

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
"МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ"**

**СОВРЕМЕННЫЕ ЭКОЛОГО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ И ХИМИЧЕСКИЕ
ИССЛЕДОВАНИЯ, ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВ**

МАТЕРИАЛЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

(Мурманск, 7 апреля 2017 г.)

Часть 1

Мурманск
Издательство МГТУ
2017

УДК 001: [5 + 62] (08)

ББК 20 + 3я431

С 56

Редакционная коллегия:

А. М. Ершов, доктор технических наук, профессор;

С. Р. Деркач, доктор химических наук, профессор;

Н. Г. Журавлева, доктор биологических наук, профессор;

Е. В. Шошина, доктор биологических наук, профессор;

П. П. Кравец, кандидат биологических наук, доцент (ответственный за выпуск);

Е. В. Макаревич, кандидат биологических наук, доцент;

В. А. Похольченко, кандидат технических наук, доцент

С 56 Современные эколого-биологические и химические исследования, техника и технология производств : мат. междунар. науч.-практ. конф., Мурманск, 7 апреля 2017 г. : в 2 ч. Ч. 1 / Федер. гос. бюджетное образоват. учреждение высш. образования "Мурм. гос. техн. ун-т". – Мурманск : Изд-во МГТУ, 2017. – 226 с. : ил.

ISBN 978-5-86185-943-1 (общ.)

ISBN 978-5-86185-944-8 (ч. 1)

В сборнике опубликованы доклады участников Международной научно-практической конференции "Современные эколого-биологические и химические исследования, техника и технология производств", которая состоялась 7 апреля 2017 г. в Мурманском государственном техническом университете. Тематика представленных докладов охватывает направления научных исследований в области биологических наук, экологии и устойчивого развития экосистем Арктики.

Издание предназначено для научных, научно-педагогических работников, докторантов, аспирантов, специалистов, ведущих научные исследования по направлениям работы конференции.

УДК 001: [5 + 62] (08)

ББК 20 + 3я431

© Мурманский государственный
технический университет, 2017

ISBN 978-5-86185-943-1 (общ.)

ISBN 978-5-86185-944-8 (ч. 1)

Экологические и этологические особенности арктического гольца

Журавлева Н. Г. (г. Мурманск, Мурманский морской биологический институт, лаборатория ихтиологии, e-mail: NonnaZh@yandex.ru)

Аннотация. Анализ экологических и этологических особенностей арктического гольца связан с практикой рыборазведения ценных видов рыб. Изучение литературы касающейся особенностей морфологических и экологических изменений арктического гольца в сезонном и возрастном аспектах показало, что он имеет ограниченную толерантность к высокой солености, а также к сочетанию низкой температуры и солености. В настоящее время арктического гольца рассматривают как потенциальный объект аквакультуры.

Abstract. Analysis of ecological and ethological features of arctic char is associated with the practice of fish farming of valuable fish species. A study of the morphological and ecological changes in the seasonal and age-related aspects of arctic char has shown that it has limitations on tolerance to high salinity, and also to a combination of low temperature and salinity. At present, arctic char is considered a potential aquaculture object.

Ключевые слова: аквакультура, арктический голец, солоноватая вода, океаническая соленость, темпы роста, анорексия, гиперфагия, компенсаторный рост.

Key words: aquaculture, arctic char, brackish water, oceanic salinity, rate of growth, anorexia, hiperphagia, compensatory growth.

Арктический голец принадлежит к семейству лососевых, роду *Salvelinus*, имеет самое северное распространение из всех пресноводных и анадромных видов рыб, и, согласно некоторым оценкам, в мире насчитывается более 50 000 популяций гольцов, большинство из которых населяет озера Скандинавских стран [1]. Арктический голец чрезвычайно полиморфен с точки зрения экологической и фенотипической изменчивости с большой диверсификацией в характеристиках жизненного цикла между и внутри разных штаммов. Анадромные арктические гольцы обычно остаются в соленой воде только в летние месяцы, где они быстро растут и достигают значительной степени жирности за относительно короткое время [2]. Затем они проводят остаток года в пресной воде, либо нерестятся поздней осенью, либо живут осенью и зимой в бедной пищевыми ресурсами и холодной окружающей среде пресных вод.

