

РАЗВИТИЕ ЖИЗНИ В ПРОЦЕССЕ АБИОТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ НА ЗЕМЛЕ

МАТЕРИАЛЫ
IV ВСЕРОССИЙСКОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ,
ПОСВЯЩЁННОЙ
30-ЛЕТНЕМУ ЮБИЛЕЮ
БАЙКАЛЬСКОГО МУЗЕЯ СО РАН

25–29 сентября 2023 г.
пос. Листвянка, Иркутская область

Ответственный редактор
кандидат биологических наук Е. П. Зайцева

Иркутск
2023

УДК 56:523+(577.462:579)

ББК 28.01

P17

Редакционная коллегия:

кандидат филологических наук *И. Г. Бухарова*
кандидат биологических наук *Е. Н. Кузеванова*
кандидат биологических наук *Е. В. Минчева*
доктор биологических наук *О. Т. Русинек*

Спонсор



P17

Развитие жизни в процессе абиотических изменений на Земле : материалы IV Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 30-летию Байкальского музея СО РАН, 25–29 сентября 2023 г., пос. Листвянка, Иркутская область / отв. ред. Е. П. Зайцева. – Иркутск : Издательство ИГУ, 2023. – 351 с.

ISBN 978-5-9624-2184-1

На основании новейших научных данных рассмотрены вопросы возникновения и эволюции Солнечной системы, планеты Земля, развития жизни в ее геологической истории, происхождения и эволюции биоты Байкала и других водоемов в результате локальных и глобальных изменений.

Сборник представляет интерес для биологов, палеонтологов, стратиграфов, космологов, геологов, географов, экологов, преподавателей, студентов и аспирантов естественных факультетов вузов и специалистов широкого профиля.

УДК 56:523+(577.462:579)

ББК 28.01

ISBN 978-5-9624-2184-1

© Байкальский музей СО РАН, 2023

DOI: 10.24412/cl-34446-2023-4-93-97

ФОРМООБРАЗОВАНИЕ У АРКТИЧЕСКОГО ГОЛЬЦА

SALVELINUS ALPINUS (L.) COMPLEX

В ОЗЁРАХ БАЙКАЛЬСКОЙ ГОРНОЙ СТРАНЫ

С. С. Алексеев¹, Р. С. Андреев³, А. И. Вокин³, Н. В. Гордеева⁴,
Н. Б. Коростелев², А. Н. Матвеев³, М. Ю. Пичугин⁵, В. П. Самусёнок³,
И. В. Самусенок³, В. С. Хлыстов³, А. Л. Юрьев³

¹Институт биологии развития им. Н. К. Кольцова РАН, г. Москва

²Институт проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова РАН, г. Москва

³Иркутский государственный университет, г. Иркутск

⁴Институт общей генетики им. Н. И. Вавилова РАН, г. Москва

⁵Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, г. Москва
alekseyev@mail.ru

Арктический голец *Salvelinus alpinus* (L.) – один из наиболее изменчивых видов позвоночных животных [5]. На своём обширном циркумполярном ареале он образует множество мономорфных и полиморфных озёрных популяций; последние в каждом озере представлены двумя-тремя, редко четырьмя симпатрическими формами [3; 7; 8], различающимися по фенотипическим, экологическим и генетическим характеристикам.

На территории Байкальской горной страны находится самая южная, изолированная часть ареала арктического гольца площадью около 75 тыс. км², где он населяет горные олиготрофные озера, принадлежащих к бассейнам Лены и Байкала [2]. Сведения об арктическом гольце из этого района долгое время оставались крайне скудными ввиду мозаичности его ареала и труднодоступности населенных им озёр. К началу 1990-х гг. здесь было достоверно известно лишь девять популяций гольца, из них только одна в бассейне Байкала. В результате наших 25-летних поисковых работ их число возросло до 34 (рис. 1). К наиболее важным находкам относятся две новые популяции в бассейне Байкала (Верхней Ангары) из озёр Светлинское и Амут (верхне-ангарский), а также несколько новых полиморфных популяций в бассейне Лены [1].

В 16 из известных на сегодняшний день озёр обитают или недавно достоверно обитали симпатрические формы (по восемь с двумя и с тремя формами), ещё в семи одна из двух форм встречается единично и её обособленность сомнительна, 11 популяций мономорфны. Симпатрические формы различаются в первую очередь по темпу роста и размерам взрослых особей и разделяются на карликовые, мелкие и крупные.

