

Изучение особенностей строения подошвенной поверхности лап мелких млекопитающих интересно как с точки зрения видовой идентификации, так и для оценки адаптации к условиям обитания. Важно, что данные параметры можно исследовать неинвазивно — по отпечаткам лап (Apeldoorn et al., 1993; Palma, Gurgel-Gonçalves, 2007; Russell et al., 2009). Морфология стоп представителей рода *Clethrionomys* изучена недостаточно. Нам известна лишь одна работа (Apeldoorn et al., 1993), в которой представлены схемы отпечатков передних и задних лап представителей *Soricidae* и *Rodentia*, в том числе для *C. glareolus*. Авторами предложены критерии видовой идентификации, основанные на промерах и углах между отпечатками подушечек и пальцев. Делается вывод о принципиальной возможности определения вида по отпечаткам лап, однако подчёркивается необходимость учёта возрастных и межпопуляционных особенностей. Согласно данным Samargo et al. (2008), подошвенные поверхности задних лап, в отличие от передних, обладают более высокой дискриминационной способностью при межвидовых сравнениях и лучше коррелируют с типом локомоции, что обусловлено их более узкой функциональной специализацией.

Цель: сравнительная оценка морфометрических параметров отпечатков задней лапы рыжей полёвки (*Clethrionomys glareolus* Schreber, 1780) из природных популяций, различающихся по географическому положению (Средний и Южный Урал, Восточная и Северо-Западная Европа), а также их сопоставление с данными особей из лабораторной колонии.



Рис 1: Рыжая полёвка (*C. glareolus*).
Фото: Толкачёв О.В.



Рис 2: Подошвенная поверхность задней лапы рыжей полёвки.
Фото: Мануйлова Т. И.

Задачи:

- Оценить зависимость морфометрических параметров отпечатков лап рыжей полёвки от массы тела;
- Проанализировать параметры отпечатков лап полевок из разных местообитаний;
- Выявить морфометрические признаки отпечатков лап, не зависящие от массы тела и местообитания животных.

Материалы и методы:

Для анализа использована коллекция следовых картриджей, собранная в трёх местообитаниях рыжей полёвки:

- Окрестности д. Хомутовка, Свердловская область – 9 особей
- Заповедник Шайтан-Тай, Оренбургская область – 12 особей
- Лабораторные животные (потомки особей, отловленных на территории Свердловской области) – 6 особей

Измерения отпечатков задней лапы проводили в программе **Toup View**. Статистический анализ выполнен в среде **R v. 4.4.3 (R Core Team, 2026)**.

В работе использован набор промеров, описанный в статье Apeldoorn et al. (1993). Перпендикуляры: А-2-4 (рис. 4 - сиреневый), А-1-5 (рис. 4 - красный), F-1-5 (рис. 4 - красный), 3-2-4 (рис. 4 - сиреневый); угол ВАF (рис. 4 - синий), CD+DE+CE (рис. 4 - зеленый).

