

Гибридизация рыжих (*Clethrionomys glareolus* (Schreber, 1780)) и красных (*Clethrionomys rutilus* (Pallas, 1779)) полевков в зоне симпатрии на Среднем Урале: данные многолетнего мониторинга

Хомяк Д.Н., *khomiak_dn@ipae.uran.ru*. Лаборатория филогенетики и биохронологии, Институт экологии растений и животных УрО РАН
Научный руководитель А.В. Бородин

Введение

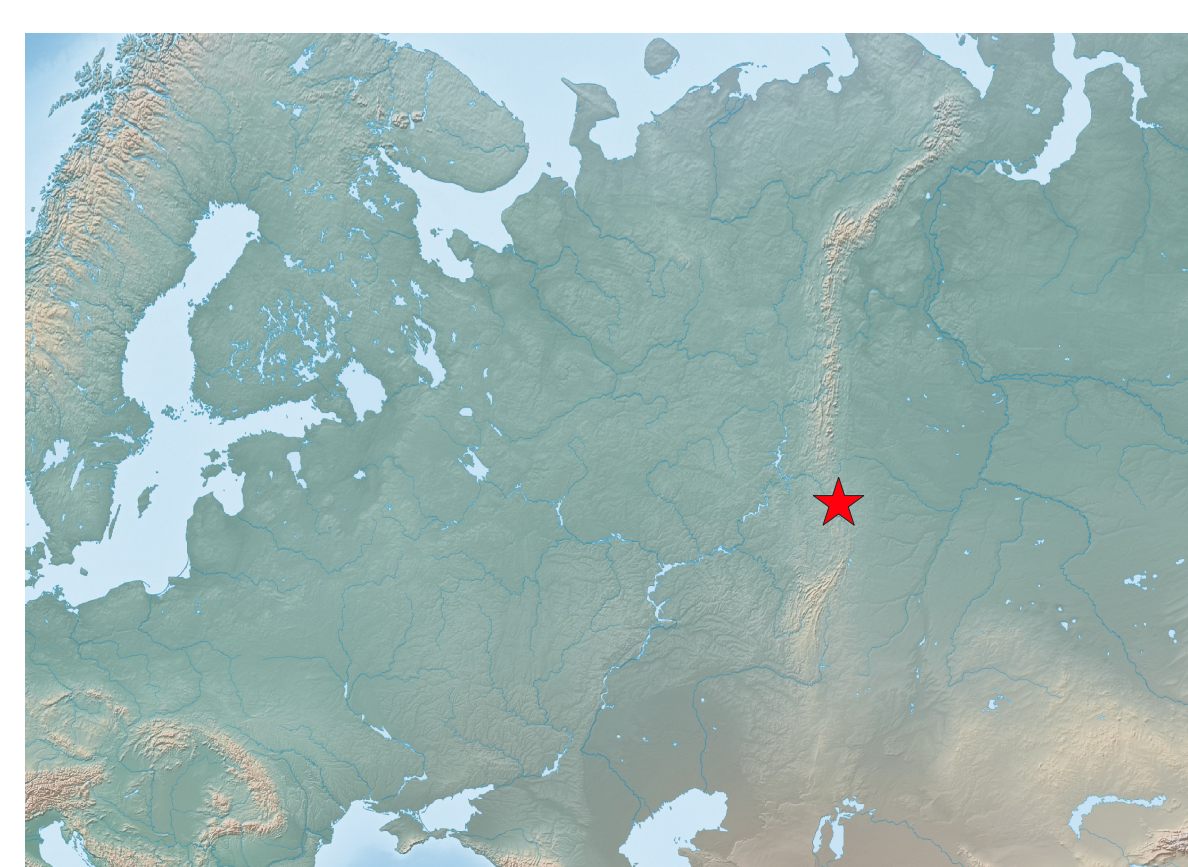
Данные по естественной и экспериментальной гибридизации видов лесных полёвок делают их подходящим объектом для исследований вклада межвидовой гибридизации млекопитающих в эволюционный процесс. В 2005 году на территории Висимского заповедника был отловлен первый гибрид *C. rutilus* и *C. glareolus* первого поколения [1]. Этот гибрид был отловлен в фазу депрессии численности мелких млекопитающих [2]. В этой же популяции обнаружено присутствие интрогрессии, то есть внедрения митохондриального генома *C. rutilus* в генофонд *C. glareolus* [3].

