

4.2.6. Рыбное хозяйство, аквакультура и промышленное рыболовство (биологические науки)

doi:10.18286/1816-4501-2025-1-143-150

УДК 639.37

Оценка влияния абиотических факторов на созревание радужной форели *Oncorhynchus mykiss* в садках

А. Н. Беляев, аспирант кафедры «Зоотехния, рыбоводство, агрономия и землеустройство» Института биологии, экологии и агротехнологий

А. Ю. Волкова, кандидат биологических наук, доцент, заведующая кафедрой «Зоотехния, рыбоводство, агрономия и землеустройство» Института биологии, экологии и агротехнологий

Е. А. Ключкина, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Теории вероятностей и анализа данных» Института математики и информационных технологий

ФГБОУ ВО «Петрозаводский государственный университет»

185035, г. Петрозаводск, пр. Ленина, д. 33

Golubewat@mail.ru

Резюме. В представленной статье приведены результаты изучения репродуктивных показателей группы самок радужной форели (*Oncorhynchus mykiss*), состоящей из 100 особей, выращиваемых в садках в Ладожском озере. Целью исследований была оценка репродуктивных показателей самок радужной форели, выращиваемых в садках, и характеристика силы и достоверности влияния абиотических факторов среды на процессы созревания форели в икорно-товарном производстве. Для достижения поставленной цели применяли морфобиологический и дисперсионный анализы. Установили, что созревание рыб зависело от изменений факторов внешней среды, и это влияние имело свои особенности. В начале опытного периода (25 октября 2022 года) был отмечен высокий выход созревших рыб — 92%, а в последующие периоды при снижении всех параметров среды их количество сократилось до 70%, но при этом возросли значения индивидуальных репродуктивных показателей. Так, выход икры от самки составил $195,74 \pm 0,46$ г или 6,07% в начале и $407,47 \pm 19,38$ г или 14,11% в конце исследования, что обычно свидетельствует о близком нересте и переходе гонад к завершенной 4-5 стадии зрелости. Оценка достоверного влияния на процессы созревания самок форели абиотических факторов среды (растворенный кислород, длина светового дня и градусо-дни) показала, что сила влияния каждого из этих факторов на ГСИ составила чуть меньше 50%: 48, 48, 49 соответственно, что свидетельствует о значительном их влиянии при совместном воздействии. Таким образом, увеличение продолжительности выдерживания форели при совместном воздействии абиотических факторов и ее изъятие в более поздние сроки приводит к уменьшению репродуктивных показателей и перезреванию рыбы. В условиях Ладожского озера высокий выход зрелых рыб и оптимальные значения репродуктивных показателей установлены на этапе 3 в январе.

Ключевые слова: радужная форель, созревание, абиотические факторы, репродуктивные показатели, гонадосоматический индекс, дисперсионный анализ.

Для цитирования: Беляев А. Н., Волкова А. Ю., Ключкина Е. А. Оценка влияния абиотических факторов на созревание радужной форели *Oncorhynchus mykiss* в садках // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2025. №1 (69). С. 143-150. doi:10.18286/1816-4501-2025-1-143-150

Evaluation of the influence of abiotic factors on maturation of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* reared in cages

A. N. Belyaev, A. Yu. Volkova, E. A. Klyukina

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Petrozavodsk State University"

185035, Petrozavodsk, Lenin Ave., 33

Golubewat@mail.ru

Abstract. The article presents results of the study of reproductive parameters of a group of female rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), consisting of 100 individuals, reared in cages in Lake Ladoga. The aim of the research was to evaluate the reproductive parameters of female rainbow trout reared in cages and to characterize the strength and reliability of the influence of abiotic environmental factors on the maturation processes of trout in caviar production. To achieve the goal, morphobiological and dispersion analysis were used. It was found that fish maturation depended on changes in

environmental factors, and this influence had its own characteristics. A high yield of mature fish of 92% was noted at the beginning of the experimental period (October 25, 2022), and in subsequent periods, with a decrease in all environmental parameters, their number decreased to 70%, but the values of individual reproductive parameters increased. Thus, the yield of eggs from the female was 195.74 ± 0.46 g or 6.07% at the beginning and 407.47 ± 19.38 g or 14.11% at the end of the study, which usually indicates imminent spawning and the transition of the gonads to the completed 4-5 stage of maturity. The assessment of reliable influence of abiotic environmental factors (dissolved oxygen, day length and degree-days) on the maturation processes of female trout showed that the strength of the influence of each of these factors on the gonadosomatic index was slightly less than 50%: 48, 48, 49, respectively, which indicates their significant influence when combined. An increase in trout exposure to abiotic factors and its removal at a later date leads to a decrease in reproductive parameters and over-maturation of the fish. In the conditions of Lake Ladoga, a high yield of mature fish and optimal values of reproductive parameters were established at stage 3 in January.

Keywords: rainbow trout, maturation, abiotic factors, reproductive indicators, gonadosomatic index, dispersion analysis.