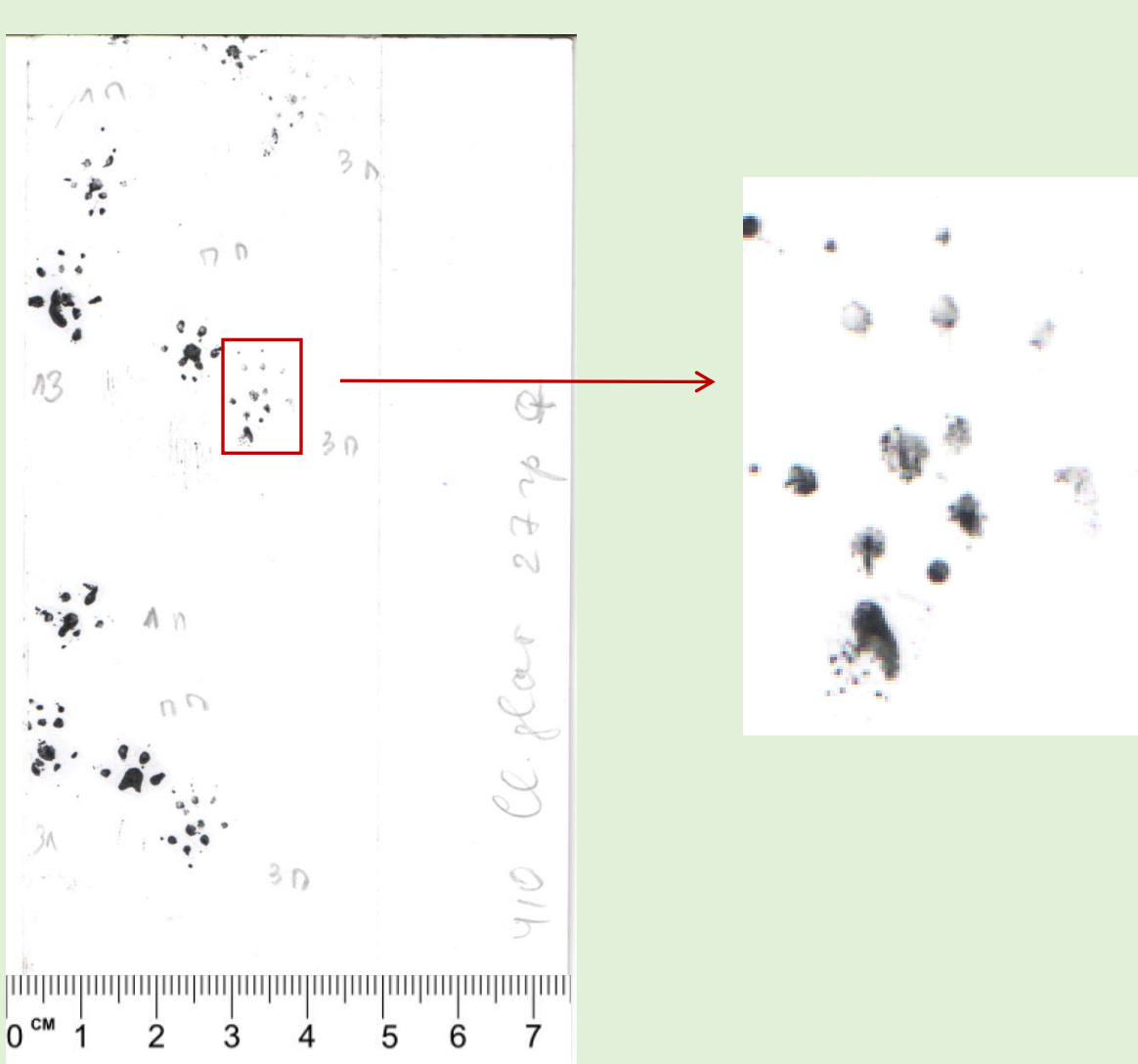


Рис 3: Следовой картридж и отпечаток правой задней лапы рыжей полёвки.

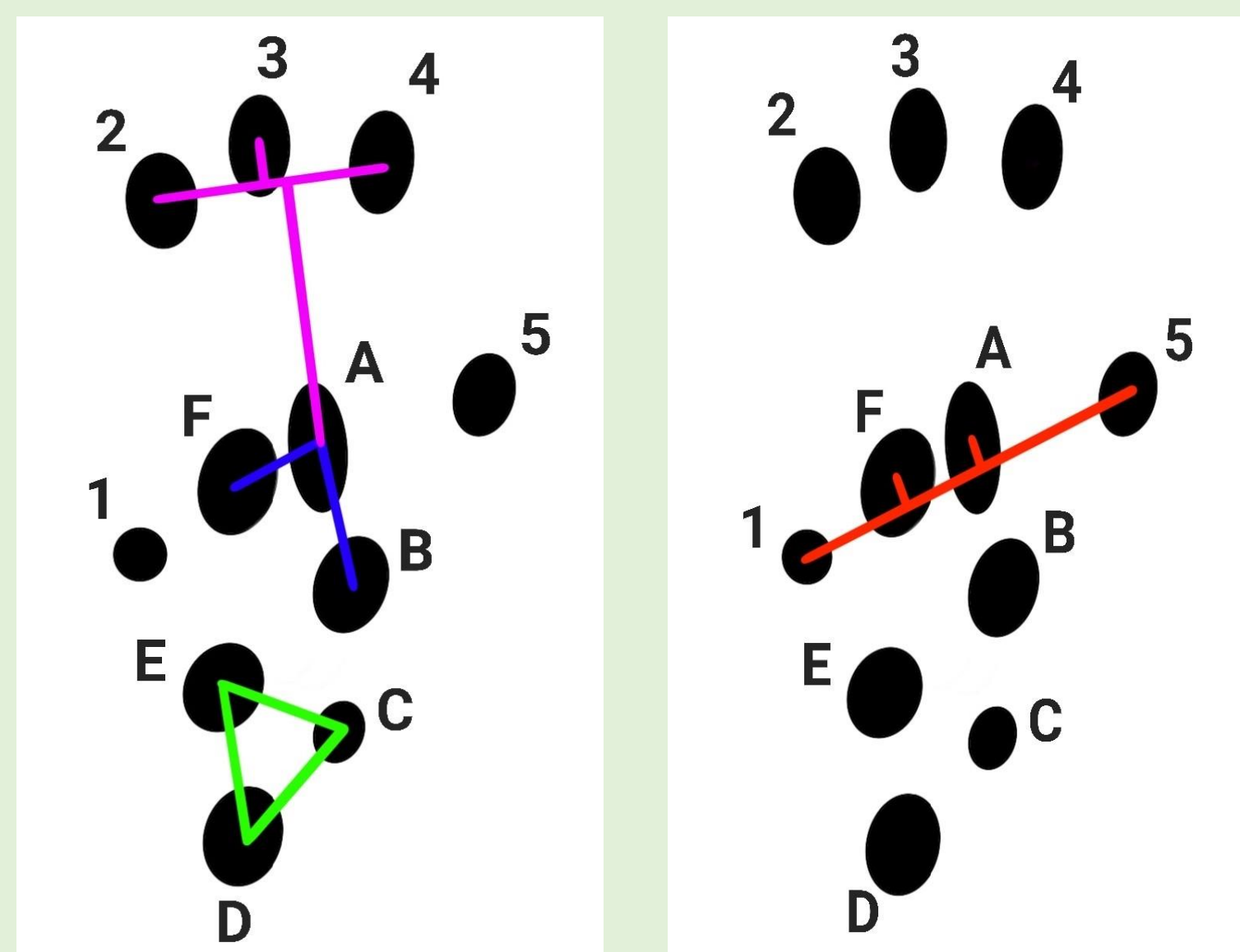


Рис 4: Схемы отпечатков правой задней лапы рыжей полёвки с промерами.

