



**СОХРАНЕНИЕ БИОРАЗНООБРАЗИЯ
КАМЧАТКИ И ПРИЛЕГАЮЩИХ МОРЕЙ**

Камчатский филиал ФГБУН
Тихоокеанский институт географии ДВО РАН
Камчатское краевое отделение Русского географического общества
Камчатская краевая научная библиотека
имени С. П. Крашенинникова
Камчатское отделение Русского ботанического общества

СОХРАНЕНИЕ БИОРАЗНООБРАЗИЯ КАМЧАТКИ И ПРИЛЕГАЮЩИХ МОРЕЙ

Материалы
XX Международной научной конференции
Петропавловск-Камчатский,
12–13 ноября 2019 г.

Conservation of biodiversity of Kamchatka and coastal waters
Materials of XX International scientific conference
Petropavlovsk-Kamchatsky, November 12–13 2019

Петропавловск-Камчатский
Издательство «Камчатпресс»
2019

УДК 504.062

ББК 28.688

C54

- Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей** : материалы XX Междунар. науч. конф., Петропавловск-Камчатский, 12–13 нояб. 2019 г. : [сб. : науч. издание] : посвящ. 150-летию со дня рождения акад. РАН В. Л. Комарова / Камч. филиал ФГБУН «Тихоок. ин-т геогр. ДВО РАН», Камч. краев. отд.-ние Рус. геогр. об-ва, Камч. краевая науч. б-ка им. С. П. Крашенинникова, Камч. отд.-ние Рус. ботан. об-ва ; [отв. ред. А. М. Токранов ; пер. на англ. яз. Е. М. Ненашевой ; фото на обл. Д. В. Пилипенко, О. П. Куряковой]. — Петропавловск-Камчатский : Камчатпресс, 2019. — 300 с. : ил. — Алф. указ. : с. 290–291. — Библиогр. в конце статей. — Бесплатно. ISBN 978-5-9610-0342-0

Сборник включает материалы состоявшейся 12–13 ноября 2019 г. в Петропавловске-Камчатском XX Международной научной конференции по проблемам сохранения биоразнообразия Камчатки и прилегающих к ней морских акваторий. Рассматриваются история изучения и современное биоразнообразие отдельных групп флоры и фауны полуострова и прикамчатских вод. Обсуждаются теоретические и методологические аспекты сохранения биоразнообразия в условиях возрастающего антропогенного воздействия.

УДК 504.062

ББК 28.688

Conservation of biodiversity of Kamchatka and coastal waters : materials of the XX International scientific conference, dedicated to the 150th anniversary of academic V. L. Komarov's birthday. — Petropavlovsk-Kamchatsky : Kamchatpress, 2019. — 300 p.

The proceedings include the materials of the XX scientific conference on the problems of biodiversity conservation in Kamchatka and adjacent seas held on 12–13 November, 2019 in Petropavlovsk-Kamchatsky. The history of study and the present-day biodiversity of specific groups of Kamchatka flora and fauna are analyzed. Theoretical and methodological aspects of biodiversity conservation under increasing anthropogenic impact are discussed.

Редакционная коллегия:

В. Ф. Бугаев, д. б. н., Е. Г. Лобков, д. б. н.,
А. М. Токранов, д. б. н. (отв. редактор), О. А. Чернягина

Перевод на английский язык Е. М. Ненашевой

Издано по решению ученого совета КФ ТИГ ДВО РАН

На обложке:

Сапсан *Falco peregrinus* Tunstall, 1771 — редкий на территории Камчатского края вид хищных птиц, занесенный в Красную книгу РФ и Красную книгу Камчатского края. Фото Д. В. Пилипенко.

Зверобой Геблера *Hypericum gebleri* Ledeb. — редкий вид покрытосеменных растений, занесенный в Красную книгу Камчатского края со статусом «уязвимый» (сухой луг в окрестностях с. Мильково). Фото О. П. Куряковой.

