



УДК [599.323](470.11)(045)

Экспресс-метод определения пола неполовозрелых особей мышевидных грызунов (Rodentia: Cricetidae) без проведения вскрытия

Л.Я. Сабурова

Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики им. академика Н.П. Лаверова
Уральского отделения Российской академии наук, пр. Никольский 20, 163020 Архангельск, Россия;
e-mails: dirnauka@fciarctic.ru, lida.mergasova@yandex.ru

Представлена 03 августа 2023; после доработки 11 апреля 2024; принята 6 мая 2024.

РЕЗЮМЕ

Предложен новый эффективный способ определения пола у неполовозрелых мышевидных грызунов семейства хомяковые (Cricetidae Fischer, 1817) путем физического воздействия на мочеиспускательную зону промежности. Апробация метода проводилась на 212 неполовозрелых особях пяти видов: *Myodes rutilus* Pallas, 1779, *M. glareolus* (Schreber, 1780), *Alexandromys oeconomus* Pallas, 1776, *Agricola agrestis* (Linnaeus, 1761) и *Myopus schisticolor* (Lilljeborg, 1844). Верификацией метода служило контрольное вскрытие особей. Применение экспресс-метода на тестируемом материале оказалось результативным в 88.5–100% случаев, в зависимости от вида животного. Использование морфологических характеристик (масса и длина тела, аногенитальное расстояние) позволило идентифицировать пол только у четырех видов, с точностью до 76.2–93.5%. Успешность нового метода превысила результаты определения пола морфометрическими способами для сеголеток *M. schisticolor* и *M. glareolus* на 19% и 6.8%, соответственно. Примерно одинаковые значения точности всех тестируемых методов установлены для *M. rutilus*. Для *A. agrestis* использование классических морфометрических характеристик на 4.6% эффективнее, чем у нового метода. Для сеголеток *A. oeconomus* результативным был только новый метод определения пола. При выборе неанатомического метода определения пола у сеголеток семейства Cricetidae необходимо ориентироваться на вид изучаемого грызуна. Использование нового метода в первую очередь рассчитано для идентификации пола живых зверьков.

Ключевые слова: аногенитальное расстояние, генитальный сосочек, мышевидные грызуны, пол, экспресс-метод

Express method for determining the sex of fingerlings of mouse-like rodents (Rodentia: Cricetidae) without anatomization

L.Ya. Saburova

N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences,
Nikolsky Prospekt 20, 163020 Arkhangelsk, Russia; e-mails: dirnauka@fciarctic.ru, lida.mergasova@yandex.ru

Submitted August 3, 2023; revised April 11, 2024; accepted May 6, 2024.

ABSTRACT

A new effective method for sex determination of immature mouse-like rodents of the hamster family has been used (Cricetidae Fischer, 1817) based on physical impact on the urinary perineal area. The 212 immature specimens of five rodent species was tested: *Myodes rutilus* Pallas, 1779, *M. glareolus* (Schreber, 1780), *Alexandromys oeconomus* Pallas, 1776, *Agricola agrestis* (Linnaeus, 1761), *Myopus schisticolor* (Lilljeborg, 1844). Verification of the

new method was provided using a control dissection of the studied samples of rodent. The effectiveness of express method of sex determination for under yearling rodent was 88.5–100% among samples of studied species. The effectiveness of morphological characteristics (body weight and length, anogenital distance) was 76.2–93.5% in the sex identification and only for four studied species. The new method was more successful than morphometric methods in sex determination for studied samples of immature *M. schisticolor* and *M. glareolus* by 19% and 6.8%, respectively. The close results had been detected for both methods in sex determination of *M. rutilus*. For sex determination of immature specimens of *A. agrestis* the morphometric characteristics effectiveness was 4.6% higher compared to the new method. For studied samples of *A. oeconomus* only the new method of sex determination of an under yearling specimens was effective. The preference in choose of non-anatomical method of sex determination of immature specimens of Cricetidae family is directly depends on the species of study rodent. The new method can be used in studies with vital animals.

Keywords: anogenital distance, genital papilla, mouse-like rodents, sex, express method

ВВЕДЕНИЕ

Соотношение полов – важный популяционный параметр, играющий большую роль в экологических исследованиях по динамике численности животных. Доля неполовозрелых особей в составе населения отражает биотический потенциал популяции (Шилов [Shilov] 2020). Как правило, это связано с умерщвлением животных. Определение пола неполовозрелых особей мышевидных грызунов без анатомического вскрытия позволяет гуманно проводить зоологические исследования (Денисов [Denisov] 2009; Лебедева и Щеглов [Lebedeva and Shcheglov] 2020) и обработать большой объем выборки в короткие сроки.

