

УДК 574.2

БИОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УСТРОЙСТВА ТЕМПЕРАТУРНОЙ КОМПЕНСАЦИИ В САДКОВОМ ФОРЕЛЕВОДСТВЕ

И. М. Дзюбук, А. Е. Курицын, С. А. Ефремов, Т. А. Макарова

Петрозаводский государственный университет

Приведены результаты исследования биологической эффективности использования Устройства температурной компенсации (УТК) в садках при выращивании молоди радужной форели (2-летки) в условиях повышенных температур воды в Ладожском озере. Исследование проводили в летний период в двух садках объемом 125 м³, в которых содержалась форель средней навески 225 г. Выявлено, что при повышенных температурах 20,0–22,7 °С верхних слоев воды и содержании в них кислорода 9,6–9,9 мг/л молодь форели, выращиваемая в садке без УТК, сосредотачивалась на глубине 5 м при температуре воды 15,0–18,0 °С и содержании кислорода 6,0–7,0 мг/л. Рыба двигалась по кругу, не реагировала на приближение рыбоводов. В садке, оборудованном УТК, молодь форели находилась в зоне оптимальных температур (12,7–14,0 °С) и невысокого содержания кислорода 5,9–6,6 мг/л. Выживаемость молоди форели составила в садке с УТК 93,8 %, а в садке без устройства – 54,9 %. К концу исследований в среднем масса рыбы в садке с УТК составляла 455 г, в контрольном садке – 320 г. Показана целесообразность использования технологий, позволяющих уменьшить температуру воды и увеличить концентрацию кислорода в воде до оптимальных значений при выращивании молоди форели в садках с УТК. Доказана биологическая эффективность использования УТК при выращивании молоди радужной форели в садках в условиях повышенных температур воды.

Ключевые слова: радужная форель; молодь; садок; Ладожское озеро; температура воды; содержание кислорода в воде; выживаемость.

I. M. Dzyubuk, A. E. Kuritsyn, S. A. Efremov, T. A. Makarova. BIOLOGICAL EFFICIENCY OF THE DEVICE FOR TEMPERATURE COMPENSATION IN CAGE TROUT FARMING

The results of a study of the biological effect of a «device for temperature compensation» (DTC) in cages used for rearing juvenile rainbow trout (2 yrs) in high temperature water in Lake Ladoga are reported. Two 125 m³ experimental cages with trout (*Parasalmo (Oncorhynchus) mykiss* Walbaum) weighing on average 225 grams were prepared for the summer study. We found that when the water temperature at the surface was as high as 20.0–22.7 °C and pure oxygen saturation there was 9.6–9.9 mg/l, juvenile trout in the cage without DTC stayed at a 5 m depth, where the temperature was 15.0–18.0 °C and oxygen saturation was 6–7 mg/l. The fish swam in circles and did not respond to the arrival of farmers. In the cage equipped with DTC trout was found throughout the water column, because the temperature (12.7–14.0 °C) was optimal and oxygen concentration (5.9–6.6 mg/l) was relatively low. The survival rates were 93.8 % and 54.9 %, respectively.

By the end of the experiment (day 90), the average body weight of the fish in cage with DTC was 455 g versus 320 g in the cage without DTC. The difference in the growth performance and survival rate illustrated the expediency of using this technology to reduce water temperature and raise the concentration of oxygen in the water to the values optimal for cage rearing of trout. The results of the study prove that DTC can be used in fish farms.

Key words: rainbow trout; juveniles; cage; Lake Ladoga; water temperature; oxygen saturation; survival rate.

Введение

В настоящее время одним из наиболее благоприятных регионов России для развития индустриального садкового рыбоводства является Республика Карелия. На внутренних водоемах республики в садках выращивается порядка 23 тыс. тонн рыбной продукции, что составляет 2/3 общего объема рыбы, выращиваемой в садковых хозяйствах России.