For citation: Belyaev A. N., Volkova A. Yu., Klyukina E. A. Evaluation of the influence of abiotic factors on maturation of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* reared in cages // Vestnik of Ulyanovsk state agricultural academy. 2025;1(69): 143-150 doi:10.18286/1816-4501-2025-1-143-150

Введение

Во всем мире потребность населения в качественной рыбной продукции продолжает расти. Аквакультура в качестве дополнительного резерва помогает решать проблему продовольственной безопасности. На Европейском Севере, в том числе в Республике Карелия, наиболее эффективным является индустриальное садковое выращивание рыбы, которое за непродолжительный срок дает возможность получать товарную продукцию хорошего качества. В Карелии основной объект товарного рыбоводства — радужная форель [1], при этом основой производства является получение не только рыбной, но и икорной продукции, что значительно повышает рентабельность производства продукции форелеводства за счет высокой ценности икры форели. В связи с этим, более значительный экономический эффект может быть получен при производстве максимального количества пищевой икры от рыб с достаточно большой средней массой, с сохранением высокого качества продукции перед забоем и реализацией.

С этой целью предприятия выращивают в основном однополую форель, а технология производства адаптирована для получения рыбы с высокой массой и максимально большим выходом икры. Так, установлено, что с увеличением живой массы ГСИ (гонадо-соматический индекс) у форели возрастает [2]. Также отмечено, что на величину ГСИ и другие репродуктивные показатели у лососевых влияет технология выращивания, в частности, наблюдается ухудшение показателей воспроизводства при содержании в замкнутых системах и увеличение — в проточных [3]. Однако, остается неисследованным вопрос об особенностях созревания форели в садках и влиянии различных факторов на изменения воспроизводственных показателей. Садковый метод выращивания характеризуется высокой степенью воздействия на рыбу факторов среды. Наиболее важные из них — температура воды, свет и содержание кислорода являются решающими при запуске физиологических процессов, сопровождающих рост и созревание рыб, в том числе самок форели [4]. Изучение влияния этих факторов позволит более

рационально подходить к вопросу своевременного забоя и потрошения рыбы и получать максимальное количество продукции с минимальными потерями. Также понимание особенностей созревания икры имеет большой экономический интерес, так как ее потери при изъятии рыбы ведут к прямым убыткам, созревшие ооциты имеют жесткую оболочку и уже не пригодны к переработке и производству пищевой икры.

Цель работы - оценить репродуктивные показатели самок радужной форели, выращиваемых в садках, и охарактеризовать силу и достоверность влияния абиотических факторов среды на процессы созревания форели в икорно-товарном производстве.

В задачи исследования входило оценить особенности созревания гонад у самок радужной форели в преднерестовом периоде и изучить зависимость величины гонадо-соматического индекса (ГСИ) от факторов среды: температурного режима, содержания кислорода в воде и длины светового дня.

Материалы и методы

Исследования проводились в период с 08 сентября 2022 г. по 01 февраля 2023 г. в рыбоводном хозяйстве ООО «Карельская Форель», расположенном в заливе Салменлахти Ладожского озера. Объектом исследования являлась партия радужной форели, завезенная в мае и июне 2021 г. и размещенная для выращивания в садках. Оценка репродуктивных показателей и особенностей созревания исследуемой группы рыб проводилась при достижении живой массы 2 кг и более осенью-зимой 2022-2023 г.

Радужная форель содержалась в садках с объемом сетной камеры 8600 м³, с диаметром корпуса 30 м и глубиной 12 м. Опытную партию рыб кормили полнорационным кормом по нормативам в соответствии с температурой воды и живой массы. По мере снижения температуры воды и сокращения длительности светового дня количество корма снижали в соответствии с нормативами. Температурный режим, содержание кислорода и гидрохимические показатели воды были в пределах оптимальных значений. Массовых заболеваний и отхода сверх нормы во время исследования не было.

Для решения поставленных задач морфобиологическому анализу подвергли 100 экземпляров рыб из выбранного садка, а именно по 25 случайным образом выловленных особей в следующие даты: 25.10.2022, 23.11.2022, 10.01.2023, 01.02.2023. В процессе исследования определяли индивидуальную живую массу и массу икры у каждой рыбы и оценивали их стадию зрелости и ГСИ (гонадо-соматический индекс), в том числе с зачаточными гонадами как процентное соотношение массы яичника (икры) к живой массе рыбы (%) [5] у 25 рыб в каждую дату исследования.

Наряду с индивидуальными репродуктивными показателями оценивали общее состояние готовности к забою всего поголовья. Для этого определяли общий выход икры в выборке (% от общей массы рыб), процент зрелых самок с 3...5 стадией зрелости гонад в выборке и среднее значение ГСИ только у рыб с 3...5 стадией созревания, исключая самок без развитых гонад. Во время исследования

оценивалось влияние абиотических факторов на процесс созревания форели в садке. Для этого ежедневно измерялась температура воды и рассчитывалась сумма тепла в градусо-днях за каждый период между контрольными вскрытиями, определялось содержание кислорода в воде, оценивалась длительность светового дня [6]. Для изучаемой группы рыб была поставлена задача поиска зависимости репродуктивных значений (ГСИ) от данных факторов, которая решалась с помощью дисперсионного анализа. Однофакторный и многофакторный анализы проводили в среде StatGraphics.