Пол взрослых и половозрелых особей в сезон размножения определяют при наружном осмотре. Зрелых самцов отличают по темной или оголенной мошонке и (иногда) по наличию боковых желез, самок – по хорошо заметному влагалищу и соскам (Карасева и др. [Karaseva et al.] 2008). У молодых животных пол устанавливают по аногенитальному расстоянию (Ryan and Vandenberg 2002; Hotchkis and Vandenberg 2005; Hurd et al. 2008; Manno III 2008; Фомина [Fomina] 2013; Szenczi et al. 2013; Frohlich 2021) и по строению половых органов при вскрытии брюшной полости (Ноздрачев и Поляков [Nozdrachev and Polyakov] 2001; Аниканова и др. [Anikanova et al.] 2007; Карасева и др. [Karaseva et al.] 2008; Тимошкина [Timoshkina] 2012). Несмотря на приведенные многочисленные работы с морфометрическими способами обработки материала, авторами не был предложен надежный метод определения пола неполовозрелых

грызунов, не требующий вскрытия животного. Согласно перечисленным выше методам промеры какого-либо признака должны быть проведены неоднократно. Разработка новых методов определения пола сеголеток без анатомирования направлена на оптимизацию трудозатрат, повышение точности и простоты исполнения.

В настоящее время активно продвигаются и используются разнообразные методы прижизненного определения пола неполовозрелых особей в разных группах животных. Например, пол суточного молодняка домашней птицы (утки, цыплята, индюшата) выявляют с помощью японского метода (вентсексинг), который основан на осмотре клоаки птенца с дифференциацией формы и величины полового бугорка (Куликов [Kulikov] 2002; Наумова [Naumova] 2008; Сидорова [Sidorova] 2009). У новорожденных домашних питомцев (кошки, собаки) половую принадлежность устанавливают с помощью осмотра наружных половых органов, измерения аногенитального расстояния, а также в результате пальпации этого промежутка (Симпсон и др. [Simpson et al.] 2005). Пол рептилий (змеи, крокодилы) определяют методом «выдавливания половых органов», зондированием гемипенисов, пальпацией клоаки (Кудрявцев и др. [Kudryavcev et al.] 1991; Dorcas and Lertpiriyarong 2015). У половозрелых декоративных грызунов (крысы, хомяки, морские свинки, песчанки) пол устанавливают, приподнимая переднюю часть животного или слегка надавливают на живот. Яички и мошонка обычно большие по отношению к общему размеру тела, а паховый канал открыт, что позволяет яичкам свободно проходить из брюшной полости в мошонку (Lennox

and Bauck 2012; Frohlich 2021). Материалы по идентификации пола неполовозрелых грызунов семейства Cricetidae через мочеполовую область промежности в доступной литературе нами не обнаружены.

Основной целью данной работы стала разработка и апробация нового экспресс-метода идентификации пола сеголеток мышевидных грызунов семейства Cricetidae по признакам мочеполовой зоны промежности.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Сбор материала выполнен в 2021 и 2022 гг. в летний и осенний сезоны (июнь, август–сентябрь) на северо-востоке Архангельской области в районе Беломорско-Кулойского плато (65.33° с.ш. 41.11° в.д.). Отлов мышевидных грызунов осуществляли в канавки и давилки Геро (Карасева и др. [Karaseva et al.] 2008; Нумеров [Numerov] 2010). Апробацию метода проводили на 212 ювенильных особях 5 видов грызунов семейства Cricetidae: красная полевка *Myodes rutilus* Pallas, 1779, рыжая полевка *M. glareolus* (Schreber, 1780), эконолка *Alexandromys oeconomus* Pallas, 1776, темная полевка *Agricola agrestis* (Linnaeus, 1761) и лесной лемминг *Myopus schisticolor* (Lilljeborg, 1844) (Табл. 1). Тестирование нового метода для определения пола неполовозрелых сеголеток мышевидных грызунов проведено по материалам 2022 г.

Обработка биологического материала в полевых условиях выполнялась по стандартным методикам (Новиков [Novikov] 1953; Карасева и др. [Karaseva et al.] 2008). При апробации метода выборку неполовозрелых грызунов не

разделяли на возрастные группы. Зверьки были представлены одним возрастным классом (сеголетки).

Русские и латинские названия видов грызунов приведены по А.А. Лисовскому с соавторами (Лисовский и др. [Lisovskij et al.] 2019).

Описание предложенного метода помещено ниже. Валидацией метода служила идентификация пола по гениталиям при анатомическом вскрытии животного (Карасева и др. [Karaseva et al.] 2008). К неполовозрелым особям были отнесены самцы с длиной семенников меньше 8 мм и самки с прозрачными или бледно-розовыми нитевидными рогами матки (Карасева и др. [Karaseva et al.] 2008; Бобрецов [Bobretsov] 2016).

Для сравнения эффективности предложенного метода и морфологических методов определения пола был проведен анализ размерно-весовых признаков, наиболее часто используемых для дифференцировки полов у сеголеток мышевидных грызунов: аногенитальное расстояние, масса и длина тела. Аногенитальное расстояние определяли как длину промежутка от мочеполового отверстия до середины анального отверстия (Манно III 2008; Frohlich 2021). Длину тела зверьков измеряли от кончика носа до анального отверстия (Новиков [Novikov] 1953). Линейные измерения особей проводили с точностью до 0.1 мм; массу тела определяли на весах с ценой деления 0.1 г. Показатели размерно-весовых признаков обрабатывали с помощью описательной статистики в программе PAST v 4.10. (Hammer 2019–2022). Поскольку данная выборка содержала разновозрастных животных и не соответствовала

Таблица 1. Характеристика выборок мышевидных грызунов района исследования.