Интенсивное развитие садкового форелеводства на водоемах республики идет двумя основными путями: увеличение количества форелевых хозяйств и наращивание объемов товарной продукции в функционирующих хозяйствах. Для этого есть все необходимые условия, одним из которых является наличие большого количества глубоководных водоемов с водой высокого качества. Основными озерами, задействованными в садковом рыбоводстве, являются Онежское и Ладожское, где выращивается свыше 40 % рыбной продукции.

Однако, даже имея максимально благоприятные природные условия для развития садкового форелеводства, необходимо совершенствовать технологический процесс выращивания, что будет способствовать сохранению выживаемости рыб на высоком уровне и увеличению объемов рыбного производства. При осуществлении технологии выращивания рыб в садках важным является сохранение температурного и кислородного режима в оптимальной зоне при изменении естественных условий содержания (резкие колебания температур и содержания кислорода в воде в течение суток, в разные сезоны и др.).

С 2010 по 2014 год перед форелеводами Северо-Западного федерального округа возникла проблема критического подъема температуры воды в летний период (до 25,0 °С, длительностью в среднем 20–35 дней) и стремительного понижения ее осенью. Это привело к увеличению отхода и, соответственно, снижению объемов производства (в Республике Коми, во Владимирской, Новгородской, Псковской, Тверской и Вологодской областях).

В связи с этим было разработано «Устройство оптимизации водной среды для садков», которое должно сохранять температуру воды в садке в оптимальном для форели диапазоне в периоды критических изменений (и таким образом, повышенной летней) температуры воды в водоеме [Ефремов и др., 2014]. Применение такого устройства в садковом хозяйстве может способствовать сохранению высокой выживаемости форели и обеспечивать максимально возможный прирост ее при садковом выращивании в нестабильных условиях окружающей среды.

Целью работы было исследование биологической эффективности использования УТК в садках при выращивании молоди радужной форели в условиях повышенных температур воды.

Материалы и методы

Исследования проводились в полносистемном форелевом хозяйстве, расположенном на Ладожском озере в районе деревни Лумиваара, с июня по август 2014 года.

Объектом исследования были двухлетние самки радужной форели (*Parasalmo (Oncorhynchus) mykiss* Walbaum). Для проведения исследований рыбы в количестве по 2,5 тыс. шт. содержались в двух садках объемом 125 м³, которые располагались на равном удалении от берега и на одинаковой глубине. Один из садков был оборудован УТК с системой автоматизированного контроля температуры. Контроллер был настроен в таких пределах, чтобы температура воды в садке поддерживалась на уровне от 12,0 до 15,0 °С, с погрешностью ±0,5 °С.

Навеска молоди рыб в среднем была 225 г. До начала эксперимента рыбу не кормили в течение 5 дней, затем в ходе исследований для кормления рыб в обоих садках использовали корма марки BioMar. Кормление молоди форели в обоих садках проводили согласно рекомендациям фирмы-производителя кормов. Расчет дневной нормы кормления выполняли в зависимости от температуры воды. Масса рыбы определялась при помощи лабораторных

весов ВК-1500. При изучении линейных характеристик был использован электронный штангенциркуль марки Stainless Hardened.

В конце июня (с 20 по 26), когда температура воды достигла максимальных значений (20,0–22,7 °С), исследовали распределение и поведение рыб в двух садках (с УТК и без него) при помощи видеокамеры. В этот период проводили измерение температуры воды и содержания растворенного в воде кислорода при помощи термо-оксиметра *Oxuguard* внутри каждого садка на глубинах 1, 4 и 6 м. Было рассчитано потребление кислорода форелью в условиях повышения температуры воды при использовании УТК. На протяжении летнего периода ежемесячно оценивали выживаемость рыб в опытном и контрольном садках.