Развитие методов выращивания арктического гольца началось в скандинавских странах и Канаде в 70-х гг. прошлого века. С тех пор производство арктического гольца в мире медленно, но неуклонно растет и достигает в настоящее время 6 000 т. Исландия является ведущим производителем арктического гольца с годовым объемом производства около 3 500 т в 2012 г.

Арктический голец имеет несколько особенностей, которые делают его перспективным видом для товарного выращивания. Он имеет относительно хорошие темпы роста при низких температурах, его можно выращивать при высокой плотности посадки и имеет хорошее качество мяса. Причина того, что мировое производство арктического гольца оставалось низким, связана с такими факторами, как ограниченная температурная толерантность, ограниченная переносимость морской воды океанической солености, переменный рост и ограниченность рынков сбыта для продукции. Усилия и успехи в области исследований, разработок и маркетинга в течение последних 30 лет позволили решить некоторые проблемы и обеспечить медленное, но стабильное развитие.

Способ выращивания арктического гольца сходен с таковым для атлантического лосося, за исключением того, что фаза выращивания арктического гольца не происходит в морской воде океанической солености из-за ограниченной толерантности к солености морской воды. В Исландии основная часть производства выращиваемого арктического гольца находится в прибрежных фермах в солоноватой воде со стабильными температурами выращивания за счет использования геотермальных источников. Сначала выращивание молоди (до 50–70 г) происходит в наземных пресноводных хозяйствах, затем следует выращивание в наземных хозяйствах или в садках, предлагающих различную степень контроля факторов окружающей среды, таких как температура выращивания, соленость и фотопериод.

В Швеции арктического гольца выращивают, главным образом, в садках, расположенных в бедных трофическими ресурсами пресноводных реках, деградировавших в результате производства гидроэлектроэнергии. В этих случаях имеются ограниченные возможности для контроля факторов окружающей среды, но издержки производства ниже по сравнению с наземными фермами. И в Швеции и в Исландии имеются современные селекционные станции, где проводят работы по выведению пород гольца с заданными параметрами и свойствами.

Фермы, применяющие технологию выращивания в рециркуляционных системах (УЗВ), имеют возможность регулировать абиотические факторы, влияющие на рост и питание. Температуру выращивания можно регулировать и в наземных хозяйствах, имеющих доступ к геотермальному теплу, или горячим сточным водам промышленных предприятий.

В экспериментах нижний и верхний температурные пределы для роста семи популяций арктического гольца изменяли от 1,7 до 5,3 и от 20,8 до 23,2 °С,

причем максимальный темп роста наблюдали в диапазоне от 14,4 до 17,2 °С [4]. В этом же исследовании было продемонстрировано, что арктический голец из популяций, питающихся рыбой, показал более высокие темпы роста, чем из популяций, питающихся зообентосом или зоопланктоном в дикой природе. Это согласуется с наблюдаемым потенциалом роста у различных штаммов, используемых для селективного разведения в Швеции [3] и Исландии [5], где штаммы piscivore (ихтиофаги) обладают наибольшим потенциалом роста. Эффективность роста арктического гольца максимальна при температурах ниже 10 °С.

Основным достоинством арктического гольца как объекта аквакультуры в северных регионах считается его устойчивость к низким температурам, но при этом в таких условиях он растет крайне медленно, его линейные размеры и прирост массы тела увеличиваются незначительно в течение года. Арктический голец за три года выращивания (от вылупления из икры) при низкой температуре достигает массы всего 100 г (личные коммуникации).

Все анадромные лососевые рыбы мигрируют между пресной и морской водой. Виды рода *Salvelinus* обычно "менее проходные", чем их родственные виды, принадлежащие к разновидностям рода *Salmo* [6]. Большое отличие арктического гольца от остальных лососевых и, в частности, от семги в том, что последняя настоящая анадромная рыба, а арктический голец, на наш взгляд, "факультативно" анадромная, а вернее факультативно-анадромная рыба. Семга после ската может жить постоянно в море при океанической солености 33–36 ‰ в течение 4–5 лет в зависимости от степени созревания половых продуктов, т. е. до нереста. Гольцы же заходят в эстуарии в основном для откорма самое большее на два месяца и снова возвращаются в озеро на зимовку. Последние изыскания показали, что в некоторых случаях гольцы возвращаются из эстуария в реку каждые 9 дней. Таким образом, степень устойчивости к солености у них низкая, возможно, она увеличивается с возрастом. Однако, этот вопрос пока остается открытым. Выявлены генетические типы вариации гольца по отношению к солености.