Гипотеза: вероятность гибридизации *C. rutilus* и *C. glareolus* зависит от численности этих видов.

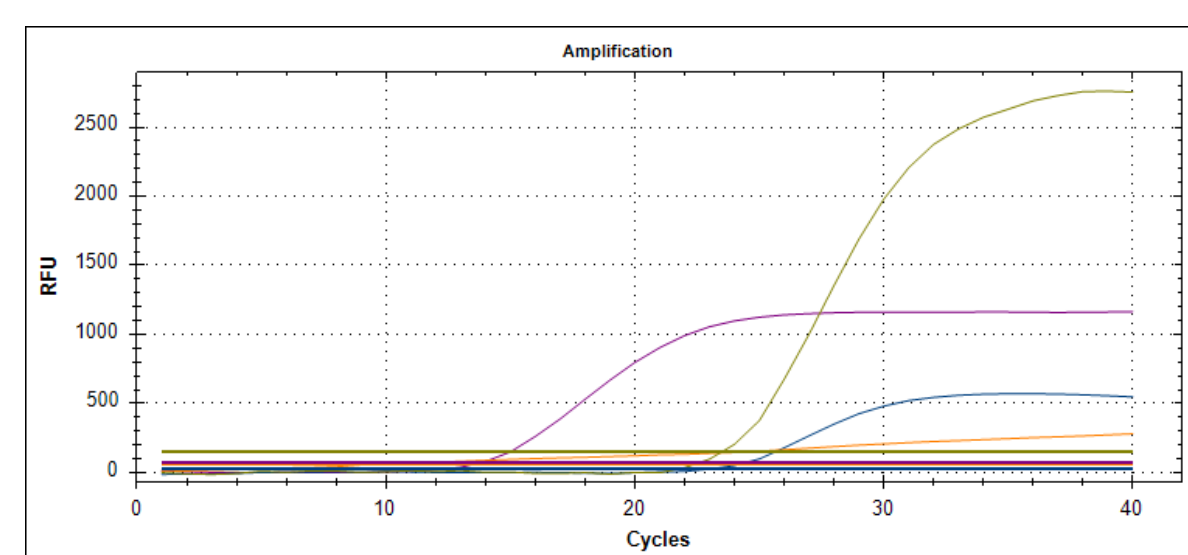
Цели:

- 1) определить связь частоты гибридизации *C. rutilus* и *C. glareolus* и динамики численности обоих видов в естественных условиях симпатрии
- 2) определить многолетнюю динамику интрогрессии митохондриального генома *C. rutilus* в исследуемую популяцию *C. glareolus*

Материалы и методы



Материал: отловы мелких млекопитающих на территории Висимского государственного природного биосферного заповедника Средний Урал, 57°22' с. ш., 59°46' в. д., 538 м над ур. м.) за 2008-2023 годы, проведённые Ю.А. Давыдовой и И.А. Кшнясевым. Используются данные о численности обоих видов, возрасте, репродуктивном статусе, варианте онтогенеза и фазе цикла сообщества ММ (депрессия-рост-пик-нециклический режим). Сезонные отловы сгруппированы в годовые. Для статистического анализа использовались также данные [3].



Материал генотипирован с помощью реал-тайм ПЦР-системы. Статистический анализ: биномиальные LASSO и GLM логит-регрессия. Сравнение моделей во всех случаях проводилось с помощью критерия Акаике, скорректированного для малых выборок (AICc) либо критерия Шварца (BIC).

Список литературы

1. Абрамсон Н. И. [и др.]. Современная и историческая интрогрессия митохондриальной ДНК между красной (*Clethrionomys rutilus*) и рыжей (*Clethrionomys glareolus*) полевками (Rodentia, Cricetidae) Федеральное государственное бюджетное учреждение "Российская академия наук", 2009. С. 415-418.
2. Бородин А. В., Давыдова Ю. А., Фоминых М. А. Природный гибрид красной (*Clethrionomys rutilus*) и рыжей (*Clethrionomys glareolus*) полевков (Rodentia, Arvicolinae) на Среднем Урале // Зоологический журнал. 2011. № 5 (90). С. 634-640.
3. Melnikova (Rodchenkova) E. N. [и др.]. Sympatric area of *Myodes glareolus* and *M. rutilus* (Rodentia, Cricetidae): historic and recent hybridization // Proceedings of the Zoological Institute RAS. 2012. № 4 (316). С. 307-323.