Результаты

С целью изучения особенностей созревания самок радужной форели оценены основные репродуктивные показатели и проанализированы изменения, происходившие в течение завершающего этапа выращивания перед забоем рыбы. В таблице 1 представлены результаты ежемесячных отловов и контрольных вскрытий.

Таблица 1. Результаты оценки репродуктивных показателей форели (вся выборка)

Показатель	Дата измерения			
	25.10.2022 n=25	23.11.2022 n=25	10.01.2023 n=25	01.02.2023 n=25
Живая масса, г	3102±116,6	3012±103,3	2931,6±122,2	2842±116,3
Выход зрелых самок, %	92,0	84,0	88,0	70,0
Выход икры, г	180,16±20,01	239,68±25,37	352,80±30,49	293,0±39,93
ГСИ, %	5,80±0,53	8,00±0,76	11,98±1,17	9,36±1,32
Выход икры: общий % от общей массы	5,81	7,96	8,34	10,31

Анализируя таблицу 1, заметим, что в начале исследования (в октябре 2022 года) выявлено большое количество зрелых самок с гонадами 3 и 4 стадии зрелости, а ГСИ и общий выход икры составляют 5,81 %. При оценке поголовья в ноябре отмечено некоторое снижение живой массы и количества созревших рыб до 84 %. При этом общий выход икры от группы и средний показатель ГСИ составили 7,96 % и 8 % соответственно. В следующий период отмечается увеличение всех показателей. Так, уже 88 % рыб имеют гонады с 4 стадией зрелости, а общий выход икры от группы и средний показатель

ГСИ составляют 8,34 % и 11,98 % соответственно. Некоторое увеличение общего выхода икры отмечается на последнем этапе исследования, однако количество зрелых рыб значительно уступает предыдущим периодам и составляет только 70%. ГСИ при последнем измерении составил 9,36 %, а все особи имели гонады в 4 стадии зрелости.

В таблице 2 представлены материалы по оценке только самок форели с признаками созревания (3-4 стадия зрелости), отобранных из общей выборки.

Таблица 2. Репродуктивные показатели зрелых самок форели

Показатель	Дата измерения			
	25.10.2022 n=23	23.11.2022 n=21	10.01.2023 n=22	01.02.2023 n=19
Живая масса, г	3111±83,26	3020,62±100,53	3302,7±125,64	2909±130,02
Выход икры, г	195,74±17,37	285,14±17,25	400,91±27,36	407,47±19,38
ГСИ, %	6,07±0,46	9,36±0,34	12,11±0,60	14,11±0,47
Корреляция между показателями 1 и 2;	+0,75*	+0,80*	+0,61**	+0,77*
1 и 3	+0,56**	+0,31	+0,06	-0,30

* - достоверно с уровнем значимости $P<0,001$; ** - достоверно с уровнем значимости $P<0,01$

Из таблицы 2 видно, что средняя масса рыб увеличивалась ежемесячно и достигла максимального значения — 3302 г в январе. Далее отмечено снижение массы до 2909 г. Важный показатель при забое рыбы — выход икры от самки был

минимальным в конце октября и составил на момент первого этапа оценки 195,74 г или 6,07 % (ГСИ). В дальнейшем наблюдается закономерное поступательное увеличение этих показателей. В конце исследования 1 февраля можно отметить

4.2.6. Рыбное хозяйство, аквакультура и промышленное рыболовство (биологические науки)

максимальное значение ГСИ — 14,11 %, что обычно свидетельствует о близком нересте и переходе гонад к завершённой 4...5 стадии зрелости. При этом стоит отметить высокую положительную корреляцию между живой массой самок и выходом икры на всех этапах: +0,75, +0,8, +0,61 и +0,77 ($P < 0,001$) соответственно и отсутствие зависимости ГСИ от массы рыб (за исключением 1 этапа исследования), что согласуется с результатами других исследований [2, 7, 8].

Важнейшими факторами абиотической среды, влияющими на все физиологические процессы и состояние рыб, являются температура воды и сумма тепла (количество градусо-дней), необходимые для

созревания гонад, содержание в воде растворённого кислорода и длительность светового дня. В сумме воздействие этих факторов обеспечивает необходимые для созревания рыб условия [9]. Причём влияние этих факторов на разные виды, породы рыб, а также на разные возрастные группы одного вида различно. С целью определения силы влияния абиотических факторов (табл. 3) на процесс созревания форели в садках и выявления оптимальных сроков забоя рыбы с максимально высокими показателями икорной продуктивности был проведён однофакторный анализ и оценено влияние факторов среды на значения ГСИ в разные периоды (осень-зима).

