

**ВЛИЯНИЕ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР ВОДЫ
НА РЕПРОДУКТИВНЫЕ
ХАРАКТЕРИСТИКИ САМОК РАДУЖНОЙ
ФОРЕЛИ**

Моисеева Елена Владимировна
Кубанский государственный университет,
Краснодар, Россия, elenavkn@mail.ru

Шиндавина Нина Ивановна
к.б.н.
Федеральный селекционно-генетический центр
рыбоводства, пос. Ропша, Россия,
shindavina@mail.ru

Пашков Андрей Николаевич
к.б.н.
Кубанский государственный университет,
Краснодар, Россия, apashkov@mail.ru

В работе изложены результаты изучения воздействия высоких температур воды на репродуктивные характеристики самок радужной форели. Установлено, что содержание самок в условиях высоких температур на завершающих стадиях гаметогенеза (IV и V стадии зрелости гонад) отрицательно сказывается на созревании икры и выживаемости эмбрионов. Воздействие высоких температур воды на самок, находящихся на III стадии зрелости гонад, не приводит к заметному ухудшению их репродуктивных показателей

Ключевые слова: РАДУЖНАЯ ФОРЕЛЬ, ТЕМПЕРАТУРА ВОДЫ, РЕПРОДУКТИВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ, ГАМЕТОГЕНЕЗ, СОЗРЕВАНИЕ, ОПЛОДОТВОРЯЕМОСТЬ ИКРЫ, ВЫЖИВАЕМОСТЬ ЭМБРИОНОВ

**EFFECTS OF INCREASED WATER
TEMPERATURES ON REPRODUCTIVE
CHARACTERISTICS OF RAINBOW TROUT
FEMALES**

Moiseeva Elena Vladimirovna
Kuban State University, Krasnodar, Russia,
elenavkn@mail.ru

Shindavina Nina Ivanovna
Candidate of biological sciences
Federal Center for Fish Genetics and Selection,
Ropsha, Russia, shindavina@mail.ru

Pashkov Andrey Nikolayevich
Candidate of biological sciences
Kuban State University, Krasnodar, Russia,
apashkov@mail.ru

The effects of increased water temperatures on the reproductive characteristics of rainbow trout females were studied. It was found, that the increased water temperatures produced negative effects on the gonad maturation and survival of the embryos when acted at the late stages (IV and V) of female gametogenesis, but not at the earlier (III) stage

Keywords: RAINBOW TROUT, WATER TEMPERATURE, REPRODUCTIVE CHARACTERISTICS, GAMETOGENESIS, MATURATION, EGGS FERTILITY, EMBRYO SURVIVAL

Существенное влияние на репродуктивные характеристики производителей и, тем самым, на численность и качество потомства оказывают условия выращивания рыб, к которым, прежде всего, относят: температуру воды, содержание в ней растворенного кислорода, проточность, а также плотности посадки, рецептуру кормов, режимы кормления, фотопериод и пр. [2, 5, 6 и др.].

Важнейшим фактором, оказывающим огромное влияние на физиологические процессы рыб, как пойкилотермных организмов, является температура воды. Особенно существенно её воздействие на динамику генеративных процессов у рыб

в периоды, предшествующие созреванию и овуляции икры.

Температурные показатели обязательно необходимо учитывать при организации искусственного воспроизводства лососевых рыб. На разных представителях этого семейства изучали особенности созревания самок и качество их потомства в зависимости от влияния преднерестовых температур воды [3, 4, 5, 6 и др.]. В указанных работах описано воздействие температуры на самок, находящихся на последних стадиях зрелости гонад. Вместе с тем анализ влияния температуры воды на самок в начальные периоды их созревания в нерестовом сезоне практически не проводился. Мало литературных данных и о влиянии высоких температур воды на качество получаемого потомства.

Цель работы заключалась в изучении воздействия высоких температур воды в летне-осенний период на репродуктивные функции и качество потомства самок разных пород радужной форели.

Материал для настоящей работы был собран на ФГУП «Племенной форелеводческий завод «Адлер» (далее – племзавод «Адлер») в период с 2009 по 2011 гг.

Были исследованы трёх- – четырёхгодовалые самки. Критериями оценки самок служили особенности их овуляции, динамика созревания рыб в нерестовом сезоне, а также выход эмбрионов.