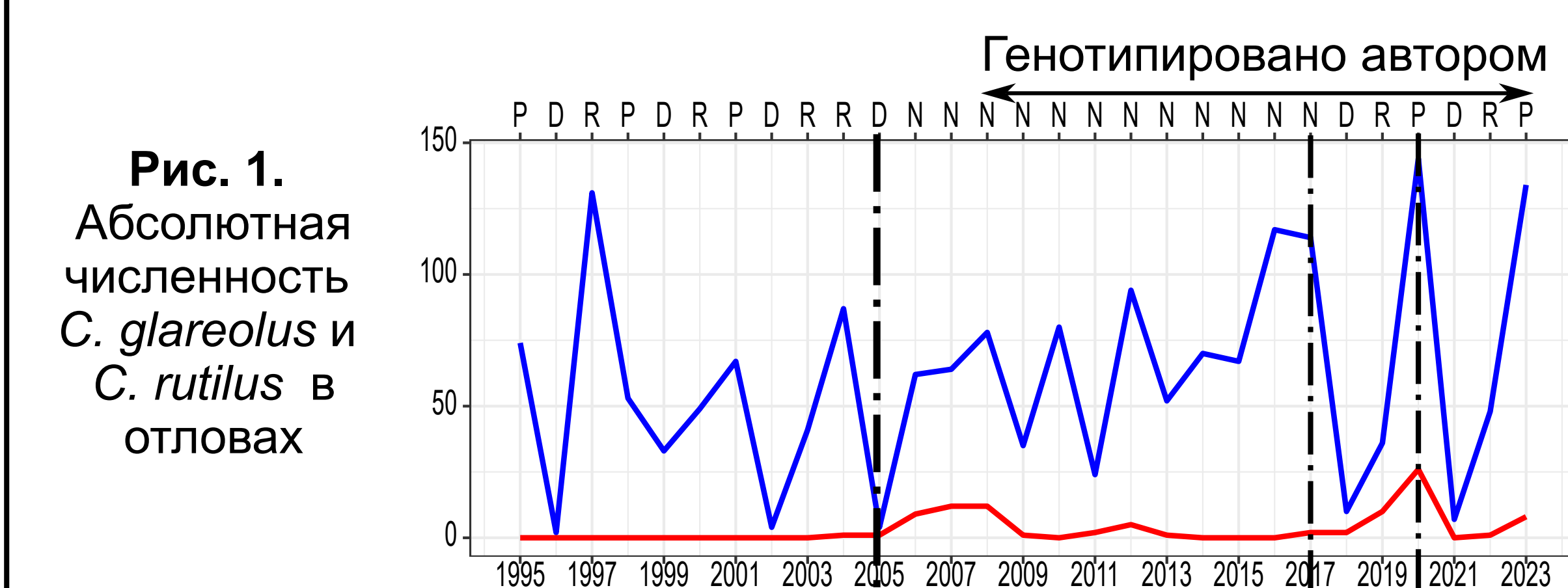


Рис. 1. Абсолютная численность *C. glareolus* и *C. rutilus* в отловах

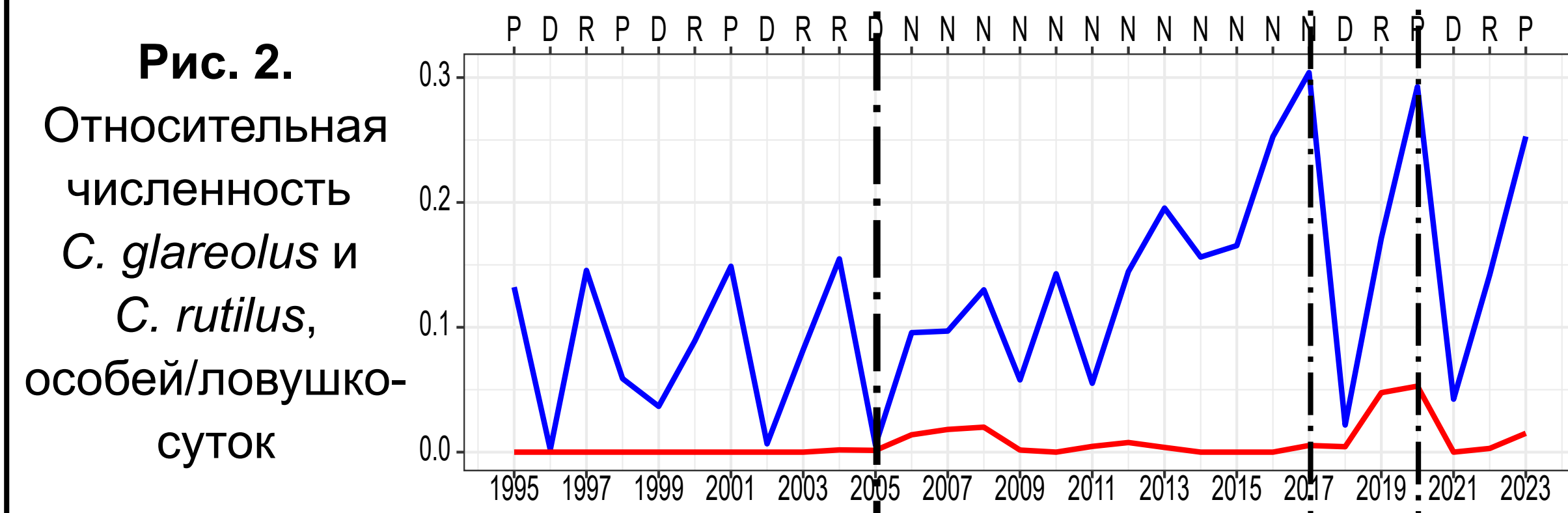


Рис. 2. Относительная численность *C. glareolus* и *C. rutilus*, особей/ловушко-суток

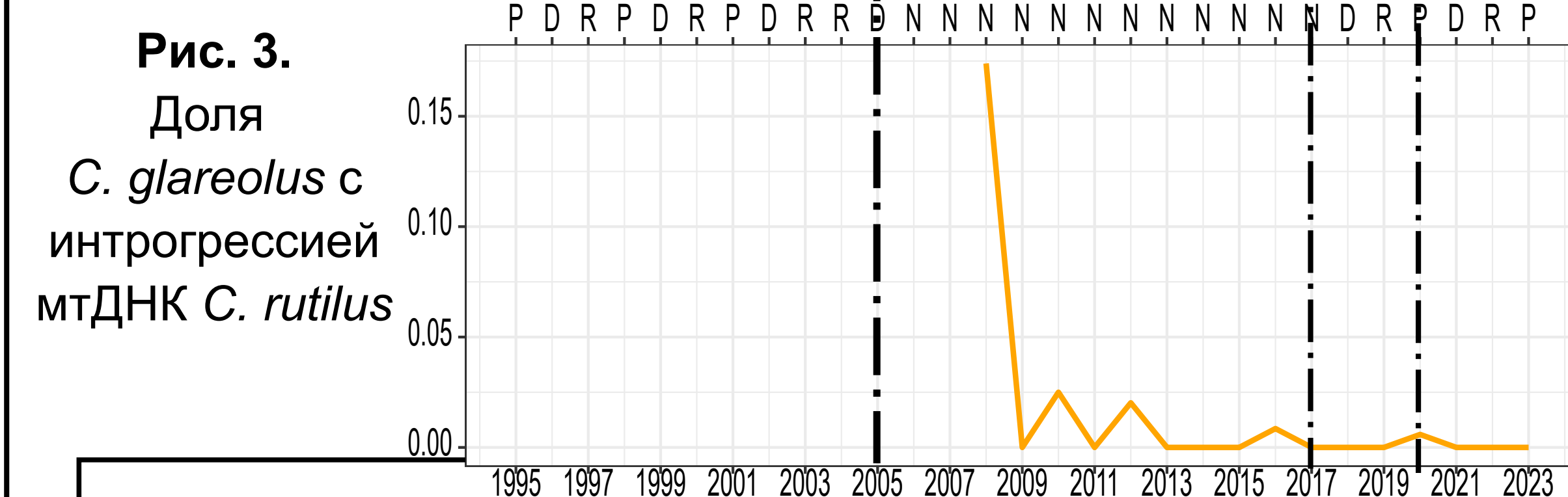


Рис. 3. Доля *C. glareolus* с интрогрессией мтДНК *C. rutilus*

— *C. glareolus* — *C. rutilus* — *C. glareolus* с мтДНК *C. rutilus*
Фазы динамики: D - депрессия; R - рост; P - пик; N - нециклический режим численности
| - Отметки годов с гибридами