Таблица 3. Показатели абиотических факторов среды при содержании опытной группы форели в садках

№	Период	Сумма тепла*, градусо-дни	Средняя за период температура, °С	Длина светового дня, сек.	Уровень кисло- рода, мгО ₂ /л
1	01.10.2022.– 24.10.2022	<u>227,7</u> 2377,7	9,6	33192	7,8
2	25.10.2022 – 22.11.2022	<u>191,1</u> 2568,8	6,6	24045	10,2
3	23.11.2022 – 09.01.2023	<u>95,8</u> 2664,6	1,9	21885	12
4	10.01.2023 – 01.02.2023	<u>46,2</u> 2710,8	1,3	27989	12,5

* - над чертой - количество градусо-дней, накопленных за исследуемый этап; под чертой - количество градусо-дней, накопленное за предыдущий период и за текущий этап

К моменту исследования сумма накопленного тепла в опытной группе форели составила 2150 градусо-дней. Всего за весь период выращивания форели с учётом температур с 1 октября по 1 февраля было накоплено ещё 560,7 градусо-дней. Итого было затрачено 2710,8 градусо-дней, что является оптимальным для нормального оогенеза и созревания самок при использовании садкового метода выращивания в условиях переменного температурного режима [8, 9]. Из таблицы 3 видно, что в октябре было накоплено значительно больше тепла — 227,7 градусо-дней при средней температуре 9,6 °С, чем в последующие периоды. Это, вероятно, положительно повлияло на количество созревших рыб, попавших в контрольную группу (92 %, табл. 1), однако размеры гонад у данных самок были недостаточно большими, а ГСИ минимальным — 5,8 %. Далее ввиду наступления зимнего периода отмечается довольно резкое снижение значений всех параметров среды, сумма тепла во второй период сокращается до 191 градусо-дня, в третий — до 95,8 и составляет всего 46,2 градусо-дней в январе-феврале. Все репродуктивные показатели рыб при снижении температуры воды проявляют тенденцию к росту. Эта особенность является закономерной реакцией большинства осенне- и зимненерестующих рыб и отмечена многими исследователями [5, 11-12].

Наряду с температурным режимом проанализирована длина светового дня за исследованный период. Значения этого показателя соответствуют естественным изменениям фотопериода на территории Северного Приладожья и оказывают

положительное влияние на важнейшие физиологические процессы, в том числе и на особенности гаметогенеза у лососевых рыб. Так, ряд исследований подтверждают, что непрерывное освещение при выращивании лососевых способствует быстрому соматическому росту, но ухудшает репродуктивные показатели [11]. Следовательно, наиболее оптимальным для формирования гонад и увеличения икорной продуктивности форели стоит считать естественный световой режим. Анализ содержания кислорода в воде в исследуемые периоды показал невысокие значения в октябре (7,8 мгО₂/л), что является характерной особенностью газового режима водоемов в это время и обусловлено обычно повышением БПК₅ в осенний период при относительно высокой температуре воды. В дальнейшем отмечено увеличение содержания кислорода до 10...12 мгО₂/л, что является оптимальным значением для содержания лососевых рыб, и, следовательно, должно способствовать нормальному течению гаметогенеза. С целью оценки силы влияния всех перечисленных показателей проведён дисперсионный анализ и определена сила воздействия абиотических факторов на процесс созревания самок форели в опытной группе. Результаты представлены в таблице 4.

Изучение совместного влияния на признак (ГСИ) четырёх исследуемых факторов, а также всех возможных трёх и двух факторов из этих четырёх с помощью многомерного дисперсионного анализа не показало значимого влияния на ГСИ, поскольку в каждом случае один из факторов являлся линейной комбинацией других факторов.

Таблица 4. Оценка влияния на созревание форели содержания кислорода в воде, длительности светового дня и температурного режима водоема

Влияние на ГСИ: содержания кислорода в воде; длины светового дня					
Источник вариации	Суммы квадратов	Число степеней свободы	Дисперсия	Критерий Фишера (F-Ratio)	Значимость различий дисперсии (P-Value)
Между группами	1409,6	3	469,867	28,97	0,0000
Внутри групп	1557,12	96	16,22		
Итого	2966,72	99			
Влияние на ГСИ суммы накопленного тепла (градусо-дни)					
Между группами	1455,7	3	485,233	30,83	0,0000
Внутри групп	1511,03	96	15,7398		
Итого	2966,72	99			
Влияние на ГСИ температуры воды					
Между группами	134,374	2	67,1872	2,3	0,1056
Внутри групп	2832,35	97	29,1995		
Итого	2966,72	99			

Однако, применение однофакторного дисперсионного анализа дало следующие результаты. Во-первых, выявлено значимое влияние на ГСИ: содержания кислорода в воде, длины светового дня, градусо-дней; во-вторых, влияние на ГСИ температуры воды (в день забора рыб) незначимо. Во всех расчетах доверительная вероятность равна 95%, то есть уровень значимости $\alpha=0,05$. В таблице дисперсионного анализа (табл. 4) по каждой из трех выявленных достоверных зависимостей представлены составляющие дисперсии: между группами — факториальная дисперсия, обусловленная влиянием изучаемого фактора, внутри групп — случайная дисперсия, показывающая меру влияния не учтенных в исследовании факторов, итого — общая дисперсия, определенная воздействием всех факторов. Заметим, что для первых двух факторов получили одинаковые расчеты. Поскольку для фактора

«температура воды» P-Value=0,1056 больше уровня значимости $\alpha=0,05$, то отличие факториальной и случайной дисперсий незначимо. Для остальных трех факторов P-Value меньше 0,05, следовательно, отличие факториальной и случайной дисперсий значимо.