В филогенетическом дереве, построенном по данным анализа изменчивости микросателлитных локусов, эти формы образуют монофилетические кластеры, соответствующие разным озёрам (или озёрным системам), т. е. они независимо возникают в каждом из них в результате симпатрического или парапатрического формообразования [6]. Этот вывод подтверждают также данные по мтДНК [4].

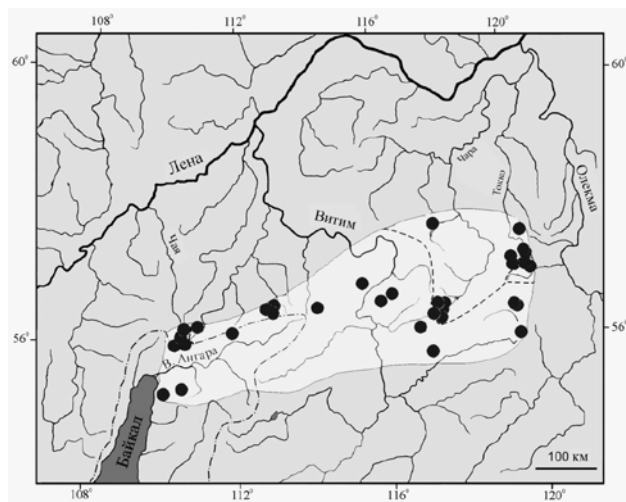


Рис. 1. Распространение арктического гольца на территории Байкальской горной страны

В озёрах Байкальской горной страны выявлено очень высокое морфологическое и генетическое разнообразие арктических гольцов. Ряд популяций/форм различаются без перекрытия или с незначительным перекрытием по морфологическим признакам в первую очередь по числу жаберных тычинок. По данным анализа нуклеотидных последовательностей контрольной области мтДНК гаплотипическое разнообразие гольцов здесь в 3 раза, а нуклеотидное – более чем в 10 раз выше, чем в аналогичной горной области ареала в европейских Альпах [4]. По микросателлитным

данным, оценки межпопуляционной дифференциации аллельных частот F_{ST} и R_{ST} , приходящиеся на различия между бассейнами Байкала, Чаи, Витима и Олёкмы [6], в 3–4 раза выше, чем соответствующие оценки различий между гольцами Скандинавии, Исландии и Британских островов [9]. Всё это позволяет рассматривать Байкальскую горную страну как один из основных центров разнообразия арктического гольца на ареале. В разных озёрах наблюдаются разные уровни морфологических (рис. 2) и генетических (рис. 3) различий форм – от почти полной идентичности до полной обособленности. Эти уровни соответствуют последовательным этапам дивергенции форм в ходе эволюции.

Экологически симпатрические формы арктического гольца из озёр Байкальской горной страны различаются в первую очередь по типу питания и особенностям размножения. В разных озёрах гольцы карликовых и мелких форм – планктофаги, бентофаги или полифаги, крупных форм – хищники. При этом в отличие от северных частей ареала, здесь планктофагия распространена намного шире, чем бентофагия, и в ряде озёр сопровождается глубокой морфологической специализацией форм к планктон-

ному типу питания (большое число и длина жаберных тычинок, изменённые пропорции тела). Обнаружено необычайно высокое разнообразие особенностей размножения разных форм и популяций.