Результаты

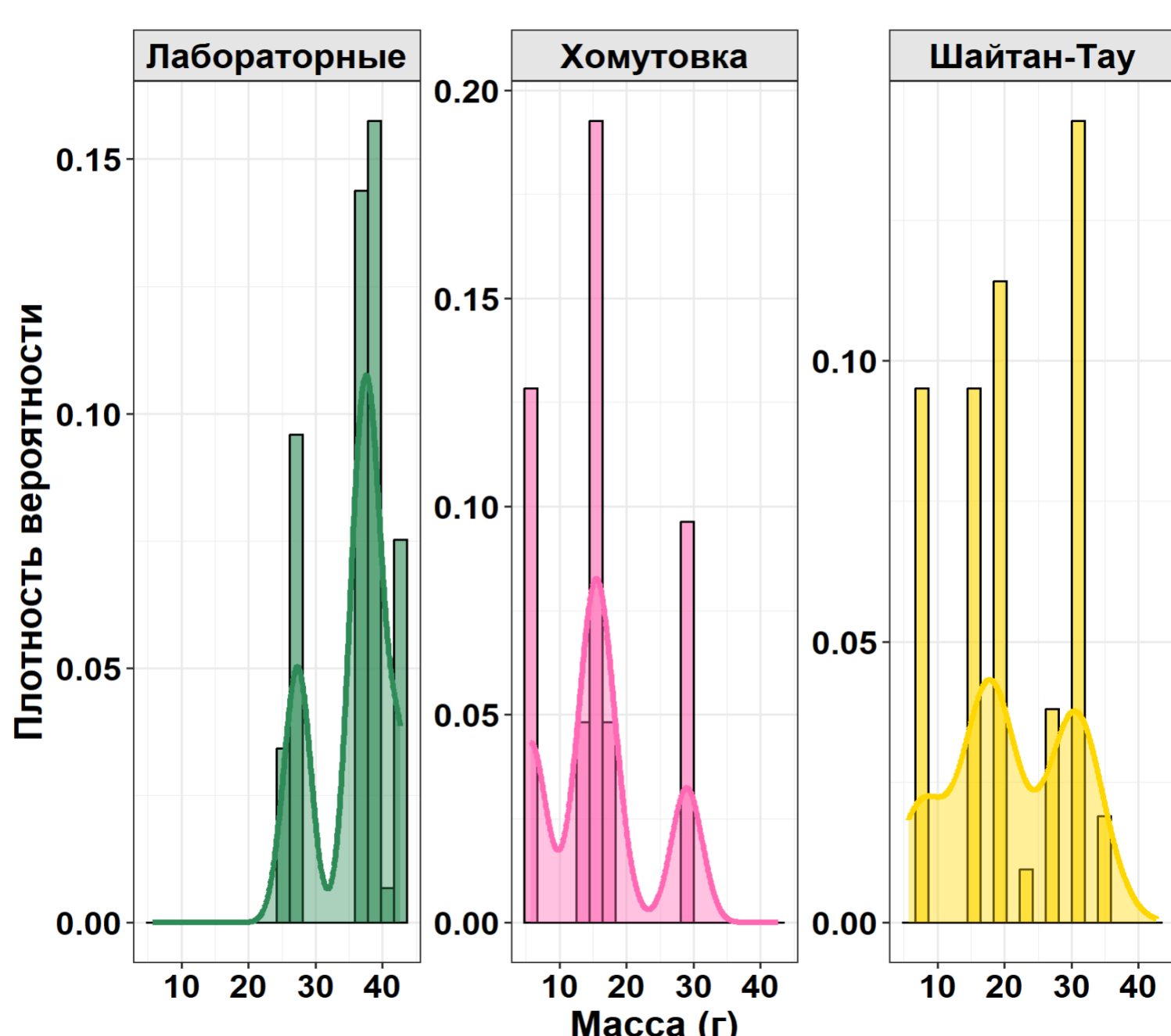


Рис 5. Распределение массы тела особей в изучаемых местообитаниях.

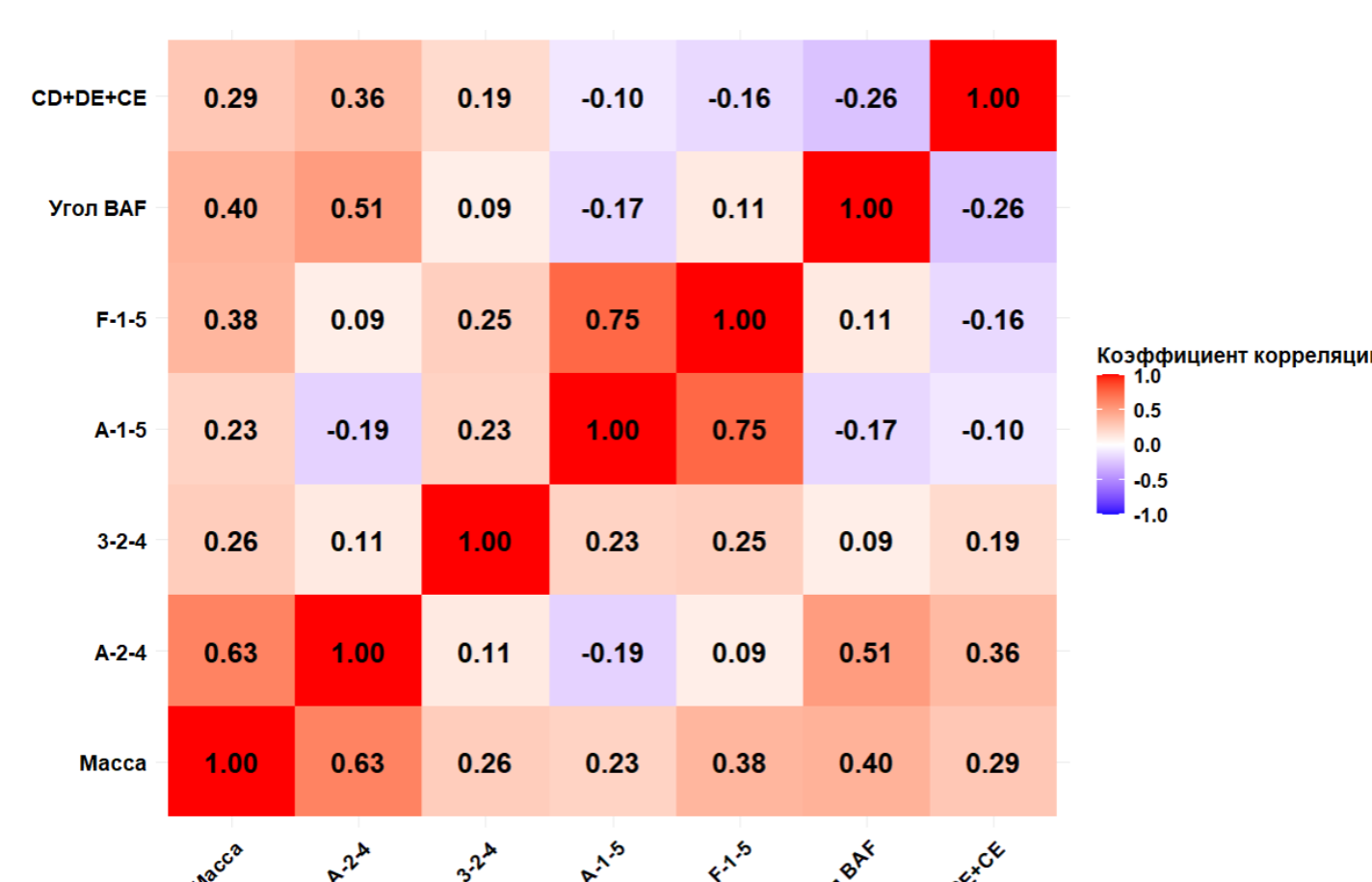


Рис 6. Корреляционная матрица промеров отпечатков лап и массы тела.