Также рассчитана сила влияния на ГСИ самок форели изучаемого фактора (отношение факториальной дисперсии к общей дисперсии) и сила влияния случайных факторов (отношение случайной дисперсии к общей) для содержания кислорода в воде (аналогично для длины светового дня) и градусо-дней соответственно: $1409,6/2966,72=0,48$ (48 %), $1557,12/2966,72=0,52$ (52 %); $1455,7/2966,72=0,49$ (49 %), $1511,03/2966,72=0,51$ (51 %).

На рисунке 1 представлены графики средних и 95% доверительные интервалы зависимости ГСИ от различных параметров среды.

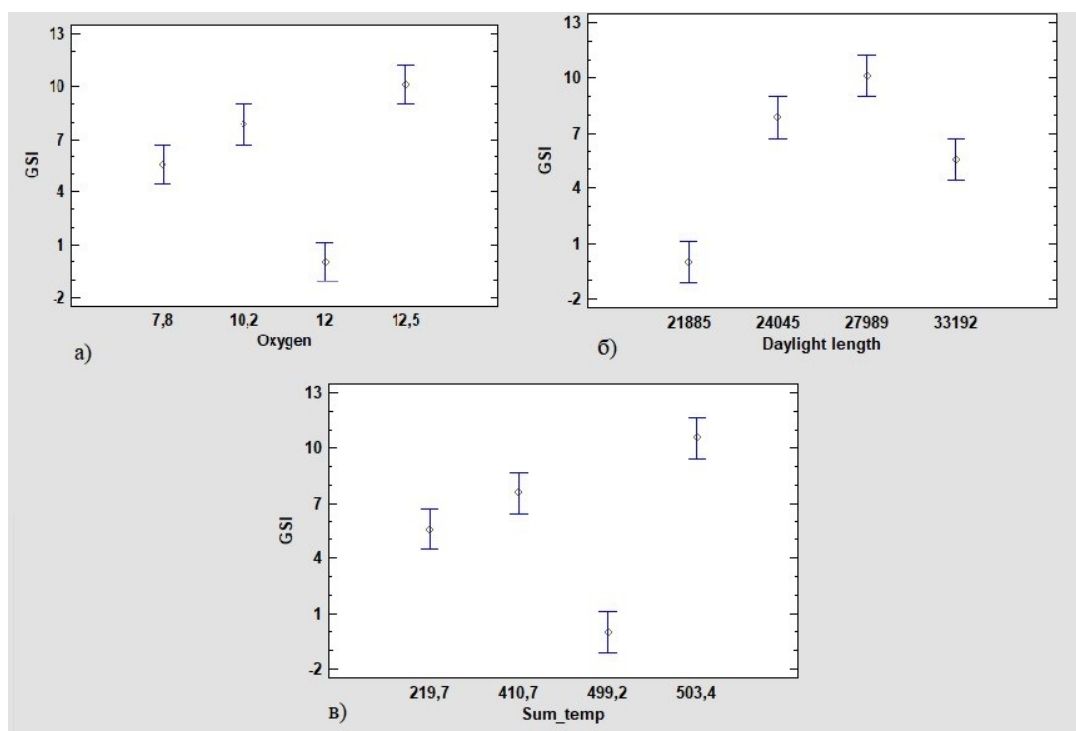


Рис. 1. Средние и 95% доверительные интервалы зависимости ГСИ (GSI) от: а) кислорода (Oxygen), б) длины светового дня (Daylight length), в) градусо-дней (Sum_temp).

Обсуждение

Как известно, важнейшим показателем для забоя рыбы в икорно-товарном направлении форелеводства является появление максимального количества самок с гонадами 3...4 стадии зрелости. В задачи эффективной работы во время забоя и потрошения рыбы входит снизить до минимума потери при производстве пищевой икры. В частности, необходимо избегать появления самок с «текучей» икрой (5 стадия зрелости гонад), это будет способствовать высокому качеству продукции, оптимальному размеру икринок и хорошим технологическим показателям сырья для дальнейшей переработки. Перезревание рыб, напротив, оказывает негативное влияние на качество икры и рыбы, снижая их технологические показатели, а также ведет к потерям во время подъема рыбы из садков и забоя. В результате исследований репродуктивных показателей в опытной группе форели в динамике определено, что максимальные значения ГСИ и общего выхода икры были получены при контрольном вскрытии в январе. В периоды с октября по январь отмечен высокий выход самок с признаками созревания: 92% (25.10.2022), 84% (23.11.2022), 88% (10.01.2023). Несмотря на некоторое увеличение выхода икры в конце исследования (в феврале), стоит предположить, что количество перезревших рыб на этом этапе может значительно снижать эффективность забоя.