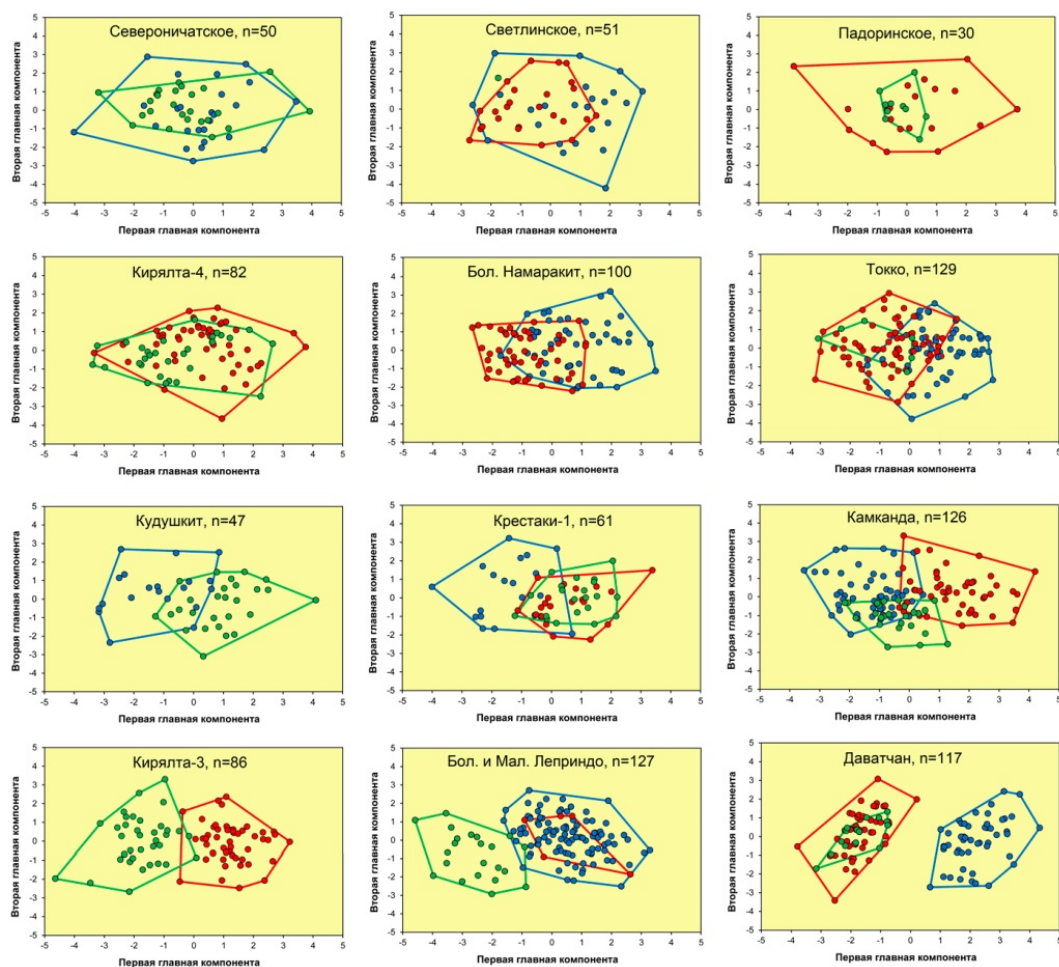


Рис. 2. Разные уровни морфологических различий симпатрических форм арктического гольца в озёрах Байкальской горной страны по результатам анализа главных компонент (10 меристических признаков). Синие точки – карликовая форма, красные – мелкая, зелёные – крупная. Озёра расположены в порядке возрастания обособленности форм сверху вниз. По: [1]

На данном относительно ограниченном участке видового ареала существует не имеющая аналогов серия озёр с симпатрическими формами, кардинально различающимися по срокам и в ряде случаев – местам нереста. При том, что в большинстве озёр мелкая и крупная формы, как это характерно для арктических гольцов, нерестятся осенью в литоральной зоне озёр на каменистом грунте, у карликовых форм в трёх озёрах – Большое Леприндо, Даватчан, Токко обнаружен летний нерест, причём

в первых двух он происходит в глубоководной зоне на илистом субстрате. Впервые в России найдены весеннерестующие популяции – карликовые формы из озёр Малое Леприндо (глубоководный нерест), Каларский Даватчан, а также субпопуляция мелкой формы из оз. Кирялта-3. Во всех этих озёрах летне- и весеннерестующие формы симпатричны с осеннерестующими гольцами крупной или мелкой форм (в оз. Кирялта-3 – с осеннерестующей субпопуляцией мелкой формы и с крупной формой, предположительно нерестящейся также осенью). В оз. Камканда гольцы карликовой и мелкой форм размножаются, соответственно, ранней и поздней осенью и также не перекрываются по срокам нереста. Эти различия обеспечивают презиготическую репродуктивную изоляцию, которая явилась основой морфологической, экологической и генетической сегрегации симпатрических форм в ряде озёр и, как следствие, формирования уникального разнообразия гольцов Забайкалья.