© Камчатский филиал ФГБУН
Тихоокеанский институт
географии ДВО РАН, 2019

ISBN 978-5-9610-0342-0

**О НАХОДКЕ ГИБРИДОВ МАЛЬМЫ *SALVELINUS MALMA*
И КУНДЖИ *S. LEUCOMAENIS* В РЕКЕ КВАЧИНЕ
(СЕВЕРО-ЗАПАДНАЯ КАМЧАТКА)**

К. В. Кузицин^{*,}, М. А. Груздева^{*}, А. В. Семёнова^{*}, Д. С. Павлов^{*,**}**
**Московский государственный университет (МГУ) им. М. В. Ломоносова*
***Институт проблем экологии и эволюции (ИПЭЭ)*
им. А. Н. Северцова РАН, Москва

**THE NEW FINDINGS OF THE HYBRIDS BETWEEN
DOLLY VARDEN, *SALVELINUS MALMA*,
AND WHITE-SPOTTED CHAR, *S. LEUCOMAENIS*
IN THE KVACHINA RIVER
(NORTH-WEST KAMCHATKA)**

K. V. Kuzishchin^{*,}, M. A. Gruzdeva^{*}, A. V. Semenova^{*}, D. S. Pavlov^{*,**}**
**Moscow State University (MSU) by M. V. Lomonosov*
***A. N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution (IEE) RAS, Moscow*

Гольцы рода *Salvelinus* рассматриваются как важные и информативные объекты для разработки проблемы межвидовой гибридизации, интрогрессии и ретикулярного видообразования у рыб в естественных условиях (Redenbach, Taylor, 2002). В подавляющем большинстве случаев межвидовая гибридизация гольцов в естественных водоемах является событием давней истории, случившейся 14–10 тыс. лет назад, а число гибридов F1 низкое, благодаря пространственному разобщению нерестилищ и временному разрыву сроков нереста. Саму же межвидовую гибридизацию у гольцов связывают с постгляциальной колонизацией, когда происходило расселение и контакт видов в новых местообитаниях (Wilson, Bernatchez, 1998; Redenbach, Taylor, 2002).

Единственным исключением до недавнего времени был случай массовой межвидовой гибридизации гольцов в дикой природе — между мальмой и кунджей в р. Утхолок на Камчатке (Груздева и др., 2018). Однако исследования последних лет показали, что р. Утхолок уже не единственная на Камчатке, где происходит массовая гибридизация между мальмой и кунджей: в 2017 и 2018 гг. нами были обнаружены гибриды между этими видами еще в одной реке — Квачине.

Река Квачина расположена на северо-западе Камчатки и является следующей к северу рекой от Утхолока. Это типичная «малая» река тундрового типа, берет начало среди невысоких увалов, протекает по низинной местности, ее длина около 90 км, ширина в нижнем течении

25–30 м, скорость течения и расход воды в межень в устье — 0,3–0,4 м/с и 3,22 м³/с соответственно. На всем протяжении река протекает одним руслом, придаточная система не развита, небольшие притоки имеются в верхнем течении, вода коричневого цвета.

Впервые гибриды в р. Квачине были обнаружены в октябре 2017 г. — две самки длиной тела 476 и 424 мм, обе имели гонады на стадии VI–II и невыметанные икринки в полости тела. Доля гибридов в объединенной выборке гольцов ($n = 187$) составила около 1 %. В сентябре — октябре 2018 г. было поймано уже 11 гибридов, самцов и самок, что составило 6,3 % объединенной выборки гольцов ($n = 173$). Все особи мальмы, кунджи и гибриды были пойманы в нижнем течении р. Квачины на участке 6–12 км на удалении от устья. Это участок, на котором были проведены первые изыскания в 1970–1971 гг., а с 1994 г. ежегодно проводятся мониторинговые исследования по стандартному протоколу, однако до 2017 г. гибридные особи в р. Квачине не отмечены.

Самцы гибридов ($n = 5$) имели длину тела от 424 до 566 мм (в среднем 474) и массу тела от 465 до 1012 г (в среднем 784), самки ($n = 6$) — длину от 427 до 588 мм (в среднем 481) и массу от 460 до 1113 г (в среднем 840). Гибридные особи были половозрелыми: самки и самцы в третьей декаде сентября и начале октября имели гонады на VI–II стадии зрелости. В полости тела у самок были обнаружены остатки невыметанной икры (от 5 до 18 шт.), ее средний диаметр составил 5,70 (5,54–6,00) мм.