Table 1. Characteristics of mouse-like rodent samples from the study area.

N	Вид /Species	Число /Number		
		Самки / Females	Самцы / Males	Всего / Total
1	Красная полевка <i>Myodes rutilus</i> / Northern red-backed vole	28	50	78
2	Рыжая полевка <i>M. glareolus</i> / European bank vole	10	25	35
3	Полевка-эконолка <i>Alexandromys oeconomus</i> / Root vole	3/19*	18/14*	21/33*
4	Темная (пашенная) полевка <i>Agricola agrestis</i> / Field vole	15	21	36
5	Лесной лемминг <i>Myopus schisticolor</i> / Wood lemming	32	10	42
	Всего / Total number	88	124	212

Примечание: * выборки 2022/2021 гг.

Note: * samples of the years 2022/2021.

Таблица 2. Размерно-весовые признаки изученных видов мышевидных грызунов.**Table 2.** Size and weight characteristics of the studied species of mouse-like rodents.

Пол / Sex	Аногенитальное расстояние, мм Anogenital distance, mm				Масса тела, г Body weight, g			Длина тела, мм Body length, mm		
	N	Me	lim	U / p	N	Me	lim	N	Me	lim
<i>Myodes rutilus</i>										
Самки / Females	26	6.0	5.0–8.0		28	16.3	12.9–18.3	21	88.3	82.2–94.7
Самцы / Males	46	8.05	4.0–9.9		50	17.0	13.1–21.6	44	90.9	80.8–98.1
Оба пола / Both sexes	72	7.0	4.0–9.9	106 / 0.0001	78	16.7	12.9–21.6	65	90.3	80.8–98.1
<i>M. glareolus</i>										
Самки / Females	9	6.2	6.0–8.1		10	17.1	15.3–20.7	10	90.7	86.1–95.6
Самцы / Males	23	9.0	5.0–11.1		25	17.9	14.9–21.7	24	92.5	85.2–99.1
Оба пола / Both sexes	32	8.1	5.0–11.1	19 / 0.0002	35	17.2	14.9–21.7	34	92.2	85.2–99.1
<i>Alexandromys oeconomus</i> (2021)										
Самки / Females	19	6.0	4.8–8.1		19	21.9	11.97–27.6	19	99.0	76.3–107.7
Самцы / Males	14	6.0	4.0–9.2		14	21.8	10.98–27.9	14	97.41	72.0–102.3
Оба пола / Both sexes	33	6.0	4.0–9.2	127 / 0.83	33	21.9	10.98–27.9	33	98.9	72.0–107.7
<i>Agricola agrestis</i>										
Самки / Females	12	7.1	5.9–9.0		15	19.0	15.9–24.4	15	100.3	94.8–104.1
Самцы / Males	19	10.0	6.1–11.1		20	21.5	17.1–24.2	20	103.5	96.2–111.1
Оба пола / Both sexes	31	9.0	5.9–11.1	17 / 0.0001	35	20.5	15.9–24.4	35	102.4	94.8–111.1
<i>Myopus schisticolor</i>										
Самки / Females	32	8.2	5.0–10.2		32	16.6	13.3–20.4	32	91.5	85.1–97.3
Самцы / Males	10	9.0	8.2–10.1		9	17.6	17.2–22.1	10	91.1	88.3–97.1
Оба пола / Both sexes	42	8.9	5.0–10.2	75 / 0.011	41	17.2	13.3–22.1	42	91.3	85.1–97.3

Примечания: lim – диапазон изменчивости; Me – медиана; N – число экземпляров; p – уровень значимости; U – значения критерия Манна-Уитни.

Notes: lim – limits; Me – median value; N – number of specimens; p – probability value; U – the value of the Mann-Whitney criterion.

нормальному распределению, то записывали медиану (Me) и диапазон (lim) варьирования признака (Табл. 2) (Lang and Secic 2011). Сравнительный анализ аногенитального расстояния между полами у тестируемых видов проводился с помощью критерия – Манна-Уитни (U). Если уровень значимости (p) ≥ 0.05 , то нулевая гипотеза принималась (различий между выборками нет) (Ивантер и Коросов [Ivanter and Korosov] 2011). Соотношение линейных значений аногенитального расстояния и длины тела между полами для четырех из пяти тестируемых видов визуально представляли с помощью ху-графиков (Hammer 2019–2022). Долю перекрытия диапазонов значений аногенитального расстояния между полами и его амбивалентность рассчитывали в процентах (%) от числа неполовозрелых грызунов изучаемой выборки. Степень участия морфологических параметров в дифференциации полов у тестируемых видов

была оценена при помощи пошагового дискриминантного анализа с исключением «недостовверных» переменных в программе Statistica-10.0 (Ивантер и Коросов [Ivanter and Korosov] 2011). Понятие «промежуток» использован в работе как синоним аногенитального расстояния. Понятия «значимо» и «достоверно» использовали как синонимы.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Описание предложенного метода

Морфологически неполовозрелые самцы и самки мышевидных грызунов схожи. При осмотре животного в районе промежности (мочеполовой и анальной) можно наблюдать генитальный сосочек, анус и аногенитальное расстояние (Рис. 1А, В).

