

ИГОРЬ НИКОЛАЕВИЧ БАХМЕТ

кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории экологии рыб и водных беспозвоночных, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт биологии Карельского научного центра РАН (Петрозаводск, Российская Федерация)
igor.bakhmet@gmail.com

ТАМАРА ЮРЬЕВНА КУЧКО

кандидат биологических наук, доцент кафедры зоологии и экологии Института биологии, экологии и агротехнологий, Петрозаводский государственный университет (Петрозаводск, Российская Федерация)
kuchko@petrsu.karelia.ru

ЯРОСЛАВ АЛЕКСАНДРОВИЧ КУЧКО

кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории экологии рыб и водных беспозвоночных, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт биологии Карельского научного центра РАН (Петрозаводск, Российская Федерация)
y-kuchko@mail.ru

**ОСОБЕННОСТИ ВЫРАЩИВАНИЯ РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ (*PARASALMO MYKISS*)
В УСЛОВИЯХ БЕЛОГО МОРЯ***

Представлены результаты выращивания радужной форели в экспериментальном садковом хозяйстве, расположенном на акватории Чупинской губы Кандалакшского залива Белого моря. Полученные данные по росту и развитию форели подтверждают эффективность ее выращивания в морских условиях. Рекомендовано сезонное выращивание форели на отдельных участках Белого моря с мая по октябрь.

Ключевые слова: радужная форель, Белое море, садковое рыбоводство, рыбоводно-биологические показатели

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в Республике Карелия выращивается 23 тыс. т радужной форели, что составляет около 70 % от общего объема ее производства в России. В связи с достаточно высокой рентабельностью данного вида деятельности (до 25 %), на протяжении последних двух десятилетий наблюдается постоянное увеличение производства посадочного материала и товарной рыбы [7].

Несмотря на обилие озер (более 60 тысяч), расположенных на территории республики, по гидрологическим и гидрохимическим показателям только около 100 из них могут быть использованы для товарного выращивания форели.

Как показывают исследования, проведенные специалистами КарНЦ РАН, на водоемах Карелии без ущерба для окружающей среды возможно выращивание до 35 тыс. т товарной форели в год [4]. Превышение этого показателя может привести к необратимым отрицательным изменениям водных экосистем. Более того, уже сейчас отмечается ухудшение экологического состояния многих рыбохозяйственных водоемов [9]. Таким образом, остро встает вопрос о возможности расширения товарного производства форели без нанесения дальнейшего вреда пресноводным экосистемам как стратегическому ресурсу.

В настоящее время в странах с развитым промышленным рыбоводством преобладающее количество рыбоводных хозяйств базируется в прибрежной полосе территориальных морей (Норвегия, Финляндия, Шотландия, Чили и др.). На северо-западе Республики Карелия располагается обширный участок Белого моря, который простирается от реки Кемь до вершины Кандалакшского залива и практически не используется для выращивания радужной форели. Его береговая линия характеризуется сильной изрезанностью и многочисленными заливами (в особенности – северная часть), что удобно для размещения форелевых хозяйств. Благодаря отливно-приливным течениям, скорость которых изменяется от 0 до 30–32 см/с, снижается вероятность возникновения заморных явлений, которые часто наблюдаются в пресных водоемах. Наличие течений оказывает положительное влияние и на качество выращиваемой рыбы, так как благодаря постоянному сопротивлению потоку воды мышцы рыб становятся более упругими и плотными. Наконец, пребывание в морской воде положительно влияет на микроэлементный состав мяса форели [3].

Цель данной работы заключалась в экспериментальной проверке возможности выращивания радужной форели в Белом море.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Экспериментальное садковое форелевое хозяйство располагалось на акватории Чупинской губы Кандалакшского залива в 30 км севернее поселка Чупа (район мыса Картеш) на базе Беломорской биологической станции ЗИН РАН «Картеш». Всего было использовано шесть делевых садков глубиной 5 м и диаметром 7 м (объем – около 200 м³), расположенных на расстоянии 40 м от берега в две садковые линии. Расстояние между садками было около 12 м. Крепление садков осуществляли к 12 якорям по норвежской методике (рис. 1).

Глубина под садками составляла 20–25 м с уклоном в сторону центральной части залива, где максимальная глубина достигает 72 м. Такое расположение не позволяло скапливаться фекалиям рыб и остаткам корма непосредственно под садками.