Гибриды — кунджа х мальма из р. Квачины ($n = 11$) имеют число прободенных чешуй в боковой линии 129,5 (127–131); ветвистых лучей в спинном плавнике 10,2 (10–11), в анальном — 8,1 (8–9), в грудном — 12,7 (12–14), в брюшном — 7,8 (7–8); число жаберных лучей слева 12,5 (12–13), справа — 12,1 (12–13); число жаберных тычинок 21,5 (20–23), они длинные и тонкие; число пилорических придатков 23,6 (21–26); число позвонков 63,3 (62–64). Тело удлинненное, голова коническая; верхняя челюсть прямая или слегка изогнутая, далеко заходит за задний край глаза; хвостовой плавник усеченный или слабовеямчатый. Голова темно-коричневая, без пятен; верхняя и нижняя челюсти темные, кончик рыла оранжевый, крюк на нижней челюсти черный; межжаберный промежуток в передней части черный, в задней — белый, жаберная крышка коричневая с розовато-оранжевым отливом, жаберные лучи черные, пасть черная; спина и брюхо коричневые, выше и ниже боковой линии по телу располагаются округлые красно-оранжевые пятна, по размеру они больше, чем диаметр зрачка, но меньше, чем диаметр глаза, с более светлым по тону ореолом, размытым по краю. Плавники серо-коричневые, неветвистые лучи в грудных, брюшных и анальном плавниках утолщенные, белые.

Микросателлитный анализ показал высокий уровень дифференциации между кунджей и мальмой ($F_{ST} = 0,496$, $P < 0,001$). У мальмы выявлено 82 видоспецифичных аллеля по 9 локусам, у кунджи 19 (суммарное число аллелей по всем локусам 120). Гибридные особи одновременно имели аллели, свойственные как мальме, так и кундже. Специфичных аллелей, свойственных только гибридной группе, не обнаружено. Генетическая дифференциация между гибридами и мальмой $F_{ST} = 0,201$, между гибридами и кунджей $F_{ST} = 0,227$ ($P < 0,001$). В результате кластеризации в программе Newhybrids на основании многолокусных генотипов все рыбы, определенные по фенотипическим признакам как мальма, отнесены к кластеру мальмы, определенные как кунджа — к кластеру кунджи. Все гибриды, за исключением 1 экз., с высокой вероятностью классифицированы как гибриды первого поколения F1. Для одной гибридной особи показано распределение вероятности между генотипическими классами кунджи и возвратных гибридов с кунджей, что может свидетельствовать о том, что гибридизация кунджи и мальмы в р. Квачине может быть интрогрессивной. Генетический анализ выборок кунджи, мальмы и особей с промежуточным фенотипом показал, что все гибриды происходят от самок кунджи и самцов мальмы.

Описанный нами ранее случай гибридизации гольцов в р. Утхолок существенно отличается от того, что известно: 1) численность гибридов высокая и сохраняется на протяжении более 40 лет; 2) среди гибридов преобладают особи F1; 3) гибридизация в р. Утхолок — продолжающийся процесс; 4) в реке происходит системное нарушение презиготического механизма межвидовой изоляции и появление межвидовых гибридов с высокой частотой (Груздева и др., 2018). Новые данные по находкам многочисленных гибридов между мальмой и кунджей в р. Квачине хорошо соответствуют ситуации в р. Утхолок. Сравнительный анализ гибридных особей из рек Квачины и Утхолок показал, что в разных реках они происходят от самок кунджи и самцов мальмы, очень схожи по окраске и габитусу, а по меристическим признакам занимают промежуточное положение между родительскими видами.

Нахождение гибридов между мальмой и кунджей в р. Квачине означает, что в этой реке буквально «здесь и сейчас» произошло нарушение презиготических механизмов изоляции мальмы и кунджи и запуск процесса межвидовой гибридизации. Весьма сходные характеристики гибридных особей в двух реках дают основания полагать, что механизм их появления в р. Квачине также сходен с таковым, который имеет место в р. Утхолок, то есть когда в оплодотворении икры кунджи участвуют карликовые самцы мальмы (Груздева и др., 2018). Однако вопрос о том, почему гибриды стали

появляться только в самые последние годы, открыт. Не исключено, что это связано с масштабными изменениями климата в Северной Пацифике и с приходом так называемой «теплой эпохи» (Overland et al., 2008).