Результаты и обсуждение

Радужная форель хорошо переносит суточный перепад температур до +5,0 °С, но на каждом этапе развития предпочитает определенную температуру водной среды. Оптимальный диапазон летних температур для наилучшего роста радужной форели в садках составляет 14,0–18,0 °С, что характерно для водоемов Карелии [Рыжков, Кучко, 2008; Рыжков и др., 2014]. В Мурманской и Архангельской областях температура воды в этот период несколько ниже, что не позволяет максимально использовать потенциал роста форели. В Ленинградской области и в более южных регионах, Псковской, Новгородской и Тверской областях, температура воды летом может достигать предельного для форели уровня 22,0–24,0 °С [Рекордная жара..., 2010; Веселов, 2014].

Однако и в Карелии стали отмечаться аномально теплые погодные условия, при этом в летние месяцы наблюдался прогрев воды

озер выше 20,0 °С. Так, в июне 2014 года в Ладожском озере в районе исследований температура верхних слоев воды изменялась в пределах 14,0–22,7 °С. В начале месяца температура воды была 14,0–15,0 °С, во второй декаде выросла до 17,0–18,0 °С и к концу июня достигла максимальных значений 20,0–22,7 °С.

Изменения температуры в садке, оснащенном УТК, и в контрольном садке без устройства отмечены на рисунке 1. Температура поверхностных слоев воды в период исследований находилась в пределах 20,4–22,7 °С. На то, что радужная форель может жить и расти при температуре 22,0 °С и высоком содержании кислорода, указывает С. Н. Александров [Садковое рыбоводство..., 2005]. Однако по данным В. В. Здановича с соавт. [2013], увеличение температуры воды до 21,0 °С вызывает снижение средней удельной скорости роста на 22,8 % и величины среднесуточного прироста на 41,1 % по сравнению с аналогичными показателями при 17,0 °С. На глубине 4 м отмечалось однократное (22.06) снижение температуры воды до 17,9 °С, но затем она держалась на том же уровне, что и на поверхности (22,7 °С). На глубине 6 м отмечались значения температуры воды близкие к 13,0 °С. В садке с УТК на глубинах от 1 до 6 м температура оставалась в оптимальных для форели пределах – 12,7–14,0 °С, что, по данным В. К. Голованова [2013], является нижней границей окончательно избираемой этой возрастной группой рыб температуры.

По рекомендациям производителей кормов при повышении температуры воды норму кормления для молоди форели в садке без УТК снизили, а затем кормление было полностью прекращено. Для форели в садке с УТК в соответствии с температурой воды количество дневного рациона не уменьшали.

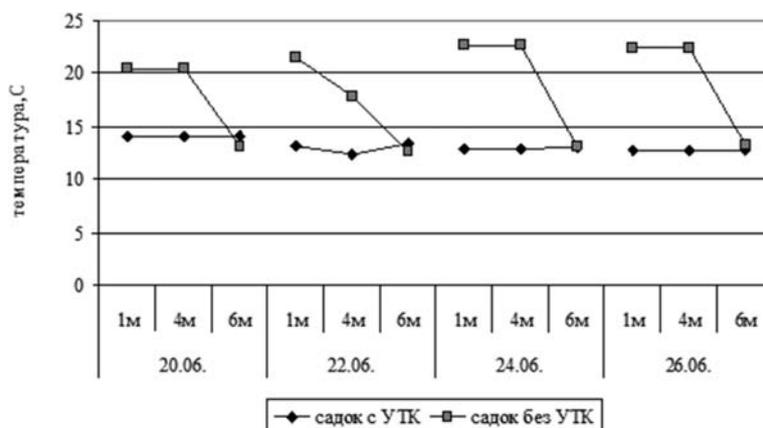


Рис. 1. Изменение температуры в садках (с УТК и без него) при выращивании молоди форели, Ладожское озеро, 20–26 июня 2014 года