Промер А-2-4 обнаружил сильную корреляцию с массой, что, вероятно, связано с возрастным удлинением пальцев. Угол ВАF умеренно положительно коррелирует с массой. Промеры, характеризующие взаимное расположение второго и четвёртого пальцев (3-2-4), ширину (А-1-5), а также расстояние между нижними подушечками (сумма расстояний в треугольнике CDE), слабо зависят от массы (рис. 6).

Таблица. Морфометрические параметры отпечатков задних лап рыжей полёвки

Промеры	Урал (наши данные)		Польша (Apeldoorn et al., 1993)		Дания (Apeldoorn et al., 1993)	
	N	Mean ± SD	N	Mean ± SD	N	Mean ± SD
A-2-4 (мм)	157	3,3 ± 0,4	47	3,1 ± 0,3	107	3,3 ± 0,4
3-2-4 (мм)	158	0,6 ± 0,2	47	0,3 ± 0,3	104	0,6 ± 0,3
A-1-5 (мм)	151	1,2 ± 0,3	36	0,6 ± 0,4	77	0,9 ± 0,5
F-1-5 (мм)	151	0,8 ± 0,3	36	0,2 ± 0,3	77	0,6 ± 0,4
CD+DE+CE (мм)	86	6,7 ± 1,1	36	6,5 ± 0,6	50	5,8 ± 0,7
Угол ВАF (град.)	158	82,0 ± 11,4	37	84,6 ± 8,8	106	80,1 ± 11,4
F-1-5/A-1-5 (мм)	150	0,3 ± 0,1	-	-	-	-
N особей	27		27		29	

Отпечатки задних лап рыжей полёвки из уральских популяций отличаются от европейских (польских и датских) большими значениями промеров А-1-5 и F-1-5 при сходных показателях А-2-4, суммы сторон треугольника CDE и угла ВАF. Однако вопрос статистической значимости различий остается открытым.

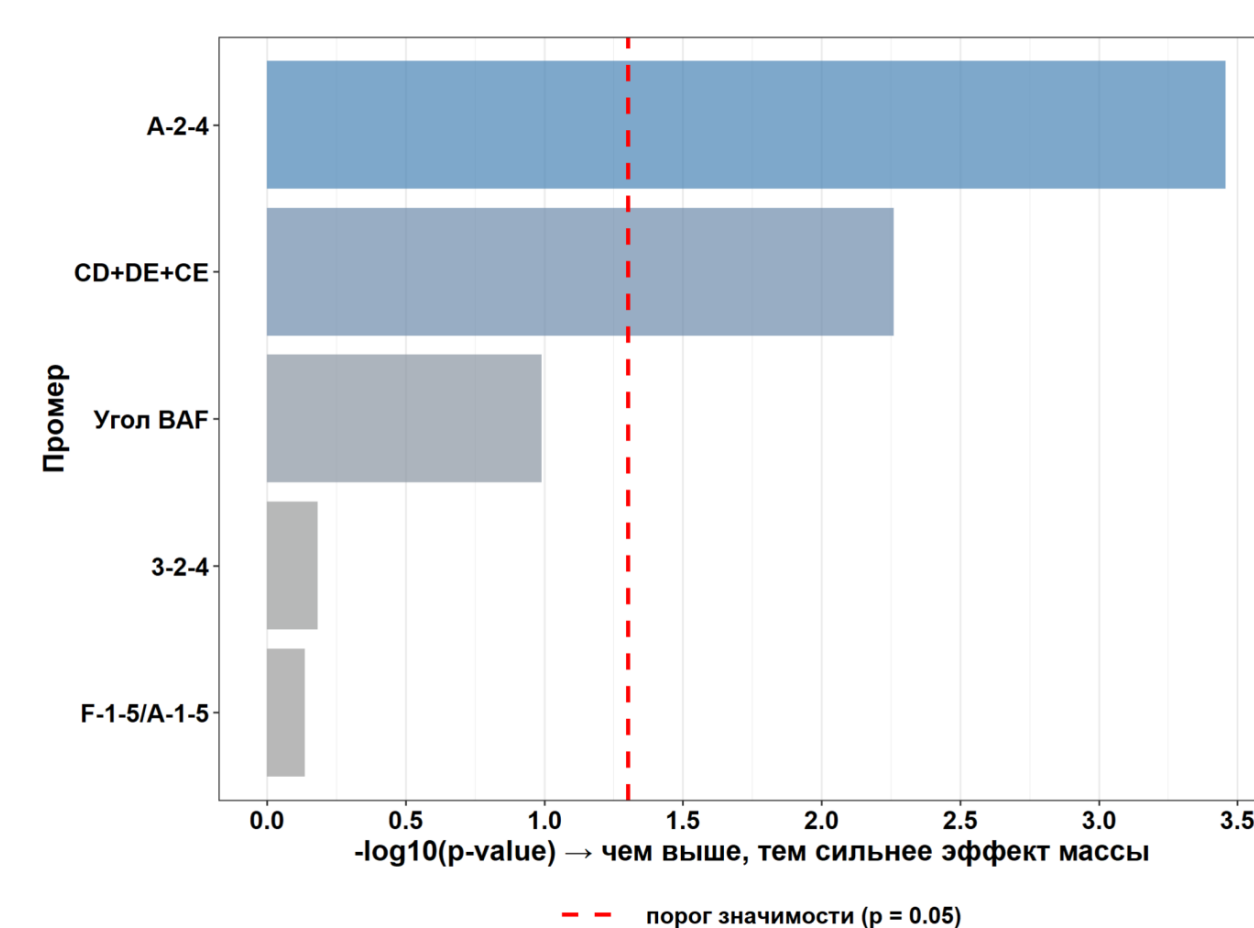


Рис 7: Зависимость морфометрических промеров от массы тела животных (ковариационный анализ).