Вода на племзавод «Адлер» поступает из артезианских скважин. Температура воды в течение суток меняется незначительно, но имеет сезонные колебания от 7 до 16 °С, что не выходит за пределы оптимальных для радужной форели значений. Нерестовый сезон 2010–2011 гг. отличался неблагоприятными условиями содержания производителей. В августе – сентябре 2010 г. из-за длительного и засушливого лета были зарегистрированы критически высокие температуры воды в бассейнах – от 19 до 21 °С.

Коллекция радужной форели на племзаводе «Адлер» состоит из пяти пород и двух отводок. Путём последовательной селекции она сформирована таким образом, что производители разных пород созревают поочередно. Самки радужной форели

маточных стад нерестятся в следующей последовательности: августин (конец августа – октябрь), камлоопс (конец сентября – ноябрь), адлер (ноябрь – декабрь), форель Дональдсона (конец декабря – январь), стальноголовый лосось ранний (январь – февраль), стальноголовый лосось поздний (февраль – апрель). Таким образом, высокие температуры воды в августе – сентябре 2010 г. воздействовали на самок, находящихся, в зависимости от породной принадлежности, на разных стадиях гаметогенеза.

Определение стадий зрелости гонад проводили визуально по шкале О.Ф. Сакун и Н.А. Буцкой [1].

Для определения динамики нереста самок проверяли на зрелость два раза в неделю. Динамику нереста рассчитывали для каждой породы отдельно по доле отнерестившихся в ту или иную декаду самок.

Выход эмбрионов рассчитывали, как процентное отношение количества нормально развивающихся эмбрионов на стадии пигментации глаз к общему количеству заложенной на инкубацию икры.

Для сравнения использовали результаты наблюдений, полученных в 2010–2011 гг., и в сезоне 2009–2010 гг., благополучном по температурному режиму.

Установлено, что температурные условия содержания радужной форели в нерестовый сезон 2010–2011 гг. были крайне неблагоприятными. Так, до конца сентября 2010 г. среднесуточная температура воды в нерестовых прудах составляла 19,0–20,5 °С, что было на 6–7 °С выше оптимальных значений (рис. 1). Максимальный подъём её величин был зарегистрирован в третьей декаде сентября. Только с 4 октября началось похолодание, и через несколько дней температура воды в прудах опустилась до нормальных для радужной форели значений – ниже 16 °С.