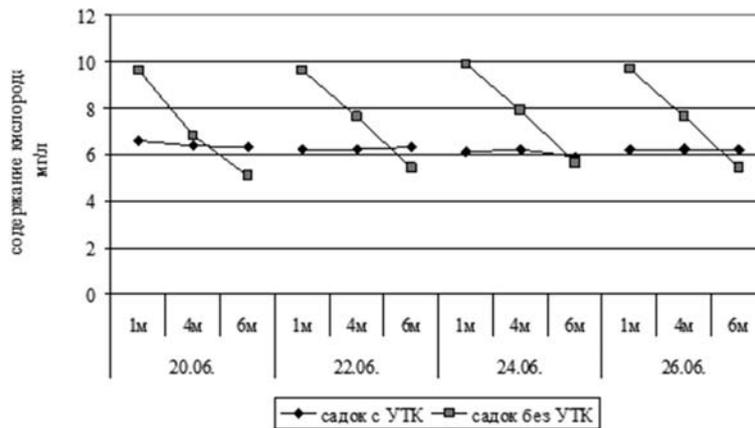


Рис. 2. Изменение содержания кислорода в садках (с УТК и без него) при выращивании молоди форели, Ладожское озеро, 20–26 июня 2014 года

При помощи видеокамер были получены данные о поведении молоди в условиях повышения температуры воды на поверхности. Рыба, находившаяся в контрольном садке (без УТК), опустилась на большую глубину (около 5 м). Это подтверждает литературные данные, согласно которым при резком потеплении рыба пытается уйти вглубь садка, где температура воды от 15,0 до 18,0 °С [Новоженин, Галасун, 1977]. Весь период повышенных температур молодь форели держалась на глубине, двигаясь по кругу (по часовой стрелке), не реагировала на приближение рыбоводов. В садке с УТК форель находилась у поверхности, поведение ее было типичное (нормальное), она реагировала на приближение людей (поднималась к поверхности) и активно хватала корм.

В ходе исследований содержание растворенного кислорода в поверхностных слоях воды (в садке без УТК) находилось в пределах 9,6–9,9 мг/л (рис. 2). На глубине 6 м отмечено снижение кислорода до 5,6–5,1 мг/л. Известно, что оптимальное содержание кислорода в воде для молоди форели составляет 8,0–11,0 мг/л. При уменьшении его до значений ниже 7,0 мг/л форель перестает питаться, не реализует потенциальные возможности роста, происходит увеличение отхода. При понижении концентрации кислорода до 4,0 мг/л рыба погибает от гипоксии [Рыжков, Кучко, 2008; Рыжков и др., 2014]. В садке, оборудованном УТК, содержание кислорода сохранялось на одном уровне, в пределах 5,9–6,6 мг/л, во всей толще воды.

УТК выполнено из термостатичного материала, который ограждает рыбу в садке от неблагоприятных температурных условий окружающей среды, но при этом препятствует свободному поступлению извне воды, более насыщенной кислородом. Учитывая, что во

время кормления у рыб на 30 % увеличивается потребление кислорода, а молодь радужной форели необходимо кормить 8–12 раз в день, возникает потребность в поддержании концентрации растворенного в воде кислорода на оптимальном уровне [Бабий, 1997]. Следовательно, при использовании УТК в садковом рыбоводстве целесообразно применять технологии, позволяющие увеличивать концентрацию кислорода (принудительная аэрация, оксигенация и др.) до оптимальных значений для выращивания молоди форели. При этом необходимо контролировать содержание O_2 в закачиваемой воде и внутри садка с УТК.

В период летнего выращивания проводили ежемесячный контроль выживаемости в двух садках (с УТК и в контрольном). Выявлено, что на протяжении лета отход в садке с УТК держался на одном уровне (1,9–2,4 % в месяц) и был невысок по сравнению с таковым в контрольном садке (4,0–32,2 %) (табл.). В целом к концу лета этот показатель для садка без УТК составил 45,1 %. К концу исследований в среднем масса молоди форели в садке с УТК составляла 455 г, а в контрольном садке – 320 г.