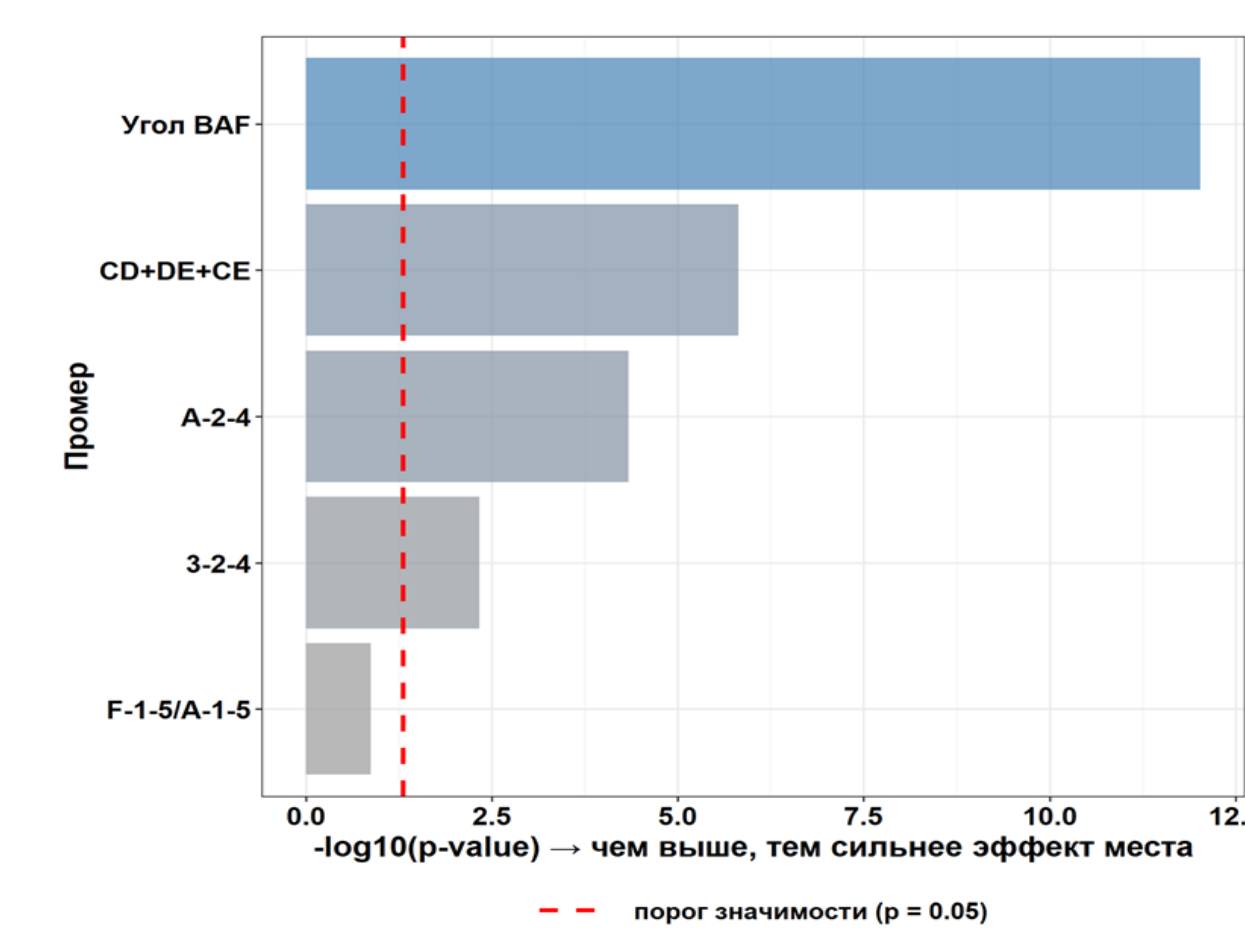


Рис 8: Зависимость морфометрических промеров от условий местообитания (ковариационный анализ).

Результаты ковариационного анализа подтвердили статистически значимое влияние массы тела полевок на такие промеры, как перпендикуляр А-2-4, сумму сторон треугольника CDE, а местообитания на все изучаемые параметры за исключением отношения перпендикуляров F-1-5 и А-1-5 (рис. 7, 8).