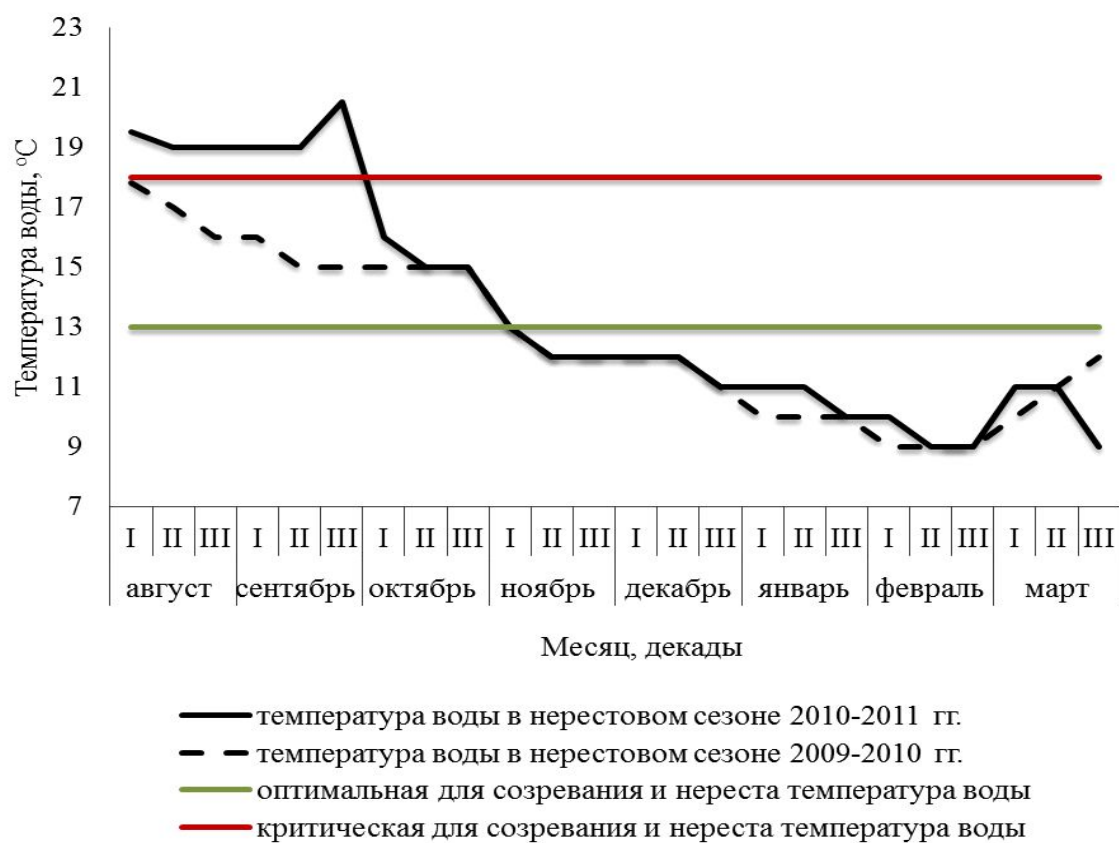


Рисунок 1 – Динамика температуры воды в бассейнах с производителями радужной форели в нерестовый сезон 2010–2011 гг.

Августин. Результаты проведённых исследований показали, что завершение созревания самок породы августин в 2010 г. проходило на фоне высоких температур воды (18–19 °С). Они были на 2–3 градуса выше в сравнении с аналогичным периодом 2009 г. В это время самки находились на IV–V и V стадиях зрелости гонад.

Динамика нереста самок форели этой породы на начальных этапах не отличалась от предыдущих лет с благоприятной температурой воды (рис. 2). Только после подъёма её значений в нерестовых прудах выше 20 °С (с 16 по 30 сентября 2010 г.), самки августа резко снизили интенсивность овуляции, но не прекратили её, о чём свидетельствует достаточно большое число рыб, отнерестившихся в этот период (рис. 2). В это время самки начали продуцировать асинхронно развитую икру, небольшая часть которой была визуальнo нормальной, часть перезревшей, а часть не овулировала и оставалась в ястыках.