Количество отхода радужной форели в летний период (%)

Месяц	Садок с УТК	Садок без УТК
Июнь	2,4	4,0
Июль	2,1	32,2
Август	1,9	15,6
Всего	6,2	45,1

Заключение

Выполненные исследования показали, что в период повышенных температур верхних слоев воды (20,4–22,7 °С) в Ладожском озере молодь форели, выращиваемая в садке

без УТК, сосредотачивалась на глубине около 5 м, где температура воды была в диапазоне 15,0–18,0 °С. Таким образом молодь избегала воздействия высоких температур. Однако на этой глубине отмечалось низкое (6,0–7,0 мг/л) содержание кислорода в воде. Сочетание выявленных температурных и кислородных условий выращивания форели в садке без УТК в целом негативно влияло на молодь, что проявлялось в движении ее по часовой стрелке и отсутствии реакции на приближение рыбоводов.

В садке, оборудованном УТК, форель находилась в зоне оптимальных температур воды 12,7–14,0 °С. При этом низкое содержание кислорода до 6,0–7,0 мг/л не отразилось на жизнедеятельности молоди, она поднималась к поверхности и активно хватала корм. Однако это не исключает необходимости использования технологий, позволяющих увеличивать концентрацию кислорода до оптимальных значений при садковом (с УТК) выращивании молоди форели в условиях повышенной температуры воды.

Исследование показало биологическую эффективность использования УТК при выращивании молоди радужной форели в садках в условиях критических изменений температуры воды. Выживаемость молоди форели в садке с УТК была высокая – 93,8 %, тогда как в садке без устройства она составила 54,9 %. К концу исследований в среднем масса рыбы в садке с УТК составляла 455 г, а без него – 320 г.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках государственного задания базовой части в сфере научной деятельности, проект № 1381.

References

Babij A. A. Rost raduzhnoj foreli v sadkah v podlednyj period [Growth of rainbow trout in cages in the ice period]. Pervyj kongr. ihtiologov Rossii: tez. dokl. [The first congress of ichthyologists of Russia. Abstr. rept.]. Moscow, 1997. 264 p.

Efremov S. A., Kuricyn A. E., Tihonov E. A., Makarova T. A. Ustrojstvo optimizacii vodnoj sredy dlja sadkov [Optimization device for aquatic environment in cages]. Zajavka na poleznuju model' RF No. 2014149512 28.12.2014

Golovanov V. K. Jekologo-fiziologicheskie zakonomernosti raspredelenija i povedenija presnovodnyh ryb v termogradientnyh uslovijah [Ecological-physiological regularities of distribution and behavior of freshwater fishes under thermogradient conditions]. *Voprosy ihtiologii* [Journal of ichthyology]. 2013. Vol. 53, No 3. P. 286–314.

Литература

Бабий А. А. Рост радужной форели в садках в подледный период // Первый конгр. ихтиологов России: тез. докл. М.: ВНИРО, 1997. 264 с.

Веселов В. В. Вред природным ресурсам Волги в результате гибели рыбы в Твери. 2014. URL: <http://tvernews.ru/news/186246> (дата обращения: 01.08.2014).

Голованов В. К. Эколого-физиологические закономерности распределения и поведения пресноводных рыб в термоградиентных условиях // Вопросы ихтиологии, 2013. Т. 53, № 3. С. 286–314.

Ефремов С. А., Курицын А. Е., Тихонов Е. А., Макарова Т. А. Устройство оптимизации водной среды для садков // Заявка на полезную модель РФ № 2014149512 28.12.2014.

Зданович В. В., Панов В. П., Келехсаев М. З. Рост и продукционные показатели молоди радужной форели *Oncorhynchus mykiss walbaum* при постоянных температурах и в условиях температурного градиента // Известия ТСХА. 2013. Вып. 1. С. 97–103.

Новоженин Н. П., Галасун П. Т. Рекомендации по садковому выращиванию товарной форели. М.: ВНИИПРХ, 1977. 32 с.

Рыжков Л. П., Кучко Т. Ю. Садковое рыбоводство. Петрозаводск: ПетрГУ, 2008. 164 с.

Рыжков Л. П., Дзюбук И. М., Коренев О. Н., Полина А. В. Нормирование выращивания посадочного материала радужной форели в садках. Учебное пособие. Петрозаводск: ПетрГУ, 2014. 41 с.