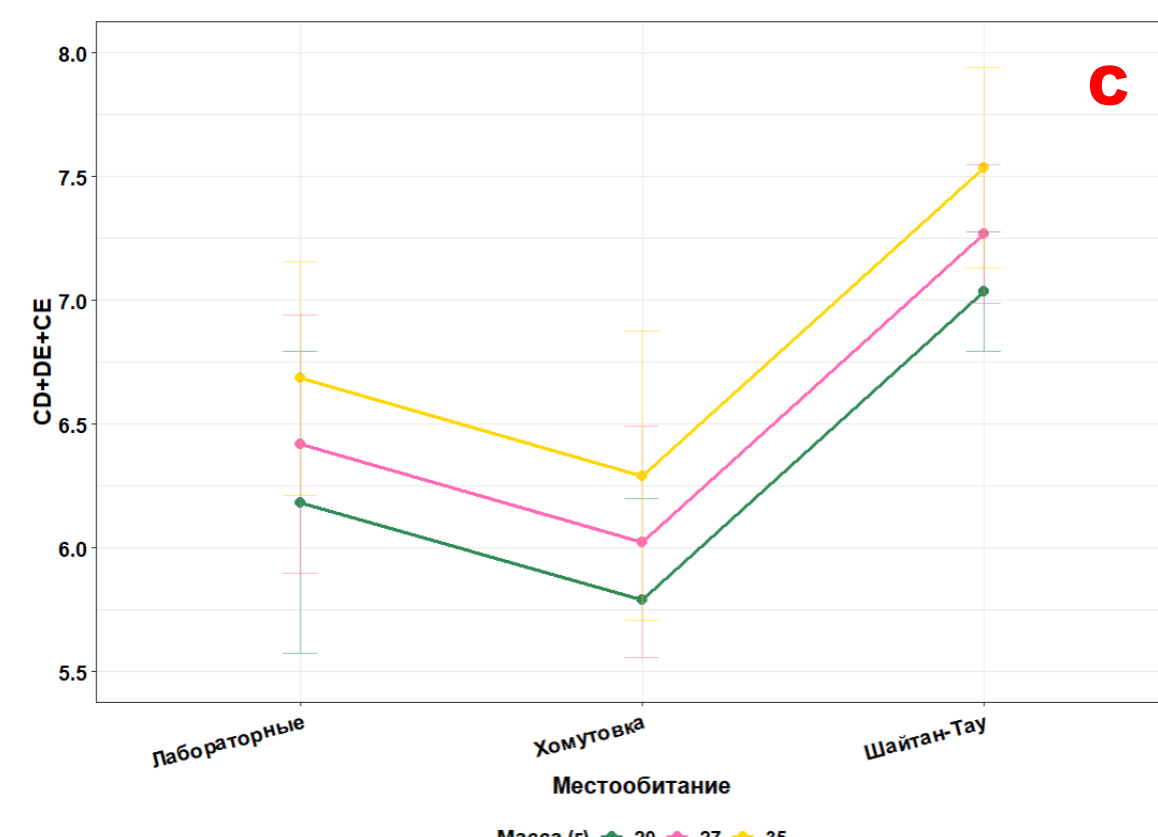
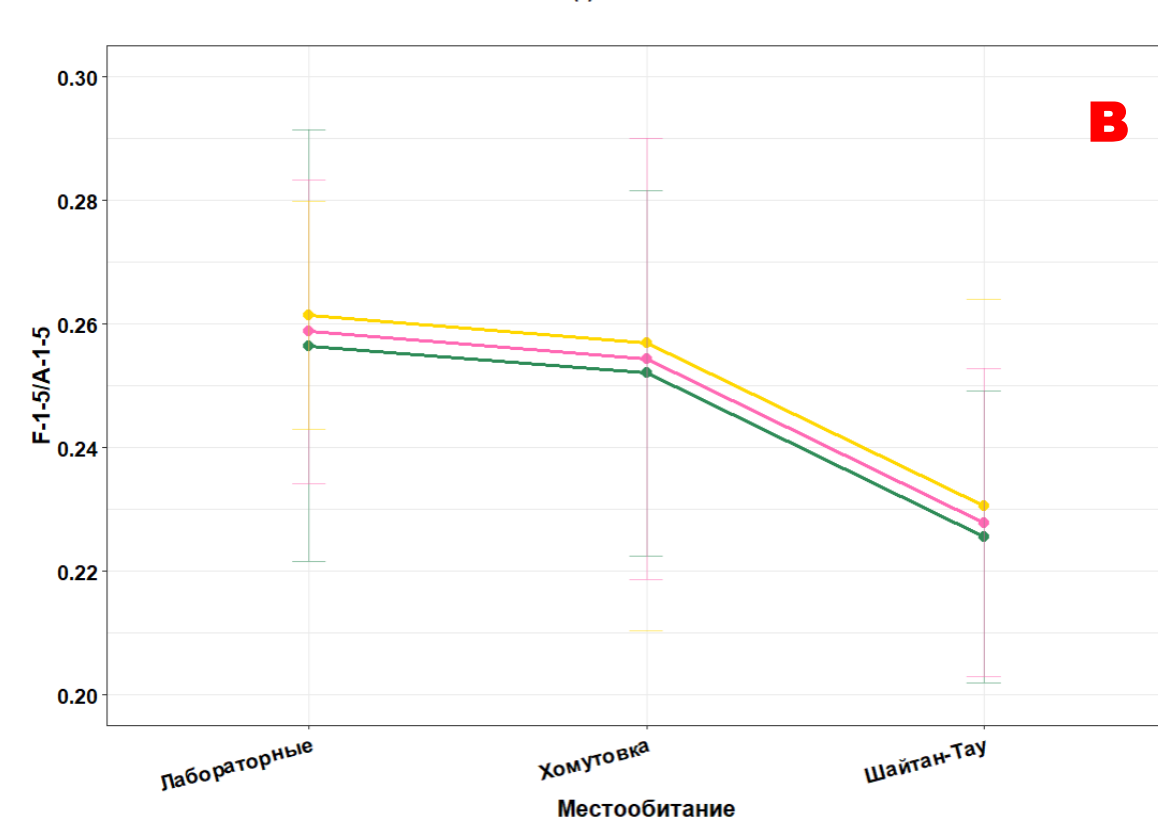
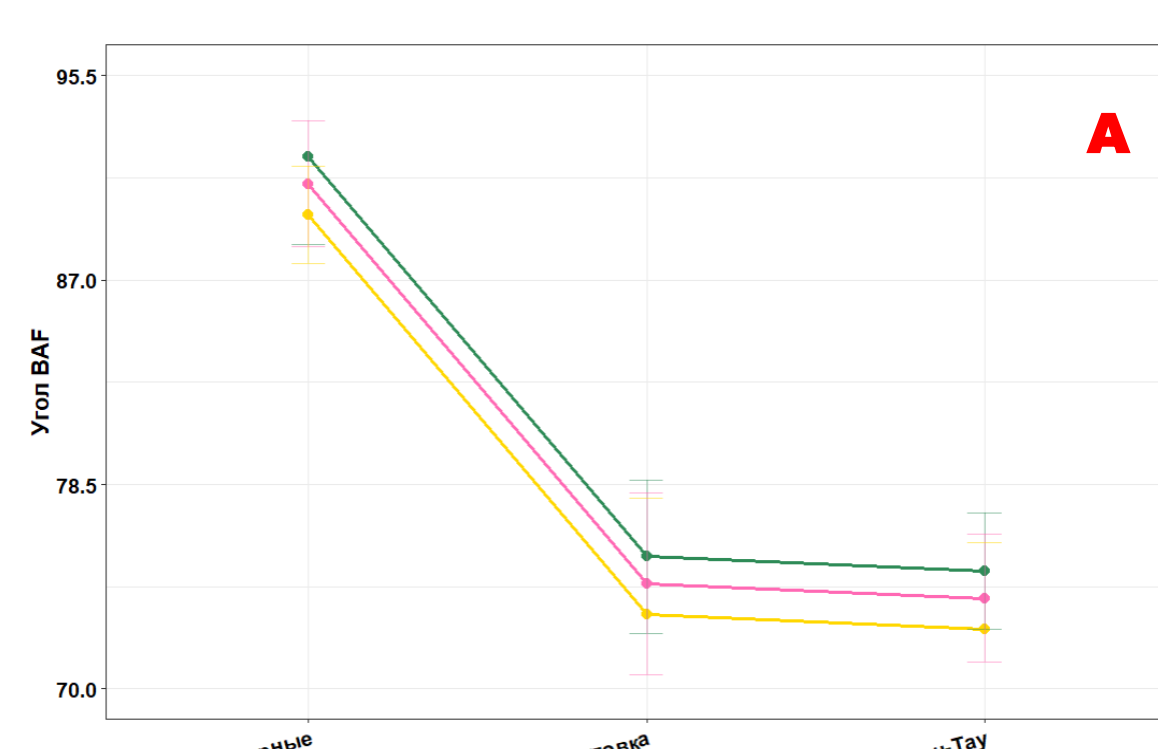