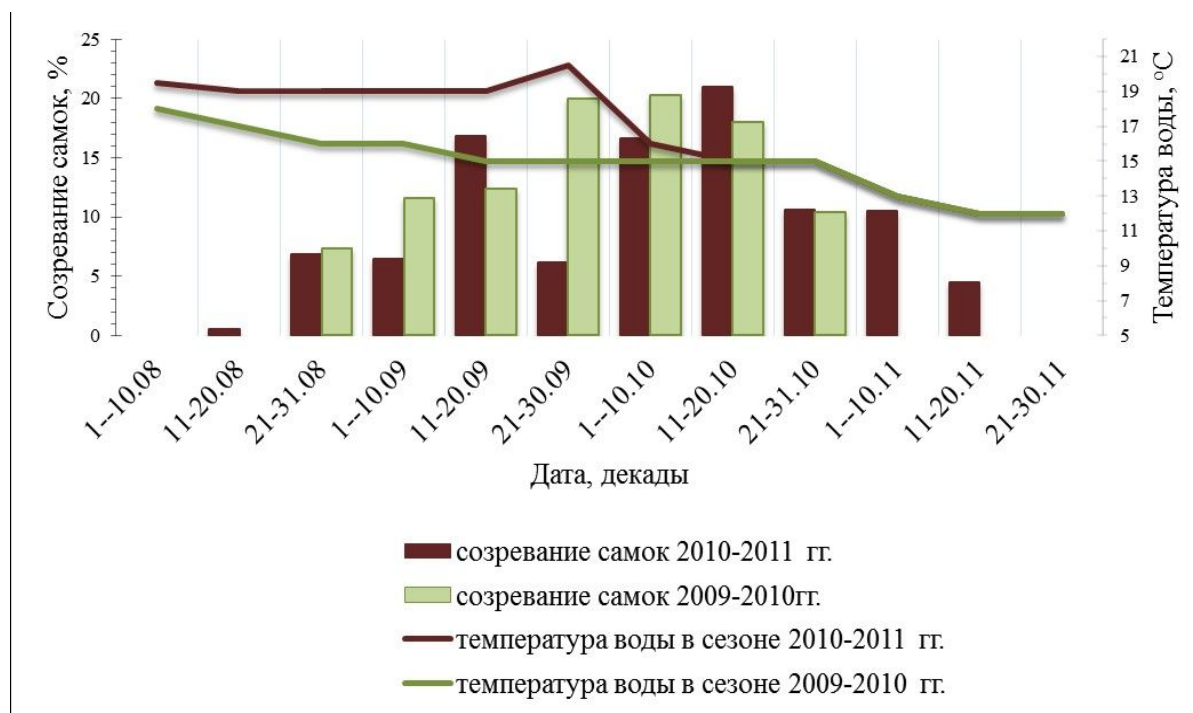


Рисунок 2 – Динамика нереста самок форели августин
и температурный режим воды в бассейнах

При вскрытии самок обнаружили начало резорбции части икры, остававшейся в ястыках. Оболочка этих икринок была блестящей и утолщенной, что свидетельствовало об их перезревании (рис. 3). Снижение температуры воды до 18 °С восстановило нормальное созревание и нерест самок августина (рис. 2).

Нерестовый сезон самок форели августин в 2010–2011 гг. условно можно разделить на два периода. Первый проходил на фоне повышенных температур воды, второй – на фоне их снижения до нормальных значений.



Рисунок 3 – Перезревание в ястыках икры радужной форели августин

В первом периоде температура воды в бассейнах превышала 19 °С. Икра у самок овулировала частично, а большая её часть была перезревшей. Во втором периоде температура в прудах постепенно снизилась с 16 до 12 °С. Самки начали продуцировать визуально нормально созревшую икру.

В среднем выход эмбрионов у августина составил 64 %. При этом результаты инкубации икры у самок, созревших в разные сроки нереста, существенно различались. Выход эмбрионов в первом периоде составлял в среднем 55 %, а во

втором был на 17 % выше (табл. 1).

По сравнению с благоприятным по температурам 2009–2010 гг, выход эмбрионов в нерестовом сезоне 2010–2011 гг. у этой породы в среднем был ниже на 8 %.

Камлоопс. На самок форели камлоопс высокие температуры воды воздействовали в период, когда их гонады должны были переходить из III в IV стадии зрелости. Однако вскрытие самок показало, что их созревание замедлялось: гонады оставались на III стадии зрелости. Переход к последним стадиям созревания продолжился только с похолоданием воды, когда её температура в прудах снизилась до 15–16 °С. По этой причине овуляции икры в нормальные для породы сроки не произошло.

Таблица 1 – Выход эмбрионов форели августин в нерестовый сезон
2010–2011 гг.

Показатель	Выход эмбрионов	
	I период (23 августа–16 сентября)	II период (4 октября–8 ноября)
Температура воды, °С	19,0–20,5	12,0–16,0
Выход эмбрионов, %	55±2,9 42–70	72±2,8 59–90

С понижением температуры воды начали регистрировать первых созревших самок с овулировавшей икрой. Анализ динамики нереста показал, что зрелые рыбы появились только с наступлением благоприятных нерестовых температур, т.е. на две декады позже относительно нормальных сроков нереста (рис. 4).