По состоянию репродуктивных показателей всех созревших самок форели можно определить оптимальные сроки забоя всего стада. Несмотря на прямолинейную тенденцию к увеличению всех значений, стоит определять максимально эффективный период для забоя по показателю ГСИ и массе гонад. Так, максимально высокий выход икры отмечен в феврале — средняя масса ястыка составляет $407,5 \pm 19,3$ г, а ГСИ — $14,11 \pm 0,47$ %, что свидетельствует о состоянии гонад, близких к 5 стадии зрелости и близком нересте. Такое состояние поголовья дает при забое икру низкого качества, непригодную к переработке, и филе с высоким содержанием влаги, что характерно для лососевых рыб в нерестовом состоянии [13]. Таким образом, наиболее эффективным для забоя рыбы можно считать период, предшествующий максимальным значениям ГСИ. Сопоставляя эти результаты с оценкой из таблицы 1, отметим, что высокий выход зрелых рыб и

оптимальные значения репродуктивных показателей были на этапе 3 (10 января). Полученные результаты подтверждаются в других исследованиях, описывающих повышение скорости созревания лососевых рыб, в частности радужной форели, и улучшения репродуктивных показателей при сочетании благоприятных абиотических факторов среды [3].

Полученные результаты по оценке достоверного влияния на процессы созревания самок форели таких абиотических факторов, как содержание кислорода в воде, длина светового дня и градусо-дни, показали, что сила влияния каждого из этих факторов на ГСИ составляет чуть меньше 50 %: 48, 48, 49 соответственно, что свидетельствует о значительном их влиянии при совместном воздействии. Это согласуется с результатами работ по выращиванию радужной форели [14] и других лососевых [15, 16, 17], описанных ранее. Отметим, что знание механизмов влияния факторов окружающей среды на выращиваемых рыб помогает создавать для них условия содержания с достаточно низким уровнем стресса [18, 19, 20]. Значения факторов среды, отмеченные в исследовании и характерные для естественных водоемов Северных регионов, способствуют оптимальным условиям, необходимым для созревания форели. Однако своевременное определение состояния репродуктивных показателей рыб позволит более эффективно вести работу и планировать сроки изъятия товарной рыбы из садков.

Заключение

Созревание самок форели зависело от изменений факторов внешней среды и влияния этих факторов при содержании форели в садках, в естественных водоемах имело свои особенности. Так, в начале опытного периода отметили высокий выход созревших рыб — 92 %, а к последнему периоду при снижении всех значений среды количество созревших рыб уменьшилось на 22 % и составило 70 %, но при этом увеличились значения общего выхода икры от группы на 4,5 %, и увеличился выход икры при переработке на 112,84 г. Отмечено, что наиболее высокий выход зрелых рыб и оптимальные значения репродуктивных показателей были на этапе 3 в январе. Увеличение продолжительности выдерживания форели и изъятие рыбы в более поздние сроки ведет к снижению всех значений и перезреванию рыбы, что снижает эффективность производства.

Литература

1. Milyanchuk N., Kuchko Ya., Ilmast N. The impact of fish farming on the Tarasmozero Lake ecosystem, Onega Lake basin // BIO Web of Conferences. 2024. Vol. 118. P. 02002. doi:10.1051/bioconf/202411802002
2. Agleev I. N., Bushov A. V., Isaev Yu. M. Selection of Rainbow Trout Female Studs According to the Genetic Correlation and a Degree of Maturity of their Gonads with Morphometric Signs // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2018. Vol. 9. No. 6. P. 1-8.