Для определения пола неполовозрелых грызунов автором был применен следующий метод

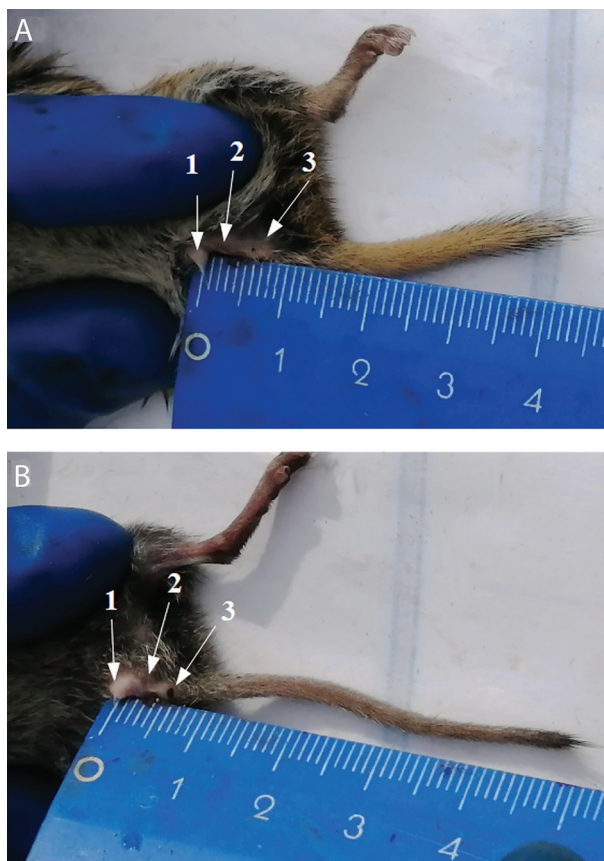


Рис. 1. Наружные половые органы самца *Myodes rutilus* (А) и самки *M. glareolus* (В). Обозначения: 1 – генитальный сосочек; 2 – аногенитальное расстояние; 3 – анальное отверстие (анус). Линейка: цена деления 1 мм.

Fig. 1. External genitalia of male *Myodes rutilus* (A) and female *M. glareolus* (B). Abbreviations: 1 – genital papilla; 2 – anogenital distance; 3 – anal opening (anus). Ruler: graduation 1 mm.

растягивания промежности: одной рукой мы фиксировали животное, пальцами прижимали хвост к поверхности столешницы; второй рукой с помощью пинцета оттягивали вверх генитальный сосочек (Рис. 2А, В). При таком действии растягивался кожный покров аногенитального расстояния и наружных половых органов. Показателем половой принадлежности особи служила открытая половая щель у самок или натянутый промежук у самцов. Для подтверждения пола грызуна мы применяли дополнительный прием: пальцами раздвигали участок кожи под уретральным отверстием. При этом у самок открывалась половая щель, а у самцов промежность оставалась без изменения.

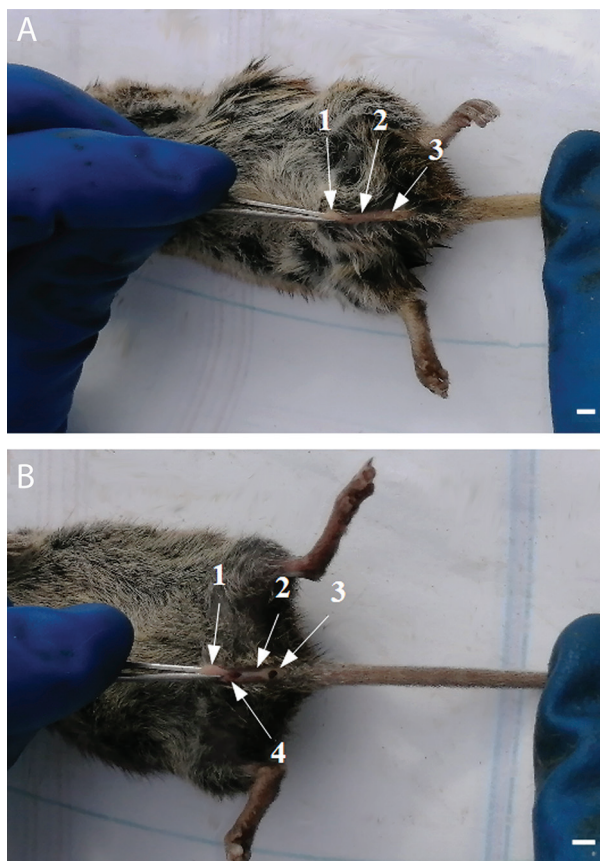


Рис. 2. Апробация экспресс метода на самце *Myodes rutilus* (А) и самке *M. glareolus* (В). Обозначения: 1 – генитальный сосочек; 2 – аногенитальное расстояние; 3 – анус; 4 – вагинальное отверстие. Масштабный отрезок – 2 мм.