Несмотря на достаточно открытое место расположения садковых линий (практически полностью было прикрыто только северо-западное направление ветров и частично – юго-восточное) и шторма с высотой волны до 1,5 м, не было отмечено ни одного случая повреждения крепежной системы форелевого хозяйства.

Посадочный материал (радужная форель в возрасте 8 месяцев) был приобретен на Кедрозерском форелевом заводе в количестве 68 тыс. штук со средним индивидуальным весом 158 г. Перевозка посадочного материала осуществлялась ночью в транспортных контейнерах емкостью 1500 л с постоянной оксигенацией.

По прибытии в поселок Чупа на побережье Белого моря температура воды в транспортных емкостях выравнивалась до температуры воды в заливе. После выполнения этой операции молодь выпускалась из контейнеров в два транспортировочных садка через гибкий шланг диаметром 25 см. Далее садки доставлялись по морю к месту

выращивания путем буксировки. Средняя скорость движения составляла 1,5 км/ч.

Отход рыбы за весь период транспортировки составил 0,2 %, при этом основная часть (167 шт.) была потеряна во время перегрузки мальков в садки.

К месту расположения форелевого хозяйства посадочный материал был доставлен 1 июля. Затем молодь была распределена в шесть садков с учетом индивидуальной навески. В садки № 1–3 поместили форель со средним весом 144 г, а в садки № 4–6 с весом 173 г. Плотность посадки составила от 9,0 до 11,5 кг/м³.

Кормление рыб проводилось вручную 4 раза в сутки гранулированным кормом фирмы NoqAqua с диаметром гранул 3 мм. После достижения рыбами среднего веса 300 г был осуществлен переход на кормление гранулами диаметром 4 мм, далее, при весе форели 400 г, – 6 мм. Один раз в две недели дель садков частично поднималась для очистки от обрастаний и изъятия отхода, при этом объемно-весовым методом определялся средний вес рыб (по 100 штук из каждого садка). Температура и соленость воды измерялись ежедневно.

Для оценки эффективности кормления рыб использовался показатель «оплаты корма» (ОК). Он показывает отношение веса заданного рыбам корма к общему приросту биомассы рыб (продукции) за определенный период времени [5].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

За весь период выращивания (с 1 июля по 1 ноября) температурный режим водоема в районе размещения садков изменялся от 18 °С (1 июля) до 2,8 °С (1 ноября). Оптимальная температура для роста форели (выше 12 °С) держалась вплоть до 1 сентября. Соленость воды варьировала от 24,6 до 26,3 ‰.

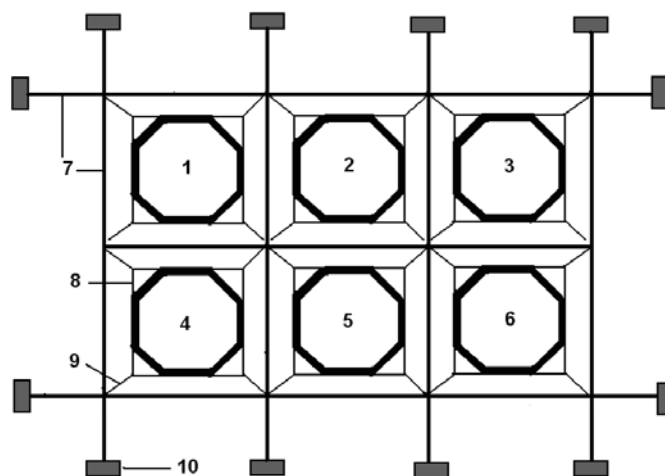


Рис. 1. Схема садковых линий: 1–6 – номера делевых садков; 7 – подводная рама из тросов; 8 – тросовые растяжки; 9 – концевые растяжки; 10 – якорь

Смертность рыб изменялась от 5 до 14 особей на садок (каждые две недели) и составила в конечном итоге 0,9 % от общего количества. Уровень смертности находился в положительной линейной зависимости от температуры морской воды с высокой достоверностью ($N = 7$; $r = 0,98$; $R^2 = 0,96$; $p = 0,001$).

Данный показатель был существенно ниже, чем на аналогичных фермах в условиях пресноводных озер Карелии [6]. Такое различие можно объяснить наличием отливно-приливных морских течений, что обеспечивает благоприятный кислородный и температурный режим. Если в местах расположения форелевых хозяйств на пресноводных озерах температура поверхностных вод (до 5 м) в летнее время может достигать $+20...+22$ °С и более, то в условиях Белого моря этот показатель не превышает 18 °С [8].