3. Characterisation of Fatty Acid Profiles in Tasmanian Atlantic Salmon Muscle, Oocytes and Eggs in Differing Fully Commercial Settings / F. Svendsgaard, X. Zhan, L. Adams, et.al. // *Aquaculture, Fish and Fisheries*. 2024. Vol. 4(5). doi:10.1002/aff2.70008
4. Шульгина Н. С., Чурова М. В., Немова Н. Н. Влияние фотопериода на рост и развитие лососевых Salmonidae северных широт // *Журнал общей биологии*. 2021. Т. 82. № 1. С. 68-80 doi: 10.31857/S0044459621010073
5. Zelennikov O. V., Golod V. M. Gametogenesis of Rainbow Trout *Parasalmo mykiss* Cultivated from Hatching to Sexual Maturity at a Temperature of Approximately 20°C // *Journal of Ichthyology*. 2019. Vol. 59. No. 1. P. 78-89. doi: 10.1134/S0032945219010181
6. Whattime.is. 2023. URL: <https://whattime.is/ru/time-in> (дата обращения: 10.10.2024).
7. Shcherbakov Yu. S., Tyshchenko V. I. Biometric indicators of growth and development of the Rainbow Trout and their relation to its reproductive qualities // *International Research Journal*. 2021. No. 10 (112). doi: 10.23670/IRJ.2021.112.10.011
8. Genetic architecture and genomic selection of female reproduction traits in rainbow trout / J. D'Ambrosio, R. Morvezen, et al. // *BMC Genomics*. 2020. Vol. 21. P. 558. doi: 10.1186/s12864-020-06955-7
9. Effects of temperature and photoperiod on growth, physiological, and behavioral performance in steelhead trout (*Oncorhynchus mykiss*) under indoor aquaculture condition / Z. Ma, J. Zhang, X. Zhang, et al. // *Front. Mar. Sci*. 2023. Vol. 10. P. 1114662. doi: 10.3389/fmars.2023.1114662
10. Twice-annually spawning of rainbow trout females in recirculation systems / A. Zinchenko, D. Tashbaev, V. Nikandrov, et al. // *Problems of Fisheries*. 2022.09.30. Vol. 23. P. 146-152. doi: 10.36038/0234-2774-2022-23-3-146-152
11. Немова Н. Н., Провоторов Д. С., Мурзина С. А. Взаимосвязь некоторых показателей метаболизма липидов и световых режимов у карповых и лососевых рыб в аквакультуре // *Труды ВНИРО*. 2024. Т. 197. С. 60-78. doi: 10.36038/2307-3497-2024-197-60-78
12. Constant High Temperature Promotes Early Changes in Testis Development Associated with Sexual Maturation in Male Atlantic Salmon (*Salmo salar* L.) Post-Smolts / E. Pino Martinez, M.F. Braanaas, P. Balseiro, et al. // *Fishes*. 2022. Vol. 7. P. 341. doi: 10.3390/fishes7060341
13. Чупикова Е. С., Саяпина Т. А., Якуш Е. В. Особенности разработки нормообразующих показателей верификации уловов тихоокеанских лососей // *Рыбное хозяйство*. 2023. № 1. С. 38-43. doi: 10.37663/0131-6184-2023-1-38-43
14. Effects of temperature and photoperiod on growth, physiological, and behavioral performance in steelhead trout (*Oncorhynchus mykiss*) under indoor aquaculture condition / Дж. Ге, М. Хуан, et. al. // *J. Comp. Physiol. B*. 2021. Vol. 191(2). P. 313–325. doi: 10.1007/s00360-020-01330-0
15. Экспрессия генов, специфичных для мышц, и активность метаболических ферментов у мальков атлантического лосося *Salmo salar* L., выращенных при различных режимах фотопериода. / М. В. Чурова, Н. С. Шульгина, А. Е. Курицын и др. // *Comp Biochem Physiol B Biochem Mol Biol*. 2020. Vol. 239. P. 110330. doi: 10.1016/j.cbpb.2019.110330
16. Effects of a temperature rise on melatonin and thyroid hormones during smoltification of Atlantic salmon, *Salmo salar* / L. G. Nisembaum, P. Martin, M. Fuentes, et al. // *J. Comp. Physiol. B*. 2020. Vol. 190(6). P. 731–748. doi: 10.1007/s00360-020-01304-2
17. Impact of temperature shift on gill physiology during smoltification of Atlantic salmon smolts (*Salmo salar* L.) / B. Bernard, I. Leguen, S. N. M. Mandiki, et. al. // *Com. Biochem. Phys. A*. 2020. Vol. 244. P. 110685. doi: 10.1016/j.cbpa.2020.110685
18. Hvas M. Fish welfare in offshore salmon aquaculture / M. Hvas, O. Folkedal, F. Oppedal // *Rev. Aquacult*. 2021. Vol. 13(2). P. 836–852. doi: 10.1111/raq.12501
19. Macaulay G. Challenges and benefits of applying fish behaviour to improve production and welfare in industrial aquaculture / S. Bui, F. Oppedal, T. Dempster // *Rev. Aquacult*. 2021. Vol. 13(2). P. 934–948. doi: 10.1111/raq.12505
20. Growth performance, physiological, and feeding behavior effect of *Dicentrarchus labrax* under different culture scales / Z. Ma, H. X. Li, Y. Hu, et al. // *Aquaculture*. 2020. Vol. 534(3). P. 736291. doi: 10.1016/j.aquaculture.2020.736291

References

1. Milyanchuk N. The impact of fish farming on the Tarasmozero Lake ecosystem, Onega Lake basin / N. Milyanchuk, Ya. Kuchko, N. Ilmast // *BIO Web of Conferences*. 2024. Vol. 118. P. 02002. doi:10.1051/bioconf/202411802002
2. Agleev I. N., Bushov A. V., Isaev Yu. M. Selection of Rainbow Trout Female Studs According to the Genetic Correlation and a Degree of Maturity of their Gonads with Morphometric Signs // *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. 2018.Vol. 9. No. 6. P. 1-8.
3. Characterisation of Fatty Acid Profiles in Tasmanian Atlantic Salmon Muscle, Oocytes and Eggs in Differing Fully Commercial Settings / F. Svendsgaard, X. Zhan, L. Adams, et al. // *Aquaculture, Fish and Fisheries*. 2024. Vol. 4(5). doi:10.1002/aff2.70008