Fig. 2. Approbation of the express method on a male *Myodes rutilus* (A) and female *Myodes glareolus* (B). Abbreviations: 1 – genital papilla; 2 – anogenital distance; 3 – anus; 4 – vaginal opening. Scale bar – 2 mm.

В первый год исследования при апробации метода в зоне промежутка были выявлены различные микротрещины, которые образовались в результате применения наибольшей силы натяжения тканей (Рис. 3А–Д). Автор ошибочно полагал, что поверхностный разрыв в форме «узкого полумесяца» под мочевыделительным отверстием (Рис. 3А) и есть половая щель самки. Вскрытие зверьков показало, что такая форма разрывов встречается у обоих полов. Повреждения в виде «нарастающего полумесяца» с ровными краями были как у самцов, так и у самок (Рис. 3В). Комбинированные разрывы (Рис. 3С) по результатам вскрытия оказались только у самцов. У них же были отмечены

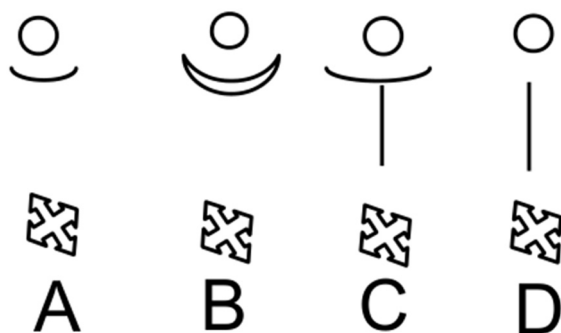


Рис. 3. Варианты разрывов (микротрещин) в зоне промежутка при апробации нового метода. *Обозначения:* ○ – мочевого (самки) / мочепооловое (самцы) отверстие, ☒ – анальное отверстие.

Fig. 3. Variants of ruptures (micro-cracks) in the gap zone when testing a new method. *Abbreviations:* ○ – urethral orifice (females) / urinogenital (males) orifice, ☒ – anus.

вертикальные повреждения, которые не влияли на результативность метода (Рис. 3D).

Сравнение эффективности двух методов определения пола

По результатам экспресс-метода выборка мышевидных грызунов была разделена на самцов и самок. Доля верных значений по новому методу для пяти видов Cricetidae составила 92.0%; из 212 особей пол точно установлен для 195 грызунов (Табл. 3). Для отдельных видов эти значения были: *M. rutilus* – 88.5%, *M. glareolus* – 94.3%, *A. oeconomus* – 100%, *A. agrestis* – 88.9%, *M. schisticolor* – 95.2% (от числа особей с установленным полом по вскрытию в изучаемой выборке). Анатомическое вскрытие животных, проведенное для верификации нового метода, показало, что у неполовозрелых самцов размеры семенников составили 3(1.2–4.5)*2.1 (1.0–4.2) мм (n=84); у самок рога матки были нитевидные и бледно-розовые (n=83). У небольшой части особей – 1.4% самцов и 6.6% самок (от числа с установленным полом по вскрытию), пол не удалось определить из-за проявившихся микротрещин в зоне промежутка.

Сравнение двух методов показало, что для изученных видов они имели разную эффективность. Сравнительный анализ величины аногенитального расстояния показал достоверные различия между полами у четырех из пяти

изученных видов. Оказалось, что у сеголеток мышевидных грызунов самцы имеют большую величину аногенитального расстояния по сравнению с самками (Табл. 2). Для вида *A. oeconomus* значимых отличий этого показателя между полами не установлено (Табл. 2).

Результаты, отражающие взаимоположение значений линейных промеров длины тела и аногенитального расстояния в координатной плоскости представлены на графиках (Рис. 4). При величине аногенитального расстояния более 8 мм (*M. rutilus*, *M. glareolus* и *A. oeconomus*) в выборках находятся только мужские особи (Рис. 4A–C). У самцов темной полевки и лесного лемминга эти показатели составляют более 9 и 10 мм (Рис. 4D, E). При диапазонах аногенитального расстояния от 6.2 до 7.9 мм у *A. oeconomus* и от 5 до 8 мм у *M. schisticolor* в выборках присутствуют исключительно самки (Рис. 4C, E). Для особей *A. agrestis* этот интервал значительно меньше – от 5.9 до 7.9 мм (Рис. 4D). Отклоняющиеся значения аногенитального расстояния наблюдаются в каждой группе у пяти видов грызунов (Рис. 4). Область перекрытия в рядах распределений аногенитального расстояния у обоих полов различных видов грызунов находится в диапазонах: 8–9 мм для *A. agrestis* (n=8), 4–6 мм – *A. oeconomus* (n=18), 6.1–8 мм – *M. rutilus* (n=29), 6.9–8.1 мм – *M. glareolus* (n=10) и 8.2–9.9 мм – *M. schisticolor* (n=22).