За 120 дней выращивания абсолютный привес индивидуальной массы тела форели в садках № 1–3 в среднем составил 492 г, в садках № 4–6 – 552 г (рис. 2).

Показатели среднесуточных привесов форели во всех шести садках первые две недели выращивания ($t = +18,0...+17,5$ °С) были незначительными (в среднем 0,55 г/сут). Начиная с 15 июля они резко возросли и изменялись в пределах от 3,5–4,4 до 6,3–8,04 г/сут вплоть до конца сентября. В октябре приросты массы тела снизились до 0,8–1,0 г/сут ($t = +7,8...+4,5$ °С), а начиная с 15 октября ($t = +4,5...+2,8$ °С) рыбы даже потеряли в весе в среднем до 15 г каждая.

Полученные данные согласуются с наблюдениями за пищевым поведением молоди лососевых рыб в природных условиях, активное питание которых начинается при температуре воды выше $+6$ °С, тогда как ниже данной температурной границы отмечается период покоя [1], [2].

Еще одно доказательство неблагоприятных условий выращивания форели при температуре

воды ниже $+6$ °С заключается в изменении коэффициента оплаты корма. Как правило, при кормлении рыб сухими гранулированными кормами величина ОК изменяется в пределах 0,9–1,4 [5]. Аналогичные показатели наблюдались в нашем экспериментальном форелевом хозяйстве. Коэффициент ОК варьировал от 1,0 до 1,5 вплоть до конца сентября. При температуре воды ниже $+6$ °С (10 октября) показатель ОК начал постепенно увеличиваться и достиг 7,4 при температуре воды $+4,5$ °С.

При выемке рыбы по завершении выращивания все стадо можно было разделить на два доминантных класса: весом от 0,62 до 0,74 кг (56,5 тыс. шт.) и весом от 0,08 до 0,16 кг (10,7 тыс. шт.). В среднем же вес товарной рыбы составил 0,67 кг.

Присутствие в садках молоди, не набравшей среднего веса (16,2 % от всего стада), может объясняться естественным отбором, а именно конкуренцией за корм, которую мелкие и недостаточно активные рыбы проигрывают. В дальнейшем же присутствие в непосредственной близости более крупных особей вызывает стресс, который существенно снижает усвоение пищи и, соответственно, лишает рыб возможности роста [10].

Как правило, отсадка отстающих в росте рыб в отдельный садок снимает главный стрессовый фактор и, таким образом, дает возможность рыбам набрать достаточную массу (сортировка по размеру). Еще одно возможное решение проблемы – уменьшение плотности посадки по мере увеличения веса и размеров форели.

В результате анализа паразитологической ситуации было зарегистрировано два основных заболевания (диплостомоз и сапролегниоз). Глаза у некоторых рыб (не более 1 %) в разной степени были поражены личинками *Dyplostomum* sp. (у отдельных особей до полной слепоты). Установлено негативное влияние этого заболевания

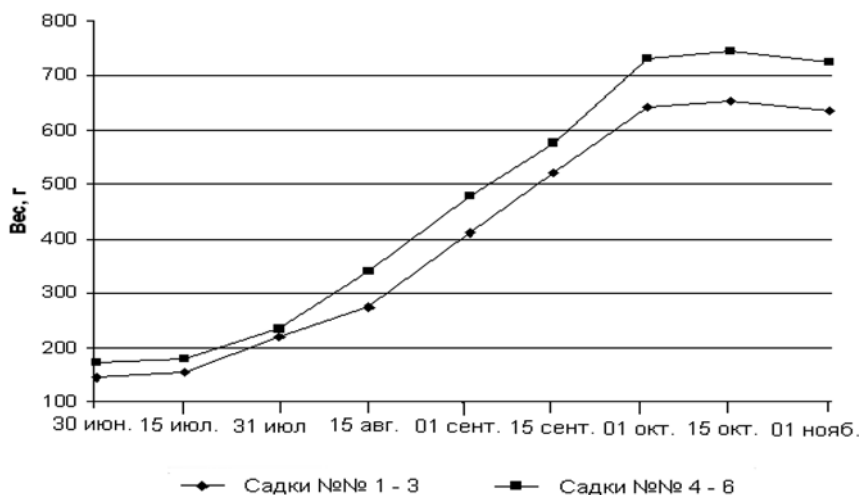


Рис. 2. Динамика весового роста форели (мыс Картеш)

на показатели потребления пищи и скорости роста рыб. В частности, при снижении остроты зрения ниже порогового значения пропадала реакция рыб на корм. Сапролегниоз был выражен в незначительной степени (2–3 %) и в основном на хвостовых плавниках. Таким образом, можно считать, что общая паразитологическая ситуация на форелевом хозяйстве была удовлетворительной.