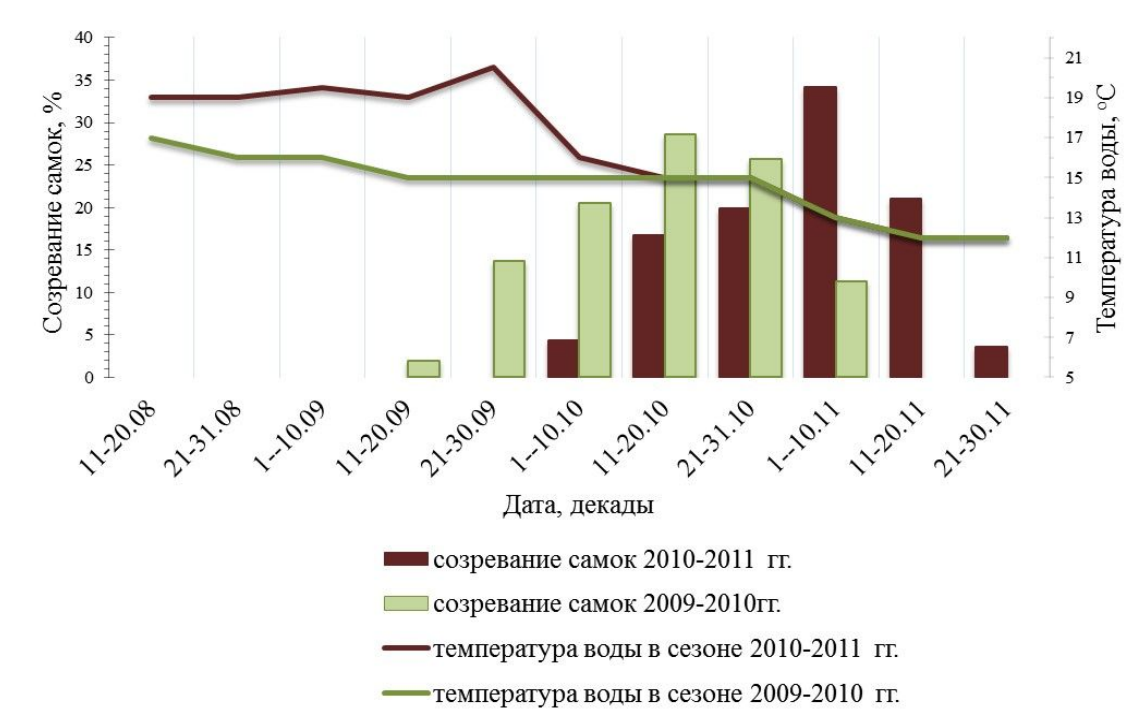


Рисунок 4 – Динамика нереста самок форели камлоопс
и температурный режим воды в бассейнах

Среди особей, созревших в самом начале нереста, также как и в случае с форелью августин, была обнаружена часть рыб с резорбированной икрой в ястыках. И хотя таких особей было намного меньше, чем у форели августин, асинхронность в развитии икры свидетельствовала о значительном негативном воздействии высоких температур воды, предшествующих созреванию, на самок форели камлоопс.

Результаты инкубации икры форели камлоопс представлены в табл. 2. В начале нерестового сезона 2010–2011 гг. выход эмбрионов форели этой породы был крайне низким. Так, в период с 11 до 21 октября он составлял в среднем 41 %, меняясь от 28 до 56 %. Начиная с 25 октября выход эмбрионов во всех случаях был не ниже 50 %, но не поднимался выше 67 %. Среднее значение данного показателя в рассматриваемый период также было невысоким – 58 %.

Таблица 2 – Выход эмбрионов форели камлоопс в нерестовый
сезон 2010–2011 гг.

Показатель	Выход эмбрионов
------------	-----------------

	11–21 октября	25 октября–8 ноября
Температура воды, °C	15,0	14,0
Выход эмбрионов, %	$\frac{41 \pm 3,7}{28-56}$	$\frac{58 \pm 1,5}{51-67}$

Высокая температура воды августа – сентября 2010 г. негативно отразилась на качестве потомства самок не только в начале, но и в середине нереста.

В сравнении с предыдущей породой было отмечено, что в то время как самки форели камлоопс при температуре воды выше 16 °C прекращали овулировать, у самок форели августин этот процесс продолжался. Данный факт можно объяснить тем, что форель августин, начиная с 2000 г., проходит селекцию на термоустойчивость. К 2010 году созрело уже третье поколение селекции этой породы по данному признаку.

Адлер. Форель адлер созревает после форели камлоопс. При нормальной температуре воды у основной части самок в августе – сентябре гонады находятся на III стадии зрелости, а в октябре переходят в IV. Лишь отдельные особи могут начинать переход от стадии III к стадии IV немного раньше.

В сезоне 2010–2011 гг., несмотря на неблагоприятные температурные условия, самки форели адлер не изменили динамики нереста (рис. 5).

Показатели выхода эмбрионов у форели этой породы в нерестовом сезоне 2010–2011 гг. были аналогичны предыдущему периоду (2009–2010 гг.) (табл. 3). Их величина составляла в среднем 85 % при колебаниях от 80 до 90 %.

