage of larvae that switched to active feeding to the juvenile with a mass of 1 g should not exceed 2-3 kg/m³ in order to guarantee optimal growth rates, survival rate, and to maximize the use of tanks volumes. It has been stated that the lower the temperature of water during the incubation of eggs, the slower the fish grows in the future. However, this effect is leveled in species by the age of 250-300 days, if the optimal growing densities are non-compliance.

Key words: hybrid, bester, recirculation aquaculture system, anomalies, embryogenesis, larvae, juveniles, stocking density, growth rate, survival rates, fish-breeding parameters.

REFERENCES

1. *Statisticheskie svedeniia po rybnoi promyshlennosti Rossii 2009–2010* [Statistical data on fish industry in 2009-2010]. Moscow, Izd-vo VNIRO, 2011. 77 p.
2. *Statisticheskie svedeniia po rybnoi promyshlennosti Rossii 2012–2013* [Statistical data on fish industry in 2012-2013]. Moscow, Izd-vo VNIRO, 2014. 77 p.
3. *Statisticheskie svedeniia po rybnoi promyshlennosti Rossii 2014–2015* [Statistical data on fish industry in 2014-2015]. Moscow, Izd-vo VNIRO, 2016. 75 p.
4. Popova A. A., Rezanova G. N., Slivka A. P., Shevchenko V. N. Vyrashchivanie bestera s primeneniem iskusstvennykh kormov [Bester breeding on artificial feeds]. *Korma i metody kormleniia ob"ektov marikul'tury*. Moscow, Izd-vo VNIRO, 1988. Pp. 69-79.
5. Nikitina T. A. *Intensivnoe vyrashchivanie osetrovyykh ryb v prudakh Krasnodarskogo kraia* [Intensive breeding sturgeons in fish farms of the Krasnodar Territory]. Krasnodar, Izd-vo «Zdravstvuite», 2011. 76 p.
6. Romanycheva O. D. Vyrashchivanie molodi i tovarnykh gibridov belugi so sterliad'iu v morskikh sadkakh [Breeding juveniles and commercial hybrids of beluga with sterlet in the sea hatcheries]. *Trudy VNIRO*, 1974, vol. 103, pp. 142-150.
7. Romanycheva O. D. *Metodicheskie ukazaniia po sadkovomu vyrashchivaniuu bestera* [Methodological recommendations on breeding bester in hatcheries]. Moscow, Izd-vo VNIRO. 1976. 47 p.
8. Petrova T. G. *Predvaritel'nye rekomendatsii po biotekhnike tovarnogo vyrashchivaniia bestera v sadkakh i basseinakh s ispol'zovaniem teplykh vod* [Preliminary recommendations on biotechnics of commercial breeding of bester in hatcheries and tanks with warm water]. Moscow, Izd-vo VNIIPRKh. 1978. 22 p.
9. Sudakova N. V., Degtiareva S. S., Fedoseeva E. A., Balakirev E. I., Kasaeva S. Iu. Sravnitel'naia kharakteristika rybovodnykh i morfofiziologicheskikh pokazatelei segoletkov bestera pri vyrashchivanii v sadkakh i basseinakh [Comparative characteristics of fish breeding and morphophysiological factors of bester yearlings grown in hatcheries and ponds]. *Akvakul'tura i integrirovannye tekhnologii: problemy i vozmozhnosti: sbornik nauchnykh dokladov*. Moscow, VNIIR. 2005. Vol. 2. Pp. 35-41.
10. Zuevskii S. E., Zaporozhchenko N. S., Bychkova L. I., Filippova O. P. Ispol'zovanie probiotikov pri vyrashchivanii lichinok i molodi osetrovyykh ryb v zamknutykh ustanovkakh na rybovodnykh fermakh v Respublike Koreia [Using probiotics in breeding sturgeon larvae and juveniles in recirculating aquaculture systems of fish farms in the Republic of Korea]. *Problemy immunologii, patologii i okhrany zdorov'ia ryb i drugikh gidrobiontov – 2: sbornik rasshirennykh materialov Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii (Borok, 17–20 iuliia 2007 g.)*. Moscow, Izd-vo Rossel'khozakademii, 2007. Pp. 501-506.
11. Zuevskiy S. E., Filippova O. P., Bychkova L. I., Zaporozhchenko N. S. Efficacy of application of probiotic preparations "Zoonorm" and "Bifidum-SHZh" at cultivation of larvae and fry of bester (*Acipenser nikhiljuki*) in the Republic of Korea. *International Scientific Conference on Probiotics and Prebiotics - IPC2010. (Kosice, Slovakia, June 15-17, 2010)*. P. 185-186.
12. Filippova O. P., Safronov A. S. Sroki sozrevaniia raznykh porod bestera posle gormonal'noi in'ektsii [Terms of maturing in bester species after hormonal injections]. *Materialy dokladov III Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Akvakul'tura osetrovyykh ryb: dostizheniia i perspektivy razvitiia» (Astrakhan', 22–25 marta 2004 g.)*. Astrakhan, Izd-vo NPTs BIOS, 2004. Pp. 80-83.
13. Gershanovich A. D., Pegasov V. A., Shatunovskii M. I. *Ekologiya i fiziologiya molodi osetrovyykh* [Ecology and physiology of sturgeon juveniles]. Moscow, Agropromizdat, 1987. 215 p.
14. Gorskii S. V., Iarzhombek A. A. *Spravochnye materialy po rostu ryb: Osetrovye ryby* [Reference book on fish growth: sturgeons]. Moscow, Izd-vo VNIRO, 2003. 74 p.

15. Arefyev V. A., Burtsev I. A., Krylova V. D., Nikolayev A. I., Nikolyukin N. I., Serebryakova Ye. V., Timofeyeva N. A., Filippova O. P. Bester Acipenser nikoljukini, poroda Aksaiskaia [Bester *Acipenser nikoljukini*, species Aksay]. Patent RF, no. 1829, 03.04.2003.
16. Podushka S. B. *Sposob polucheniia ikry ot samok osetrovyykh ryb* [Method of taking roe from sturgeon females]. Avtorskoe svidetel'stvo SSSR № 1412035; zaivl. 24.11.1986; opubl. 20.04.2008.
17. Ginzburg A. S., Detlaf T. A. *Razvitie osetrovyykh ryb. Sozrevanie iait, oplodotvorenie i embriogenez* [Developing sturgeon species. Roe maturation, fertilization and embryogeny]. Moscow, Nauka Publ., 1969. 134 p.
18. Pravdin I. F. *Rukovodstvo po izucheniiu ryb (preimushchestvenno presnovodnykh)* [Manual on fish study (mainly fresh water fish)]. Moscow, Pishchevaia promyshlennost' Publ., 1966. 376 p.

The article submitted to the editors 30.11.2017

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Zuevskiy Sergey Evgenievich – Russia, 107140, Moscow; Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography; Senior Engineer of the Laboratory of Regulatory and Technological Development of Aquaculture; maricul@vniro.ru.

Filippova Olga Pavlovna – Russia, 107140, Moscow; Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography; Senior Researcher of the Laboratory of Regulatory and Technological Development of Aquaculture; maricul@vniro.ru.

Safronov Alexander Stanislavovich – Russia, 107140, Moscow; Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography; Candidate of Biology; Leading Researcher of the Laboratory of Regulatory and Technological Development of Aquaculture; maricul@vniro.ru.

Sukhover Kira Vladimirovna – Russia, 107140, Moscow; Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography; Engineer of the Laboratory of Regulatory and Technological Development of Aquaculture; maricul@vniro.ru.