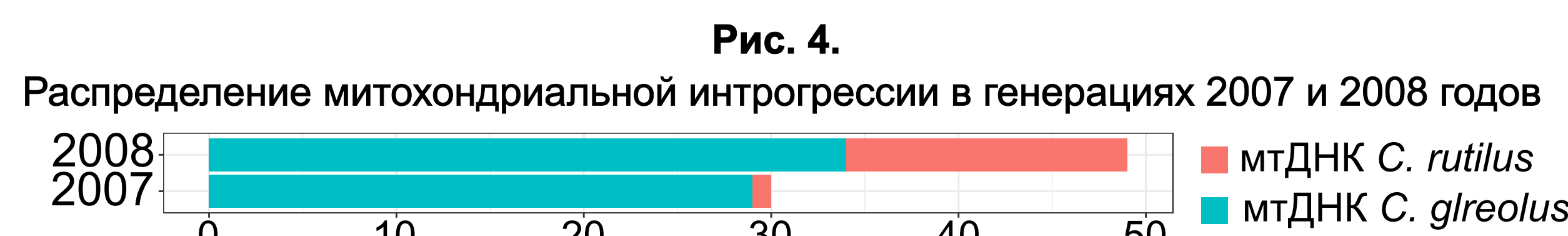


Рис. 4. Распределение митохондриальной интрогрессии в генерациях 2007 и 2008 годов

Сравнение моделей митохондриальной интрогрессии в отловах 2008-2009 годов

Модель	df	LL	BIC	ΔBIC	Вес по BIC
"Генерация"	2	-3.08	7.5	0	0.993
нулевая модель	1	-8.32	17	9.79	0.007

Генотипировано 1007 полёвок. Выявлено 3 гибридных особи: 2 отловлены в 2017 году, 1 в 2020. Обнаружено 22 особи, гомозиготных по ядерному аллелю LCAT *C. glareolus*, несущих митохондриальный маркер COI, интерпретированных, как особи *C. glareolus* с интрогрессией мтДНК *C. rutilus*: 16 особей в отловах 2008 года, 2 – в 2010, 2 – в 2012, 1 – в 2016, 1 – в 2020 годах (Рис.3).

В 2008 году наблюдается существенная диспропорция между долей особей с интрогрессией в генерации 2007 и 2008 годов: 1 особь с интрогрессией из 31 в генерации 2007 года против 15 из 49 в генерации 2008 (Рис. 4). GLM-анализ показывает значимость предиктора «год генерации» ($p=0.016$) (Табл. 4). В новой генерации шанс получить особь с интрогрессией изменяется в среднем с 5% до 31%.

Результаты

Результаты отбора предикторов с помощью LASSO-регрессии. ОЧР - относительная численность *C. glareolus*, ОЧК - относительная численность *C. rutilus*