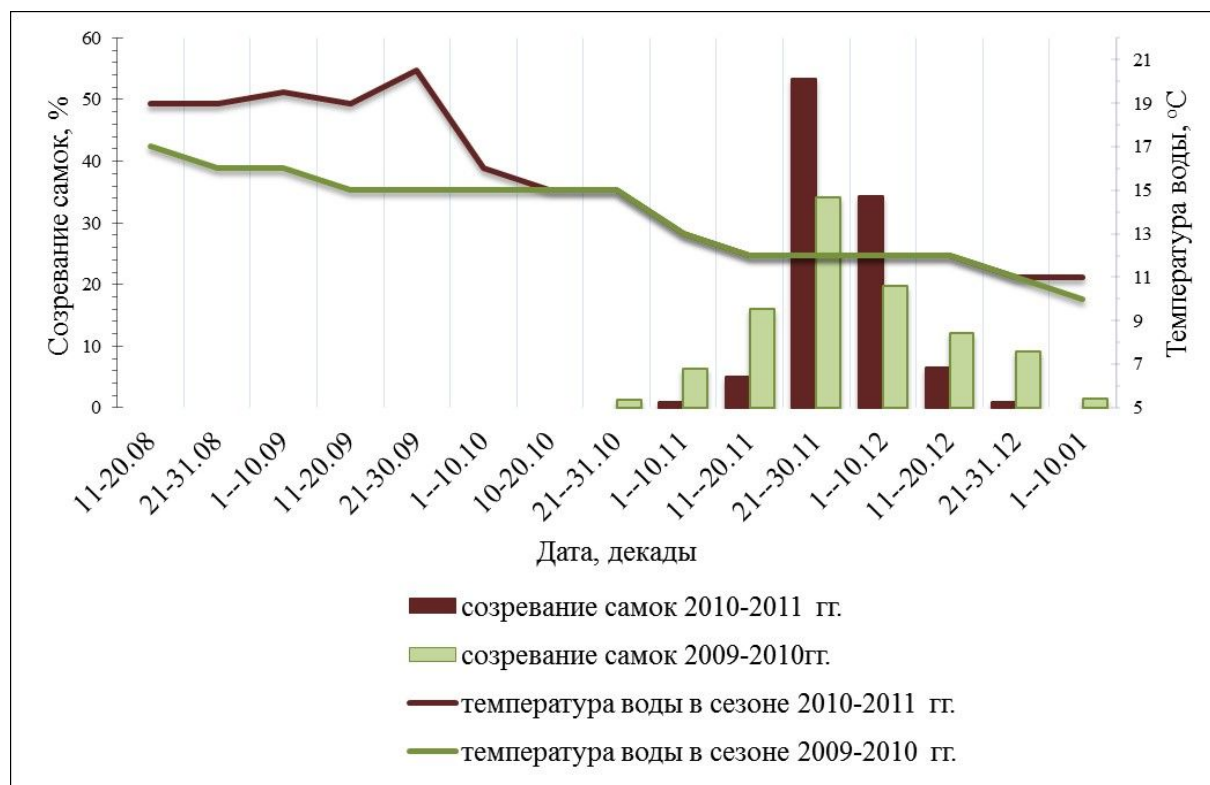


Рисунок 5 –Динамика нереста самок форели адлер
и температурный режим воды в бассейнах

Форель Дональдсона и стальноголовый лосось. Самки форели Дональдсона и стальноголового лосося в период высоких температур находились на III стадии зрелости гонад, за 1–2 месяца до начала их перехода к IV стадии зрелости. То есть высокие температуры воды не затронули критические периоды и завершающие этапы созревания.

Как в благоприятный сезон 2009–2010 гг., так и в нерестовый сезон 2010–2011 гг. форель Дональдсона и стальноголовый лосось не ухудшили своих характеристик ни по срокам нереста, ни по показателям качества икры (табл. 3).

Таблица 3 – Выход эмбрионов у разных пород радужной форели
в нерестовые сезоны 2009–2010 и 2010–2011 гг.