Сравнение полученных нами результатов с садковыми хозяйствами, расположенными на пресных водоемах средней и северной Карелии, показало, что при одинаковых температурных условиях скорость роста рыб в морской воде (в среднем 202 г в месяц) в 1,5 раза превышает скорость роста форели, культивируемой в пресных озерах (в среднем 135 г в месяц). При этом, согласно органолептической оценке, мясо форели, выращенной в морской воде, характеризовалось более высоким качеством по срав-

нению с мясом рыб, выращенных в пресных водоемах.

ВЫВОДЫ

На основании полученных данных можно судить о перспективности выращивания радужной форели в акватории Белого моря, что также позволит снизить биогенную нагрузку на пресные водоемы.

В то же время необходимо обратить внимание на сроки выращивания рыбы. Поскольку активный рост форели происходит при температурах выше +6,0 °С, а средняя многолетняя температура воды в Чупинской губе Белого моря достигает этого показателя уже в середине мая, настоятельно рекомендуется начинать выращивание форели с середины мая. Учитывая наш опыт, можно предположить, что к концу сентября рыбы могут достигнуть веса 1,0–1,2 кг (при условии среднего веса посадочного материала 200 г).

*Финансовое обеспечение исследований осуществлялось из средств федерального бюджета на выполнение государственного задания № 0221-2014-0038, программы Президиума РАН № 21 «Биоразнообразии природных систем. Биологические ресурсы России: оценка состояния и фундаментальные основы мониторинга» (проект № 0221-2015-0003).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бахмет И. Н. Экспериментальное исследование поведенческих и физиологических реакций молоди атлантического лосося (*Salmo salar* L.): Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Петрозаводск, 1998. 24 с.
2. Веселов А. Е. Распределение и поведение молоди атлантического лосося (*Salmo salar* L.) в потоке воды: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 1993. 30 с.
3. Гребенюк А. А., Базарнова Ю. Г. Особенности химического состава и показатели свежести лососевых рыб аквакультуры Норвегии и Карелии // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: «Процессы и аппараты пищевых производств». 2012. № 2. С. 12.
4. Ильмаст Н. В., Стерлигова О. П. Озерные экосистемы Карелии в условиях антропогенной трансформации // Современное состояние биоресурсов внутренних водоемов: Материалы II Всероссийской конф. с междунар. участием. Борок, 2014. С. 56–59.
5. Крюков В. И., Зарубин А. В. Рыбоводство. Садковое выращивание форели в Центральной России: Учебное пособие для сельскохозяйственных вузов. Орёл: Автограф, 2011. 32 с.
6. Кучко Т. Ю., Дзюбук И. М. Садковое форелеводство: Учебное электронное пособие для студентов эколого-биологического и агротехнического факультетов. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2016. 90 с.
7. Кучко Т. Ю., Ильмаст Н. В. Садковое форелеводство Республики Карелия (современная ситуация и перспективы развития) // Рыбоводство и рыбное хозяйство: Ежегодный научно-практический журнал. М., 2016. № 9 (129). С. 8–13.
8. Наумов А. Д. Двустворчатые моллюски *Белого моря*. Опыт эколого-фаунистического анализа. СПб., 2006. 367 с.
9. Рыжков Л. П., Дзюбук И. М. Экологическая безопасность садкового рыбоводства. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2014. 98 с.
10. Wahl M., Jormalainen V., Eriksson B. K., Coyer J. A., Molis M., Schubert H., Dethier M., Ehlers A., Karez R., Kruse I., Lenz M., Pearson G., Rohde S., Wikstrom S. A., Olsen J. L. Stress ecology in FUCUS: abiotic, biotic and genetic interactions // Adv. Mar. Biol. 2011. Vol. 59. P. 37–105.

Bakhmet I. N., Institute of Biology, Karelian Research Centre of RAS (Petrozavodsk, Russian Federation)

Kuchko T. Yu., Petrozavodsk State University (Petrozavodsk, Russian Federation)

Kuchko Ya. A., Institute of Biology, Karelian Research Centre of RAS (Petrozavodsk, Russian Federation)

THE FEATURES OF RAINBOW TROUT (*PARASALMO MYKISS*) FARMING IN THE WHITE SEA CONDITIONS

The article presents the results of the rainbow trout (*Parasalmo mykiss*) growing in the experimental cage farm situated in the White Sea (Chupa inlet, Kandalaksha bay). The obtained data of the Rainbow trout growth and morphosis proved the efficiency of its rearing in the sea conditions. The obtained data of *Parasalmo Mykiss* growth and morphosis proved the efficiency of its rearing in the sea conditions. The authors recommend seasonal growth of *Parasalmo mykiss* in separate sites of the White Sea from May to October.