В малых реках тундрового типа количество карликовых самцов мальмы существенно меньше, чем в более крупных реках. В р. Квачине карликовые самцы мальмы в 2004–2007 гг. отмечены единично, тогда как в более крупной соседней р. Утхолок их численность очень велика (Павлов и др., 2016). Аналогичная ситуация известна для рек Кехты и Коль на юго-западе Камчатки: в малой тундровой р. Кехте, сравнимой по размеру с р. Квачиной, количество карликовых самцов у мальмы очень низкое по сравнению с более крупной р. Коль (Павлов и др., 2009). Весьма вероятно, что небольшое количество карликовых самцов мальмы в малых тундровых реках обусловлено, помимо прочих факторов, относительно низкой продуктивностью рек из-за небольшой численности заходящих в них на нерест тихоокеанских лососей рода *Oncorhynchus*. Однако, по нашим наблюдениям, начиная с 2010 г. в р. Квачине наблюдается заход многочисленных поколений горбуши *O. gorbuscha*, в том числе и в нечетные годы, которые считаются неурожайными для западного побережья Камчатки. Ранее, в 1994–2000 гг., численность горбуши в р. Квачине была существенно меньше, а для размножения она использовала участки среднего течения, на удалении более 15 км от устья. В последние годы для нереста горбуша использует все пространство реки вплоть до участков, где действует приливной подпор. Не исключено, что увеличение численности горбуши и тем самым повышенное привнесение биогенов морского происхождения в экосистему малой тундровой р. Квачины повысили ее продуктивность, и как частный результат — повысилась доля созревающих в реке самцов мальмы. Весьма вероятно, что увеличение численности карликовых самцов мальмы и было тем фактором, который привел к нарушению изолирующих механизмов между мальмой и кунджей и гибридизации между этими видами.

Появление гибридов в значительном количестве еще в одной реке Северо-Западной Камчатки может служить индикатором перестроек в структурно-функциональной организации экосистем лососевых рек Камчатки, реакцией на масштабные изменения факторов внешней среды. С другой стороны, пример гольцов из р. Квачины является иллюстрацией быстрых ответных реакций видов и активизации микроэволюционных процессов, происходящих в природной среде.

Несомненно, что вопрос о гибридизации гольцов в реках Утхолок и Квачина, которые, по сути, стали «природными лабораториями» по проблеме межвидовой гибридизации и ретикулярного видообразования,

требует дополнительных исследований, установления фактов интрогрессии, уточнения механизмов возникновения гибридов и путей формо- и видообразования.

ЛИТЕРАТУРА

Груздева М. А., Кузицин К. В., Семёнова А. В. и др. 2018. Редкий случай перманентной интрогрессивной гибридизации у гольцов рода *Salvelinus* (Salmonidae, Salmoniformes) в реке Утхолок, Западная Камчатка // Биол. моря. — Т. 44. — № 6. — С. 381–389.

Павлов Д. С., Савваитова К. А., Кузицин К. В. и др. 2009. Состояние и мониторинг биоразнообразия лососевых рыб и среды их обитания на Камчатке (на примере территории заказника «Река Коль»). — М. : Т-во науч. изданий КМК. — 156 с.

Павлов Д. С., Кириллов П. И., Кириллова Е. А. и др. 2016. Состояние биоразнообразия лососевых рыб и рыбообразных и среды их обитания в бассейне реки Утхолок. — М. : Т-во науч. изданий КМК. — 197 с.

Overland J., Rodionov S., Minobe S., Bond N. 2008. North Pacific regime shifts : definitions, issues and recent transitions // Progr. Oceanogr. — Vol. 77. — P. 92–102.

Redenbach Z., Taylor E. B. 2002. Evidence for historical introgression along a contact zone between two species of char (Pisces: Salmonidae) in Northwestern North America // Evolution. — Vol. 56. — No. 2. — P. 1021–1035.

Wilson C. C., Bernatchez L. 1998. The ghost of hybrid past : fixation of arctic charr (*Salvelinus alpinus*) mitochondrial DNA in an introgressed population of lake trout (*S. namaycush*) // Molecular ecology. — Vol. 7. — P. 127–132.