Порода	Нерестовый сезон			
	2009–2010 гг.		2010–2011 гг.	
	п, экз.	выход, %	п, экз.	выход, %

		$\bar{x} \pm m_x$	<i>lim</i>		$\bar{x} \pm m_x$	<i>lim</i>
Августин	25	78±2,5	46÷92	24	70±2,5	42÷90
Камлоопс	15	84±1,5	74÷94	14	55±2,3	35÷67
Адлер	19	83±1,0	75÷92	14	85±1,0	79÷90
Дональдсона	22	88±0,8	82÷90	10	88±1,3	83÷93
Стальноголовый лосось	25	90±0,5	84÷94	22	90±0,6	86÷95

Таким образом, результаты наших исследований показали следующее:

1. Степень неблагоприятного воздействия высокой температуры воды на репродуктивные характеристики самок зависела от стадии зрелости их гонад в период этого воздействия.

2. Температура воды выше 16 °С неблагоприятна для самок радужной форели, гонады которых находятся на завершающих стадиях развития (IV – V), и отражается как на их способности к созреванию, так и на качестве икры. Если температура воды превышала 19 °С, процесс овуляции прекращался, и икра перезревала в ястыках.

3. Самки, последние этапы гаметогенеза (IV и V стадии зрелости гонад) которых проходили на фоне высоких преднерестовых температур, отличались низким качеством икры. Воздействие высоких температур воды на самок, находящихся на III стадии зрелости гонад, не сказывалось отрицательно на их репродуктивных характеристиках.

4. Отмечен положительный эффект селекции форели на содержание при высоких преднерестовых температурах, проявившийся у форели августин в способности к овуляции при температуре выше 19 °С.

Список литературы:

1. Сакун О.Ф., Буцкая Н.А. Определение стадий зрелости и изучение половых циклов рыб. – Мурманск: Главрыбвод, 1968. – 47 с.

2. Billard R. Reproduction in rainbow trout: sex differentiation, dynamics of gametogenesis, biology and preservation of gametes // *Aquaculture*. – 1992. – Vol.100, №2. – P. 263–298.
3. Gillet C. Egg production in an Arctic charr (*Salvelinus alpinus* L.) brood stock: effect of temperature on the timing of spawning and the quality of eggs // *Aquatic Living Resources*. – 1991. – Vol.4. – P. 109–116.
4. Pankhurst N.W. King H.R. Temperature and salmon reproduction: implications for aquaculture // *Journal of Fish Biology*. – 2010. – Vol.76. – P. 69–85.
5. Pankhurst N.W., Purser G.J., Van Der Kraak G., Thomas P.M., Forteath G.N.R. Effect of holding temperature on ovulation, egg fertility, plasma levels of reproductive hormones and in vitro ovarian steroidogenesis in the rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* // *Aquaculture*. – 1996. – Vol.146. – P. 277–290.
6. Pankhurst N.W. Thomas P.M. Maintenance at elevated temperature delays the steroidogenic and ovulatory responsiveness of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* to luteinizing hormone releasing hormone analogue // *Aquaculture*. – 1998. – Vol.166. – P. 163–177.

References

1. Sakun O.F., Buckaja N.A. *Opređenje stadij zrelosti i izučenie polovih ciklov ryb*. – Murmansk: Glavrybvod, 1968. – 47 s.
2. Billard R. Reproduction in rainbow trout: sex differentiation, dynamics of gametogenesis, biology and preservation of gametes // *Aquaculture*. – 1992. – Vol.100, №2. – P. 263–298.
3. Gillet C. Egg production in an Arctic charr (*Salvelinus alpinus* L.) brood stock: effect of temperature on the timing of spawning and the quality of eggs // *Aquatic Living Resources*. – 1991. – Vol.4. – P. 109–116.
4. Pankhurst N.W. King H.R. Temperature and salmon reproduction: implications for aquaculture // *Journal of Fish Biology*. – 2010. – Vol.76. – P. 69–85.
5. Pankhurst N.W., Purser G.J., Van Der Kraak G., Thomas P.M., Forteath G.N.R. Effect of holding temperature on ovulation, egg fertility, plasma levels of reproductive hormones and in vitro ovarian steroidogenesis in the rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* // *Aquaculture*. – 1996. – Vol.146. – P. 277–290.
6. Pankhurst N.W. Thomas P.M. Maintenance at elevated temperature delays the steroidogenic and ovulatory responsiveness of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* to luteinizing hormone releasing hormone analogue // *Aquaculture*. – 1998. – Vol.166. – P. 163–177.