Key words: rainbow trout, the White Sea, cage culture fishery, fish-biological indicators

REFERENCES

1. Bahmet I. N. *Eksperimental'noe issledovanie povedencheskikh i fiziologicheskikh reaktsiy molodi atlanticheskogo lososya (Salmo salar L.): Avtoref. dis. ... kand. biol. nauk* [Investigational study of behavioural and physiologic response of juveniles of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.): Author's abst. PhD biology sci. diss.]. Petrozavodsk, 1998. 24 p.
2. Veselov A. E. *Raspreделение i povedenie molodi atlanticheskogo lososya (Salmo salar L.) v potoke vody: Avtoref. dis. ... kand. biol. nauk* [Distribution and behavior of juveniles of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in water flow: Author's abst. PhD biology sci. diss.]. Moscow, 1993. 30 p.
3. Grebenyuk A. A., Bazarnova Yu. G. Special aspects of the chemical composition and indicators of freshness in salmon of the aquaculture of Norway and Karelia [Osobennosti khimicheskogo sostava i pokazateli svezhesti lososevykh ryb akvakul'tury Norvegii i Karelii]. *Nauchnyy zhurnal NIU ITMO. Seriya: "Protsessy i apparaty pishchevykh proizvodstv"* [Scientific magazine NRU ITMO. Part: "Processes and devices of food productions"]. 2012. № 2. P. 12.
4. Ilmast N. V., Sterligova O. P. Lake ecosystems of Karelia in the conditions of anthropogenic transformation [Ozernye ekosistemy Karelii v usloviyakh antropogennoy transformatsii]. *Materialy II Vserossiyskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem "Sovremennoe sostoyanie bioresursov vnutrennikh vodoemov"*. Borok, 2014. P. 56–59.
5. Krjukov V. I., Zarubin A. V. *Rybovodstvo. Sadkovoje vyrashchivanie foreli v Tsentral'noy Rossii: Uchebnoe posobie dlya sel'skokhozyaystvennykh vuzov* [Cage cultivation of trout in the Central Russia: Work-book for agricultural higher education institutions]. Orel, Avtograf Publ., 2011. 32 c.
6. Kuchko T. Yu., Dzjubuk I. M. *Sadkovoje forelevodstvo: Uchebnoe elektronnoe posobie dlya studentov ekologo-biologicheskogo i agrotekhnicheskogo fakul'tetov* [Cage trout-breeding: An electronic work-book for students of ecological, biological and agrotechnical faculties]. Petrozavodsk, PetrGU Publ., 2016. 90 p.
7. Kuchko T. Yu., Ilmast N. V. Cage trout-breeding of the Republic of Karelia (situation and development prospects) [Sadkovoje forelevodstvo Respubliki Kareliya (sovremennaya situatsiya i perspektivy razvitiya)]. *Rybovodstvo i rybnoe khozyaystvo: Ezhegodnyy nauchno-prakticheskiy zhurnal* [Fish breeding and fishery: Annual scientific and practical magazine]. Moscow, 2016. № 9 (129). P. 8–13.
8. Naumov A. D. *Dvustvorchatye mollyuski Belogo morya. Opyt ekologo-faunisticheskogo analiza* [Bivalved mollusks of the White Sea. Results of the ekologo-faunistic analysis]. St. Petersburg, 2006. 367 p.
9. Ryzhkov L. P., Dzjubuk I. M. *Ekologicheskaya bezopasnost' sadkovogo rybovodstva* [Ecological safety of cage fish breeding]. Petrozavodsk, PetrGU Publ., 2014. 98 c.
10. Wahl M., Jormalainen V., Eriksson B. K., Coyer J. A., Molis M., Schubert H., Dethier M., Ehlers A., Karez R., Kruse I., Lenz M., Pearson G., Rohde S., Wikstrom S. A., Olsen J. L. Stress ecology in FUCUS: abiotic, biotic and genetic interactions // *Adv. Mar. Biol.* 2011. Vol. 59. P. 37–105.

Поступила в редакцию 06.06.2017