Использование рассмотренных морфологических характеристик в рамках дискриминантного анализа позволило идентифицировать пол у четырех изученных видов с точностью 76.2%–93.5%, в зависимости от вида мышевидного грызуна (Табл. 4).

Модели пошагового дискриминантного анализа с последовательным исключением незначительных переменных имели значимые статистические параметры у четырех тестируемых видов. Для *M. schisticolor* в модель были включены все три тестируемые переменные (λ Уилкса 0.70, $F_{(3,38)}=5.4039$, $p<0.003$), но значимыми были только величина аногенитального расстояния и масса тела зверьков. Оба показателя имеют примерно равные веса (вклады) в половой дифференциации сеголеток лесного лемминга.

Для половой дифференциации особей *A. agrestis* необходимый уровень значимости имели аногенитальное расстояние и длина тела

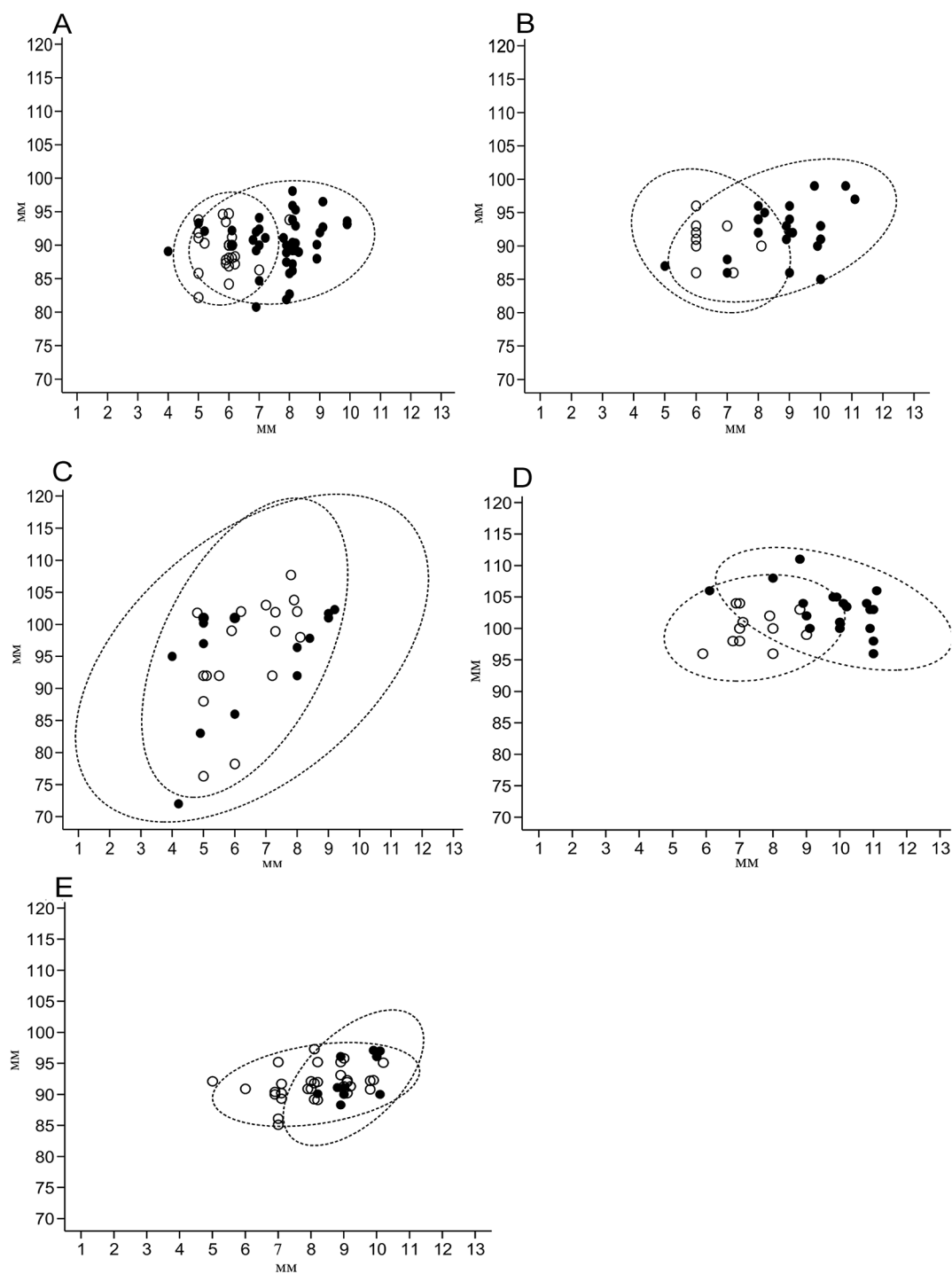


Рис. 4. Визуальный анализ линейных признаков неполовозрелых сеголеток: *Myodes rutilus* (A), *M. glareolus* (B), *Alexandromys oeconomicus* – 2021 (C), *Agricola agrestis* (D) и *Myopus schisticolor* (E). Обозначения: самцы (●), самки (○). Ось абсцисс – аногенитальное расстояние (мм), ось ординат – длина тела (мм).