4. Shulgina N. S., Churova M. V., Nemova N. N. Effect of photoperiod on growth and development of salmon *Salmonidae* of northern latitudes // *Journal of General Biology*. 2021. Т. 82. No. 1. P. 68-80 doi: 10.31857/S0044459621010073
5. Zelennikov O. V., Golod V. M. Gametogenesis of Rainbow Trout *Parasalmo mykiss* Cultivated from Hatching to Sexual Maturity at a Temperature of Approximately 20°C // *Journal of Ichthyology*. 2019. Vol. 59. No. 1. P. 78-89. doi: 10.1134/S0032945219010181
6. Whattime.is. 2023. URL: <https://whattime.is/ru/time-in> (дата обращения: 10.10.2024).
7. Shcherbakov Yu. S., Tyshchenko V. I. Biometric indicators of growth and development of the Rainbow Trout and their relation to its reproductive qualities // *International Research Journal*. 2021. No. 10 (112). doi: 10.23670/IRJ.2021.112.10.011
8. Genetic architecture and genomic selection of female reproduction traits in rainbow trout / J. D'Ambrosio, R. Morvezen, et. al. // *BMC Genomics*. 2020. Vol. 21. P. 558. doi: 10.1186/s12864-020-06955-7
9. Effects of temperature and photoperiod on growth, physiological, and behavioral performance in steelhead trout (*Oncorhynchus mykiss*) under indoor aquaculture condition / Z. Ma, J. Zhang, X. Zhang, et. al. // *Front. Mar. Sci*. 2023. Vol. 10. P. 1114662. doi: 10.3389/fmars.2023.1114662
10. Twice-annually spawning of rainbow trout females in recirculation systems / A. Zinchenko, D. Tashbaev, V. Nikandrov, et al. // *Problems of Fisheries*. 2022.09.30. Vol. 23. P. 146-152. doi: 10.36038/0234-2774-2022-23-3-146-152
11. Nemova N. N., Provotorov D. S., Murzina S. A. Relation between some parameters of lipid metabolism and light regimes in carp and salmon fishes in aquaculture // *Proceedings of All-Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography*. 2024. Vol. 197. P. 60-78. doi: 10.36038/2307-3497-2024-197-60-78
12. Constant High Temperature Promotes Early Changes in Testis Development Associated with Sexual Maturation in Male Atlantic Salmon (*Salmo salar* L.) Post-Smolts / E. Pino Martinez, M.F. Braanaas, P. Balseiro, et. al. // *Fishes*. 2022. Vol. 7. P. 341. doi: 10.3390/fishes7060341
13. Chupikova E. S., Sayapina T. A., Yakush E. V. Features of the development of standard-setting parameters for verification of Pacific salmon catches / E. S. Chupikova, // *Fisheries*. 2023. No. 1. P. 38-43. doi: 10.37663/0131-6184-2023-1-38-43
14. Effects of temperature and photoperiod on growth, physiological, and behavioral performance in steelhead trout (*Oncorhynchus mykiss*) under indoor aquaculture condition / Дж. Ге, М. Хуан, et. al. // *J. Comp. Physiol. B*. 2021. Vol. 191(2). P. 313–325. doi: 10.1007/s00360-020-01330-0
15. Macaulay G., Oppedal F., Dempster T. Challenges and benefits of applying fish behavior to improve production and welfare in industrial aquaculture / S. Bui, // *Rev. Aquacult*. 2021. Vol. 13(2). P. 934–948. doi: 10.1111/raq.12505
16. Effects of a temperature rise on melatonin and thyroid hormones during smoltification of Atlantic salmon, *Salmo salar* / L. G. Nisembaum, P. Martin, M. Fuentes, et. al. // *J. Comp. Physiol. B*. 2020. Vol. 190(6). P. 731–748. doi: 10.1007/s00360-020-01304-2
17. Impact of temperature shift on gill physiology during smoltification of Atlantic salmon smolts (*Salmo salar* L.) / B. Bernard, I. Leguen, S. N. M. Mandiki, et. al. // *Com. Biochem. Phys. A*. 2020. Vol. 244. P. 110685. doi: 10.1016/j.cbpa.2020.110685
18. Hvas M. Fish welfare in offshore salmon aquaculture / M. Hvas, O. Folkedal, F. Oppedal // *Rev. Aquacult*. 2021. Vol. 13(2). P. 836–852. doi: 10.1111/raq.12501
19. Macaulay G. Challenges and benefits of applying fish behaviour to improve production and welfare in industrial aquaculture / S. Bui, F. Oppedal, T. Dempster // *Rev. Aquacult*. 2021. Vol. 13(2). P. 934–948. doi: 10.1111/raq.12505
20. Growth performance, physiological, and feeding behavior effect of *Dicentrarchus labrax* under different culture scales / Z. Ma, H. X. Li, Y. Hu, et. al. // *Aquaculture*. 2020. Vol. 534(3). P. 736291. doi: 10.1016/j.aquaculture.2020.736291