Рекордная жара стала причиной гибели форели в рыбободных хозяйствах Псковской области. 2010. URL: <http://pravdapskov.ru/news/1231> (дата обращения: 22.07.2010).

Садковое рыбоводство / Авт.-сост. С. Н. Александров. М.: АСТ; Донецк: Сталкер, 2005. 270 с.

Поступила в редакцию 26.06.2015

Novozhenin N. P., Galasun P. T. Rekomendacii po sadkovomu vyrashhivaniju tovarnoj foreli [Recommendations for cage cultivation of commodity trout]. Moscow: VNIIPRH, 1977. 32 p.

Ryzhkov L. P., Kuchko T. Ju. Sadkovoje rybovodstvo [Cage culture fishery]. Petrozavodsk: PetrGU, 2008. 164 p.

Ryzhkov L. P., Dzubuk I. M., Korenev O. N., Polina A. V. Normirovanie vyrashhivanija posadochnogo materiala raduzhnoj foreli v sadkah. Uchebnoje posobie [Rationing of cultivation of landing material of rainbow trout in cages. Textbook for students]. Petrozavodsk: PetrGU, 2014. 41 p.

Рекордная жара стала причиној гибели форели в рыбободных хозяйствах Псковской области [Record heat caused death of trout in fish-breeding farms of the Pskov area]. 2010. URL: <http://pravdapskov.ru/news/1231> (accessed 22.07.2010).

Sadkovoe rybovodstvo [Cage culture fishery]. Ed. S. N. Aleksandrov. Moscow: ACT; Doneck: Stalker, 2005. 270 p.

Veselov V. V. Vred prirodnykh resursam Volgi v rezul'tate gibeli ryby v Tveri [Damage to natural resources of the Volga River as a result of fish kill in Tver]. 2014. URL: <http://tvernews.ru/news/186246> (accessed 01.08.2014).

Zdanovich V. V., Panov V. P., Kelehsaev M. Z. Rost i produkcionnye pokazateli molodi raduzhnoj foreli

Oncorhynchus mykiss walbaum pri postojannykh temperaturah i v uslovijah temperaturnogo gradienta [Growth and production characteristics of juvenile rainbow trout *Oncorhynchus mykiss walbaum* under constant temperature conditions and under thermal gradient]. *Izvestija TSHA* [Transactions of RSAU – MAA named after K. A. Timiryazev]. 2013. Iss. 1. P. 97–103.

Received June 26, 2015

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Дзюбук Ирина Михайловна

научный сотрудник лаборатории экологических проблем Севера, доцент кафедры зоологии и экологии, к. б. н. Петрозаводский государственный университет пр. Ленина, 33, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: ikrup@petsu.ru
тел.: (8142) 781741

Курицын Антон Евгеньевич

специалист лаборатории экологических проблем Севера, к. б. н. Петрозаводский государственный университет пр. Ленина, 33, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: akuri3@rambler.ru

Ефремов Сергей Александрович

специалист лаборатории экологических проблем Севера, аспирант кафедры зоологии и экологии Петрозаводский государственный университет пр. Ленина, 33, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: efremov_sergeu@bk.ru

Макарова Татьяна Алексеевна

аспирант кафедры зоотехнии, рыбоводства и товароведения Петрозаводский государственный университет пр. Ленина, 33, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: fish_res@mail.ru
тел.: (8142) 711086

CONTRIBUTORS:

Dzyubuk, Irina

Petrozavodsk State University
33 Lenin St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: ikrup@petsu.ru
tel.: (8142) 781741

Kuritsyn, Anton

Petrozavodsk State University
33 Lenin St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: akuri3@rambler.ru

Efremov, Sergey

Petrozavodsk State University
33 Lenin St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: efremov_sergeu@bk.ru

Makarova, Tatyana

Petrozavodsk State University
33 Lenin St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: fish_res@mail.ru
tel.: (8142) 711086