Fig. 4. Visual analysis of linear features of immature fingerlings: *Myodes rutilus* (A), *M. glareolus* (B), *Alexandromys oeconomicus* – 2021 (C), *Agricola agrestis* (D) and *Myopus schisticolor* (E). Abbreviations: males (●), females (○). The abscissa axis is the anogenital distance (mm), the ordinate axis is the length of the body (mm).

Таблица 4. Результаты пошагового дискриминантного анализа для тестирования трех морфологических параметров в определении полового диморфизма четырех видов мышевидных грызунов сем. Cricetidae.

Table 4. The results of forward stepwise discriminant analysis for sexual dimorphism determination by three morphological parameters of mouse-like rodent species of Cricetidae family.

Параметры / Characters	Лямбда Уилкса Wilks' Lambda	Частичная Лямбда Partial Lambda	F для удаления F-remove	Уровень значимости p-value	Каноническая корреляция Canonical R	Стандартизованные коэффициенты Standardized coefficients	Матрица структуры Factor structure matrix	Точность дифференцировки Differentiation accuracy, %
M. rutilus								
Аногенитальное расстояние, мм Anogenital distance, mm	0.92	0.61	44.57	0.000	0.66	−0.95	−0.98	88.9
Масса тела, г / Body weight, g	0.57	0.98	1.40	0.24		−0.21	−0.33	
Длина тела, мм / Body length, mm	0.56	0.99	0.36	0.55		−	−	
M. glareolus								
Аногенитальное расстояние, мм Anogenital distance, mm	0.99	0.57	22.99	0.000	−	−	−	87.5
Масса тела, г / Body weight, g	0.55	0.98	0.59	0.45		−	−	
Длина тела, мм / Body length, mm	0.56	0.99	0.17	0.68		−	−	
M. schisticolor								
Аногенитальное расстояние, мм Anogenital distance, mm	0.81	0.87	5.85	0.02	0.55	−0.71	−0.69	76.2
Масса тела, г / Body weight, g	0.83	0.84	7.13	0.01		−0.98	−0.69	
Длина тела, мм / Body length, mm	0.75	0.94	2.55	0.12		0.64	−0.25	
A. agrestis								
Аногенитальное расстояние, мм Anogenital distance, mm	0.81	0.45	34.55	0.000	0.79	−0.98	−0.77	93.5
Масса тела, г / Body weight, g	0.36	0.98	0.35	0.56		−	−	
Длина тела, мм / Body length, mm	0.48	0.74	9.67	0.004		−0.67	−0.34	

зверьков (λ Уилкса 0.36, $F_{(2,28)}=24.848$, $p<0.000$). При этом у признака «аногенитальное расстояние» был установлен больший «вес» в идентификации пола сеголеток вида, по сравнению с признаком «длина тела особей» (Табл. 4). Для *M. rutilus* в модели дискриминантного анализа значимым оказался всего один параметр – аногенитальное расстояние (λ Уилкса 0.56, $F_{(2,69)}=27.167$ $p<0.000$), равно как и для вида *M. glareolus* (λ Уилкса 0.57, $F_{(1,30)}=22.99$, $p<0.000$). Для трех из четырех видов мышевидных грызунов аногенитальное расстояние оказало наибольший вклад в дифференцировку пола тестируемых особей (Табл. 4). Несмотря на то, что аногенитальное расстояние имеет значимые отличия между полами у четырех тестируемых

видов, его величина не всегда была самой важной в идентификации пола особей. Необходимо учитывать другие морфологические параметры (масса и длина тела), которые в совокупности с аногенитальным расстоянием дают более точные оценки половой принадлежности особей сеголеток как минимум у двух (*M. schisticolor* и *A. agrestis*) из четырех видов изученных мышевидных грызунов (Табл. 4).

ОБСУЖДЕНИЕ

Морфологически самцы и самки неполовозрелых особей у каждого из пяти изученных видов грызунов Беломорско-Кулойского плато очень схожи. При данных обстоятельствах

применение экспресс-метода по определению пола у сеголеток на тестируемом материале оказалось результативным в 88.5–100% случаев для пяти изученных видов. Апробация нового способа по первому году исследования выявила неточности до 11.5% в половой дифференциации особей в виде различных разрывов в зоне аногенитального расстояния, которые могли образоваться из-за маскулинизированного фенотипа промежужности (эффект внутриматочного положения) (Ryan and Vandenberg 2002; Hurd et al. 2008; Manno III 2008; Szenczi 2013; Huber et al. 2017; Сулайманова [Sulaimanova] 2021).