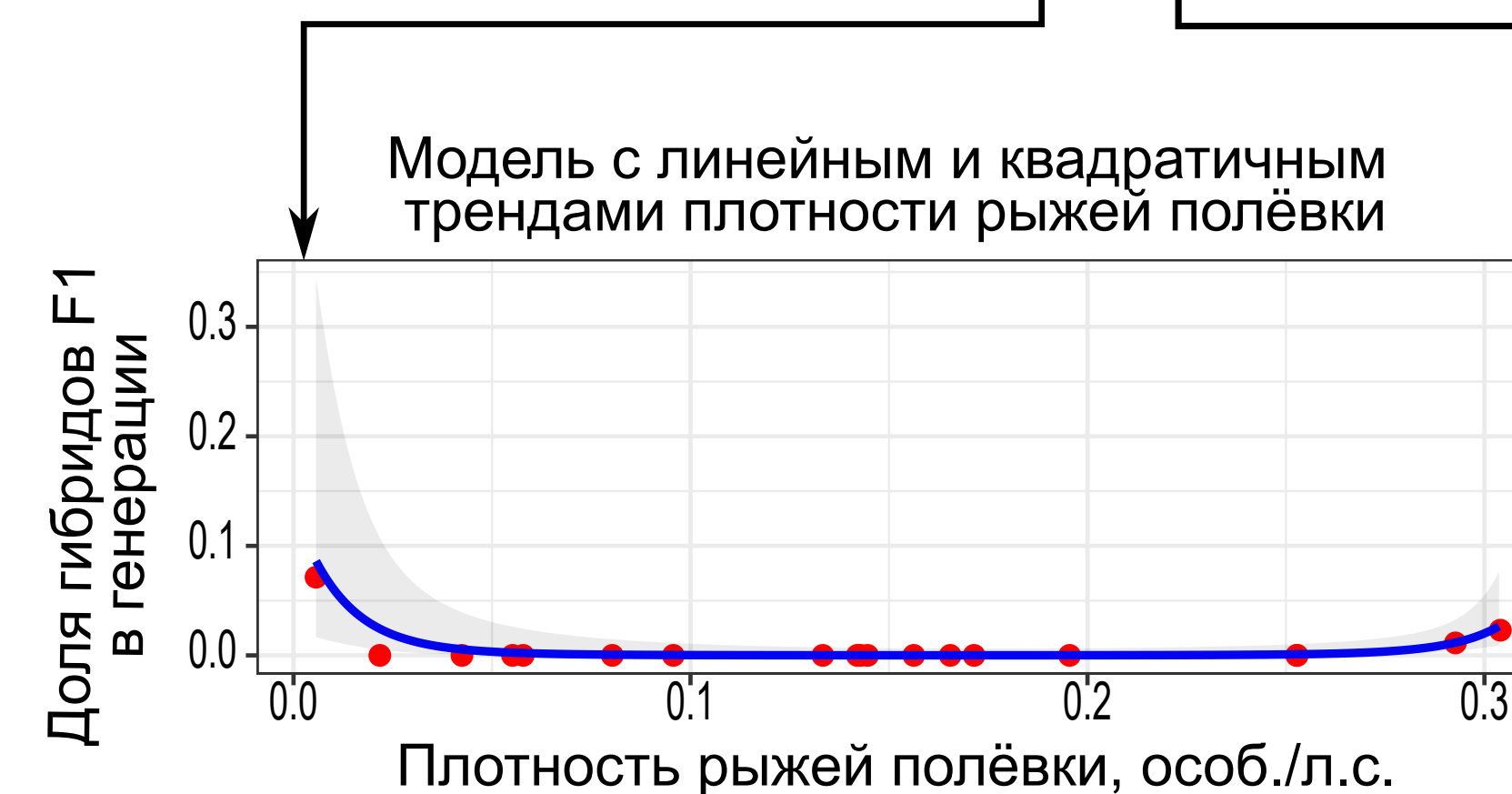
Табл. 1.

Предиктор	Коэффициент
Свободный член	-6.63
ОЧР	-
ОЧР ²	6.06
ОЧК	-
ОЧРхОЧК	-
ОЧК ²	-
Маркер депрессии	0.76
Маркер нециклического режима	-
Маркер пика	-
Маркер роста	-

LASSO-регрессия отобрала в качестве предикторов маркер депрессии и квадрат относительной численности *C. glareolus* (Табл. 1).

Табл. 2. Отбор GLM-моделей логит-регрессии по величине AICc.