Рис 9. Предсказанные средние значения отклика в зависимости от местообитания рыжей полёвки при трёх фиксированных массах тела (ковариационный анализ). А – угол ВАF; В – отношение перпендикуляров F-1-5/A-1-5; С – сумма между подушечками (CDE).

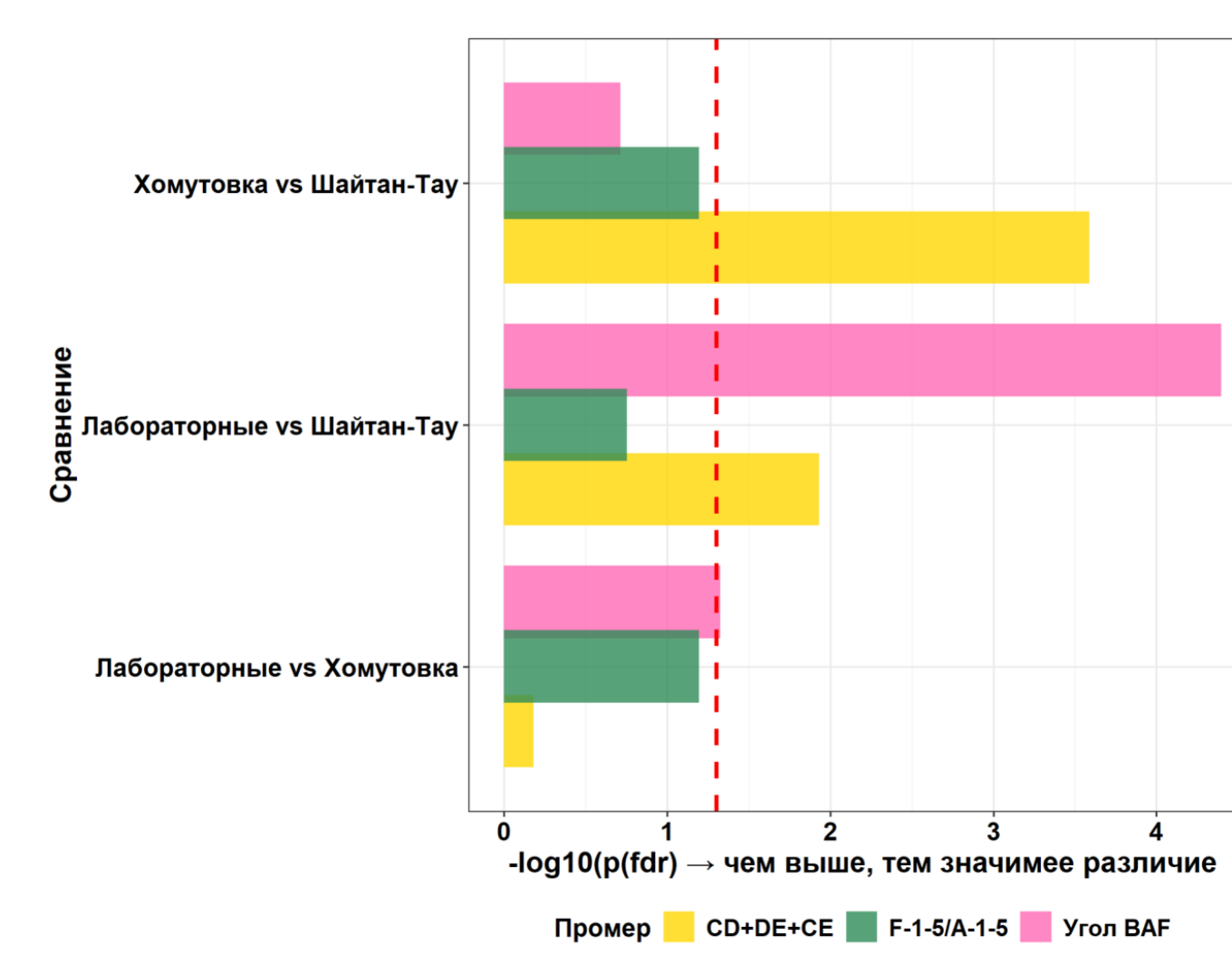


Рис 10. Попарные сравнения морфометрических промеров отпечатков задних лап рыжей полёвки из разных местообитаний (ковариационный анализ).