Арктический голец остается в морской среде 5–6 недель в течение весны или лета, а затем возвращается на зимовку в пресную воду. Однако имеется одно сообщение, что проходной штамм арктического гольца провел в среднем в течение 40 дней в лимане и 25 дней в море в зимние месяцы. Следует также иметь в виду, что имеются различия в осморегулирующей способности между пресноводными и анадромными штаммами арктического гольца [7] и между различными анадромными штаммами [8].

Соленость, при которой выращивают рыб, влияет на рост и потребление пищи у различных видов рыб. Для арктического гольца (масса 200–300 г) Мортенсен и Лунд [9] сообщали о наилучшем росте при выращивании при солености 20‰.

Из-за ограниченной и сезонной толерантности к морской воде арктического гольца основную часть продукции выращиваемой рыбы (при товарном выращивании) получают в пресной воде, либо в солоноватой воде. Взрослый половозрелый арктический голец (крупные особи) толерантен к океанической солености морской воды (33–‰) в течение 2-месячного периода после периода миграции в сторону моря в середине лета, но с уменьшением фотопериода в конце лета / осенью арктический голец подвергается десмолтификации [10]. По-видимому, арктический голец может жить в любое время года в солоноватой воде менее 20 ‰, но только с уменьшенными темпом роста и эффективностью конверсии корма при увеличении солености [10], [11]. В Исландии успешно используют при выращивании арктического гольца солоноватую воду в диапазоне от 15 до 26 ‰, но при этом осуществляется её подогрев геотермальными источниками. Молодые половозрелые гольцы погибают при одновременном воздействии низкой температуры и океанической солености.

В период подготовки к нересту у арктического гольца снижается потребление пищи, как только они съедают 1,4–1,5 % от массы тела и достигают необходимых запасов энергии для перезимовки и / или созревания, после этого рыба становится анорексичной.

Негативное влияние солености на степень питания свидетельствует о том, что более высокая соленость вызывает значительный стресс у арктического гольца. Перенос арктического гольца весом 150 г в апреле из пресной воды в соленую в пределах от 10 до 35 ‰ не влиял на рост или потребление корма в течение 30-дневного экспериментального периода. Арктического гольца (размер 20–27 см) выращивали при трех различных соленостях (0, 20 и 35 ‰) в зимний период (декабрь-январь, 59 дней) и наблюдали более высокие темпы роста и потребления корма в пресной воде и при 20 ‰ солености [12]. Отличия не были обнаружены, когда эксперимент повторяли в течение лета (июнь-июль). Было показано также, что гиперфагия является одним из основных механизмов, при которых у рыб отмечается компенсаторный рост [13]. Гиперфагический ответ был зарегистрирован и для атлантического лосося, когда кормление было восстановлено после периода ограничения корма [14]. Арктический голец в гиперфагическом состоянии потреблял 1,5–2,0 % от массы

тела в день, в то время как у контрольных животных потребление корма составляло 1,0–1,4 % от массы тела в день. (Miglav, Jobling, 1989).

Выращивание диких арктических гольцов, выловленных из природных популяций, весьма сложно. Самцы гольцов крайне агрессивны, на свою территорию других рыб и даже особей своего вида никогда не пускают, в виде исключения только самку в период нереста. В другое время они ведут жестокие бои за свою территорию. Среди самок наблюдается иерархия, доминирующая особь в иерархии не подпускает к корму других рыб. Отмечены жестокие бои за корм, даже при изобилии его на дне всего бассейна. Ранжирование по размеру рыб не помогает, поскольку место агрессивной доминантной особи тотчас занимает наиболее агрессивная особь из оставшихся. Она, как правило, более агрессивна, чем предыдущая.

Участие ММБИ в развитии аквакультуры гольца связано с экспериментальными работами по изучению процессов роста гольца, режимов питания в условиях содержания в бассейнах, подбора оптимальных кормов и рационов, оценкой и разработкой методик по снижению затрат на культивирование за счет подбора оптимальных условий содержания или сокращения периода роста гольца до товарного размера.