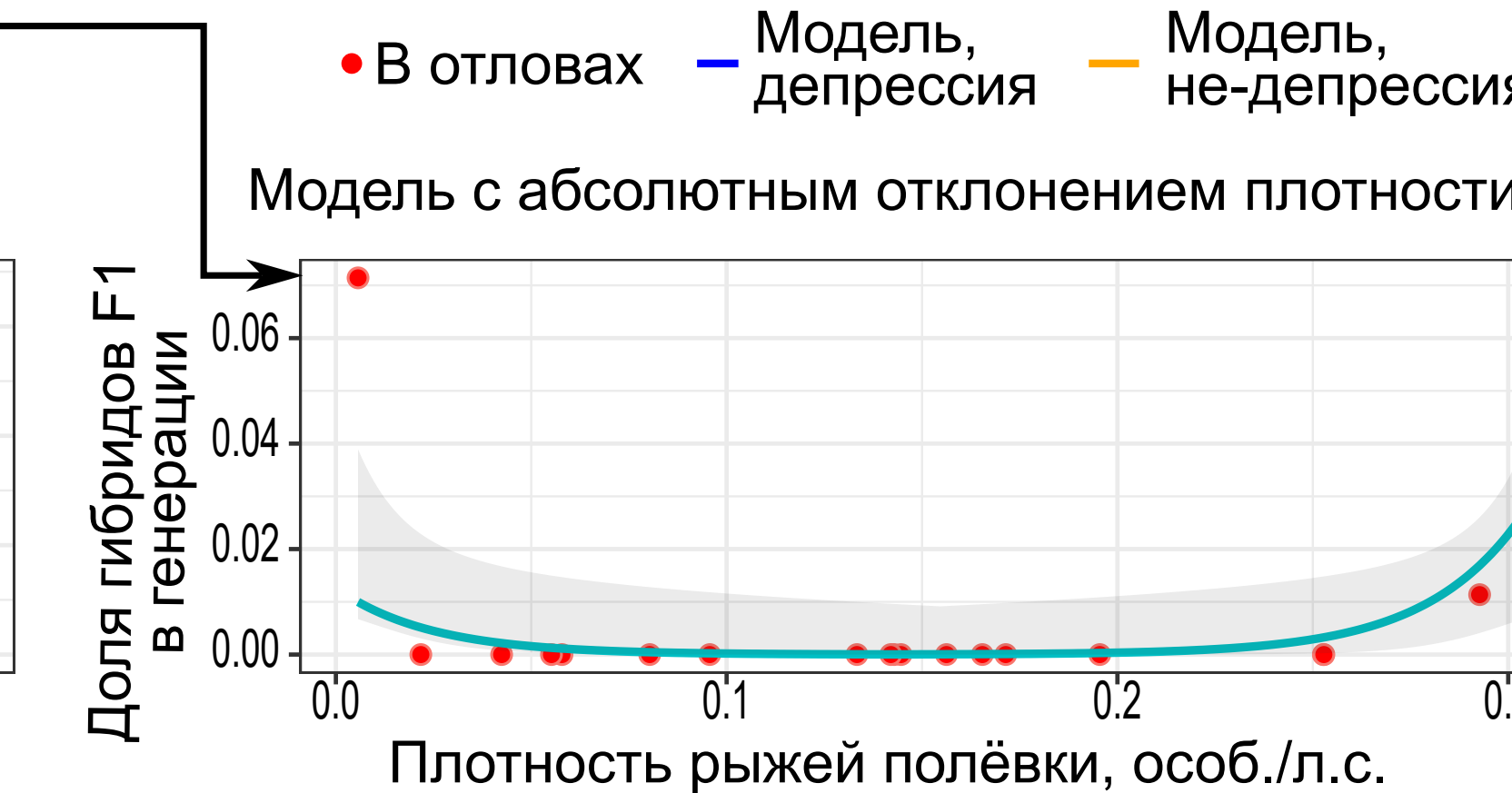
Модель	df	LL	AICc	ΔAICc	Вес по AICc
Абсолютное отклонение ОЧР и маркер депрессии	3	-3.42	14.4	0	0.344
Первая и вторая степени ОЧР	3	-3.48	14.6	0.12	0.324
Абсолютное отклонение ОЧР	2	-5.11	15	0.52	0.265
Первая и вторая степени ОЧР и маркер депрессии	4	-3.48	17.8	3.37	0.064
Нулевая модель	1	-10.7	23.6	9.14	0.004
Первая и вторая степени ОЧК	3	-10.3	28.2	13.77	0
Полная модель	9	-3.26	44.5	30.06	0



Доля гибридов F1 в генерации

Модель с линейным и квадратичным трендами плотности рыжей полевки

• В отловах — Модель



Доля гибридов F1 в генерации

Модель с абсолютным отклонением плотности и маркером депрессии

• В отловах — Модель, не-депрессия

Подход с использованием GLM показал, что существуют три модели, практически неразличимые по качеству (Табл. 2). Все включают только численность рыжей полевки, либо в виде абсолютного отклонения от среднего, либо в виде многочлена второй степени.

Заключение

- 1) Гибридизация *C. glareolus* и *C. rutilus* происходит на исследуемом участке регулярно
- 2) Несмотря на показанную в экспериментах асимметрию гибридизации, в естественных условиях происходит межвидовое скрещивание по обоим вариантам видовой принадлежности родителей.
- 3) По имеющимся данным, наилучшим предиктором гибридизации может выступать отклонение численности от среднего значения.
- 4) Митохондриальная интрогрессия в популяциях рыжих полевков имеет сложную динамику, и может быть подвержена существенным колебаниям.

Благодарности

Выражаю благодарность к.б.н. Ю.А. Давыдовой и к.б.н. И.А. Кшнясеву, а также коллективу Лаборатории филогенетики и биохронологии за помощь в проведении исследования и обсуждение результатов.