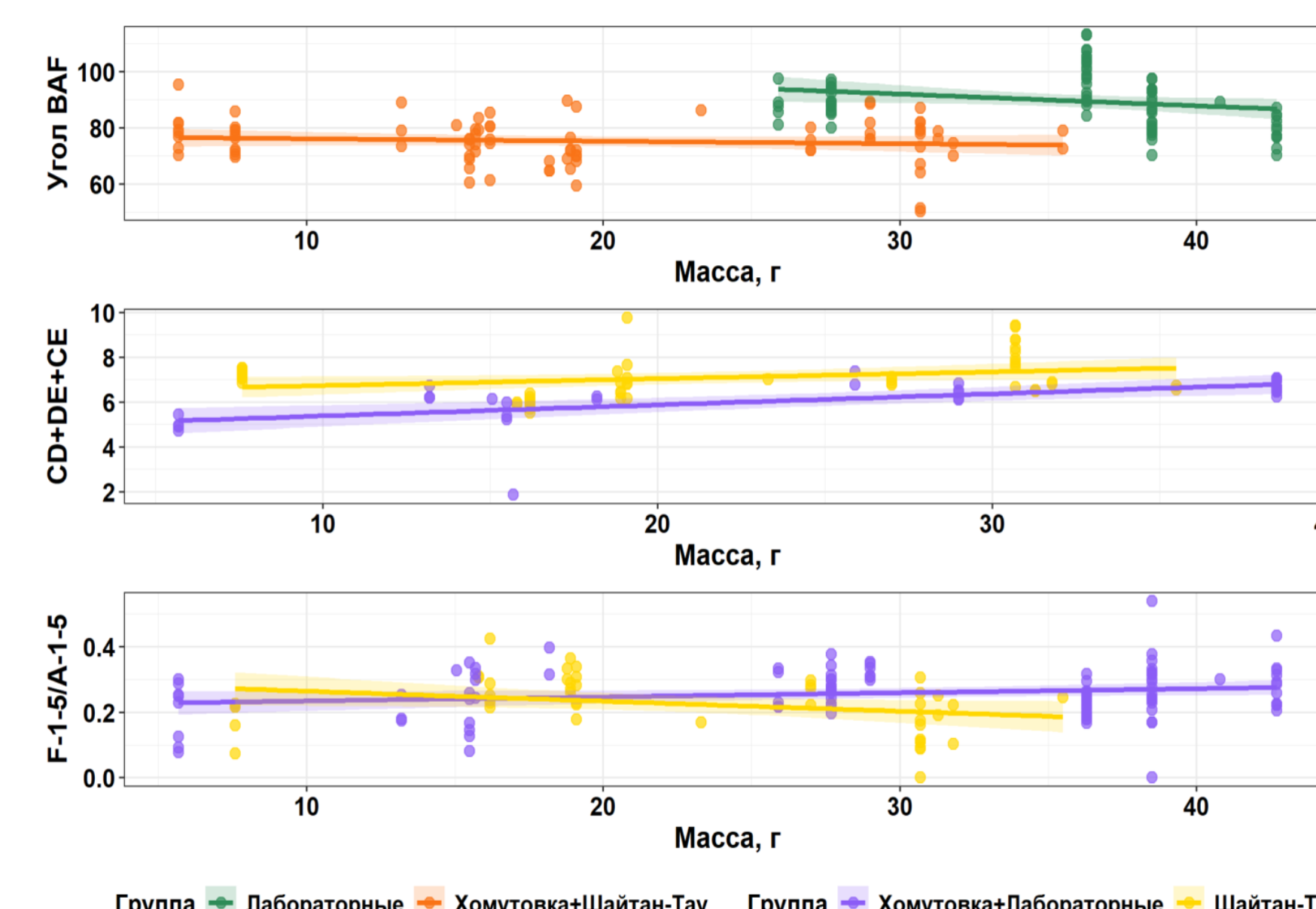


Рис 11. Зависимость морфометрических показателей (угол ВАF, CD+DE+CE, F-1-5/A-1-5) от массы тела: контрасты между изучаемыми группами. Линии – подгонка методом наименьших квадратов отдельно в каждой группе.

Угол ВАF у лабораторных рыжих полевок оказался на 16–17° выше, чем у особей из двух природных популяций ($p < 0,001$). Предположительно, это связано с особенностями развития животных, рожденных и выращенных в лабораторных условиях. Сумма расстояний между подушечками (CDE) у особей из популяции Шайтан-Тай значительно превышает аналогичный показатель в сравнении с объединенной выборкой особей рыжей полёвки с территории Свердловской области (разница составляет 0,85–1,25 мм, $p < 0,02$). Отношение перпендикуляров F-1-5/A-1-5 не отличается между изученными местообитаниями (рис 8, 9(B), 11).

Закключение

На данном этапе показано, что большинство линейных промеров, предложенных Р. Ван Апелдорном с соавторами, обладают ограниченной диагностической ценностью для видовой идентификации рыжей полёвки по отпечаткам лап. Причиной этому служит либо их сильная зависимость от массы животного, либо от особенностей местообитания. В качестве наиболее стабильных морфометрических маркеров, пригодных для анализа природных популяций, выделены угол ВАF и отношение промеров F-1-5/A-1-5. Эти параметры демонстрируют минимальную вариабельность. Полученные результаты формируют основу для понимания закономерностей изменчивости метрических характеристик отпечатков лап рыжей полёвки и открывают возможность для их углубленного анализа с применением методов геометрической морфометрии и нейросетевых моделей.