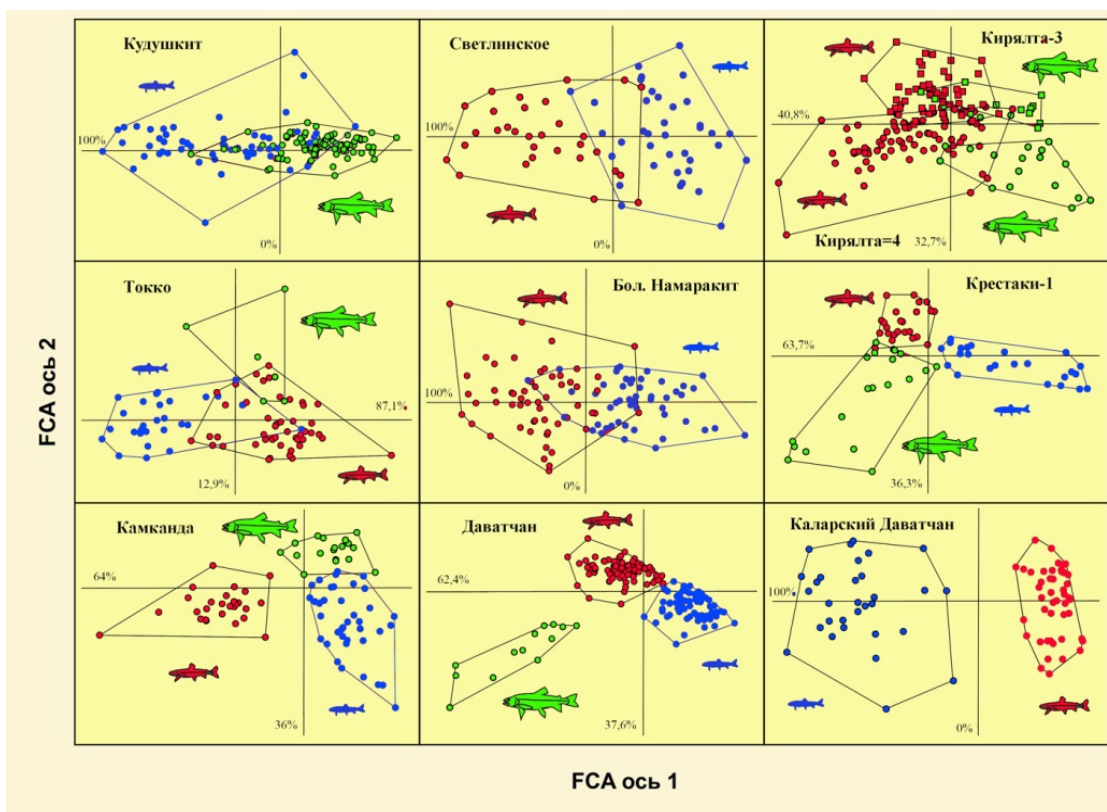


Рис. 3. Разные уровни генетических различий симпатрических форм арктического гольца в озерах Байкальской горной страны по результатам факторного анализа генотипов (8 микросателлитных локусов). Обозначения как на рис. 2. По: [6]

Исследование выполнено за счёт гранта Российского научного фонда № 23-24-00014 (<https://rscf.ru/project/23-24-00014/>).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Исследования арктического гольца *Salvelinus alpinus* (L.) в Забайкалье: итоги 25-летних работ. Сообщение 1. Распространение, симпатрические формы, морфология, генетика / С. С. Алексеев [и др.] // Известия Иркутского государственного университета. Серия Биология. Экология. 2021. Т. 38. С. 3–56. <https://doi.org/10.26516/2073-3372.2021.38.3>
2. Карасёв Г. Л. Рыбы Забайкалья. Новосибирск : Наука, 1987. 296 с.
3. Савванитова К. А. Арктические гольцы (структура популяционных систем, перспективы хозяйственного использования). Москва : Агропромиздат, 1989. 223 с.
4. Phylogeography and sympatric differentiation of the Arctic charr *Salvelinus alpinus* (L.) complex in Siberia as revealed by mtDNA sequence analysis / S. S. Alekseyev [et al.] // Journal of Fish Biology. 2009. Vol. 75. P. 368–392. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2009.02331.x>
Journal of Ichthyology. Vol. 53, N 10. P. 781–791. <https://doi.org/10.1134/S0032945213100044>
6. Parallel evolutionary divergence in Arctic charr *Salvelinus alpinus* (L.) complex from Transbaikalia: variation in differentiation degree and segregation of genetic diversity among sympatric forms / N. V. Gordeeva, S. S. Alekseyev, A. N. Matveev, V. P. Samusenok // Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 2015. Vol. 72. P. 96–115. <https://doi.org/10.1139/cjfas-2014-0014>
7. Johnson L. Arctic charr // Charrs: salmonid fishes of the genus *Salvelinus*. Perspectives in vertebrate science 1 / ed. Balon E. K. The Hague: Dr. W. Junk Publ., 1980. P. 15–98.
8. Jonsson B., Jonsson N. Polymorphism and speciation in Arctic charr // Journal of Fish Biology. 2001. Vol. 58. P. 605–638. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2001.tb00518.x>
9. Population genetic structure of Arctic Charr, *Salvelinus alpinus* from northwest Europe on large and small spatial scales / A. J. Wilson [et al.] // Molecular Ecology. 2004. Vol. 13. P. 1129–1142. <https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.2004.02149.x>