Исследования проведены в рамках: ФЦП "Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2020 гг." проекта "Разработка технических средств, биотехнологий выращивания нетрадиционных видов рыб и беспозвоночных для прогресса аквакультуры Южного и Северо-Западных федеральных округов России", соглашение № 14.607.21.0163 от 03.10.2016 г., уникальный идентификатор прикладных научных исследований и экспериментальных разработок (проекта) RFMEFI60716X0163.

Библиографический список

1. Klemetsen, A., Amundsen, P. A., Dempson, J. B., Jonsson, B., Jonsson, N., O'Connell, M. F. and Mortensen, E. (2003). Atlantic Salmo salar L., brown trout Salmo trutta L. and Arctic charr Salvelinus alpinus (L.): a review of aspects of their life histories. *Ecology of Freshwater Fish*. 12 (1), 1–59.
2. Rikardsen, A. H., Amundsen, P. A., Bjørn, P. A. and Johansen, M. (2000). Comparison of growth, diet and food consumption of sea-run and lake-dwelling Arctic charr. *Journal of Fish Biology*. 57, 1172–1188.

3. Eriksson, L-O., Anders, A., Nilsson, J. and Brannas, E. (2010). The Arctic charr story: development of subarctic freshwater fish farming in Sweden. *Hydrobiologia*, 650, 265–274.
4. Larson, S. (2005). Thermal preference of Arctic charr, *Salvelinus alpinus*, and brown trout, *Salmo trutta* – implications for their niche segregation. *Environmental Biology of Fishes*. 73 (1), 89–96.
5. Eypórsdóttir, E., Pétursdóttir, Þ. and Svavarsson, E. (1993). Samanburður á bleikjustofnum. *Ráðunautafundur*. 1993, 243–260 (In Icelandic).
6. Hoar, W. (1988). The physiology of smolting salmonids. In: *Fish Physiology*. Ed. Hoar, W. Randall, D. New York: Academic Press; 1988. pp. 275–343.
7. Eliassen, R. A., Johnsen, H. K., Mayer, I. and Jobling, M. (1998). Contrasts in osmoregulatory capacity of two Arctic charr, *Salvelinus alpinus* (L.), strains from northern Norway. *Aquaculture*. 168, 255–269.
8. Jørgensen, E. H. and Arnesen (2002). Seasonal changes in osmotic and ionic regulation in Arctic charr, *Salvelinus alpinus*, from a high- and a sub-arctic anadromous population. *Environmental Biology of Fishes*. 64, 185–193.
9. Mortensen, A., Lund, F.R. (1991). Bruk av sjøvann ved oppdrett av røye. *Norsk Fiskeoppdrett*. 16, 10–11.
10. Finstad, B., Nilssen, K. J. and Arnesen, A. M. (1989). Seasonal changes in sea-water tolerance of Arctic charr (*Salvelinus alpinus*). *Journal of Comparative Physiology B- biochemical Systemic and Environmental Physiology*. 159, 371–378.
11. Arnesen, A. M., Jørgensen, E. H. and Jobling, M. (1994). Feed-growth relationships of Arctic charr transferred from freshwater to saltwater at different seasons. *Aquaculture International*. 2, 114–122.
12. Arnesen, A. M., Jørgensen, E. H. and Jobling, M. (1993). Feed intake growth and osmoregulation in Arctic charr, *Salvelinus alpinus* (L.), transferred from freshwater to saltwater at 8°C during summer and winter. *Fish Physiology and Biochemistry*. 12, 281–292.
13. Ali, M., Nicieza, A. and Wootton, R.J. (2003). Compensatory growth in fishes: a response to growth depression. *Fish and Fisheries*. 4, 147–190.
14. Bull, C. D. and Metcalfe, N.B. (1997). Regulation of hyperphagia in response to varying energy deficits in overwintering juvenile Atlantic salmon. *Journal of Fish Biology*. 50, 498–510.
15. Miglavs, I. and Jobling, M. (1989). Effects of feeding regime on food-consumption, growth-rates and tissue nucleic-acids in juvenile Arctic charr, *Salvelinus alpinus*, with particular respect to compensatory growth. *Journal of Fish Biology*. 34, 947–957.