Среди морфометрических методов без вскрытия наибольший вклад на дифференцировку неполовозрелых особей по полу у трех из четырех видов сем. Cricetidae оказало аногенитальное расстояние. Схожие выводы для полевков были сделаны Е.В. Карасевой [Karaseva et al.] (2008). При этом результаты нашего исследования продемонстрировали, что есть существенное перекрытие длины промежутка между полами у пяти тестируемых видов. Максимальная вероятность ошибки в определение пола на основании аногенитального расстояния была обнаружена у *M. rutilus* (13.7%), а минимальная – у *A. agrestis* (3.8%). Амбивалентность данного признака у всех пяти видов мышевидных грызунов обоих полов составила 3.8%: у *M. rutilus* – 1.4%, *A. oeconomus* – 0.9%, у *M. schisticolor*, *A. agrestis* и *M. glareolus* – по 0.5%. Следовательно, при определении пола у сеголеток тестируемых видов нецелесообразно применять только один параметр (аногенитальное расстояние), т.к. существует высокая вероятность совершить ошибку.

Другие линейные и весовые признаки (масса и длина тела) оказались существенными при определении пола у наиболее крупных представителей – *M. schisticolor* и *A. agrestis*. Ранее в исследованиях по лесному леммингу был установлен генетически детерминированный сдвиг соотношения полов в пользу самок у этого вида (Быховец и др. [Bykhovets et al.] 2015). Присутствие в самцовом наборе X*Y инактивирует развитие семенников и подавляет маскулинизирующее воздействие Y-хромосомы. В результате в популяциях лесного лемминга формируются три женских генотипа (XX, X*X и X*Y) и один мужской (XY). Также в ряде исследований

показано, что морфологические преобразования разновозрастных сеголеток могут быть связаны с физиологическими изменениями в организме, которые возникают под действием различных факторов (Емельянова [Emel'yanova] 2013; Чепраков [Cheprakov] 2013; Байтиминова и Михеева [Bajtimirova and Miheeva] 2014). Возможно, проявление воздействий экологических факторов отразилось на морфологических показателях отобранных особей двух изученных видов, что требует дополнительных исследований.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложена простая рабочая методика прижизненного определения пола неполовозрелых сеголеток у пяти видов грызунов сем. Cricetidae. Наше исследование показало, что новая методика более эффективна для всех тестируемых видов по сравнению с морфометрическими методами без вскрытия. Для двух видов ее использование повысило точность определения пола, а для *A. oeconomus* она оказалась единственно надежной для его определения. Полученные результаты показывают, что при выборе неанатомического метода определения пола у сеголеток сем. Cricetidae необходимо ориентироваться на вид изучаемого грызуна. Специфика метода растягивания промежужности позволяет использовать его как самостоятельный инструмент определения пола или как дополнительный прием к морфометрическим измерениям грызунов.

БЛАГОДАРНОСТИ

Автор выражает благодарность своему ассистенту С.Е. Сабурову (Архангельский филиал ФГБУ «Рослесинфорг») за оказанную помощь в сборе материала и тестировании метода, Зубрий Н.А. (Российский музей центров биологического разнообразия ИБиГР) за консультации при статистической обработке данных. За конструктивные замечания, способствовавшие улучшению качества статьи, автор признателен всем рецензентам, и в частности, Формозову Н.А. (биологический факультет МГУ). Статья подготовлена по теме ФНИР FUUW-2022-0055 (№ 122011400382-8).

ЛИТЕРАТУРА

- Anikanova V.S., Bugmyrin S.V. and Ieshko E.P. 2007. Methods for collection and study of helminths in small mammals. Karelsky Nauchny Tzentr RAN, Petrozavodsk, 145 p. [In Russian].
- Bajtimirova E.A. and Miheeva E.V. 2014. Study of the reproductive function of female bank voles (*Clethrionomys glareolus*) at different phases of the population cycle. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya*, (2): 27–31. <https://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=33221>
- Bobretsov A.V. 2016. Population ecology of small mammals in plain and mountain landscapes of the North-East of the European part of Russia. T-vo nauchnykh izdaniy KMK, Moscow, 31 p. [In Russian].
- Bykhovets N.M., Bashlykova L.A., Petrov A.N. and Bobrecov A.V. 2015. Karyotype of a forest lemming from the foothill region of the Pechora part of the Pechora-Ilych Nature Reserve. *Trudy Pechoro-Ilychskogo zapovednika: Komi nauchnyy tsentr UrO RAN, Syktyvkar*, 17: 41–43. [In Russian].
- Cheprakov M.I. 2013. The influence of population density and other factors on the sexual maturation of young of the year (using the example of the bank vole) – *Clethrionomys glareolus* Schreber). *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta: Biologiya*, (3): 73–82.
- Dorcas P.O'Rourke and Lertpiriyapong K. 2015. Biology and diseases of reptiles. In: J.G. Fox, L.C. Anderson, ... and M.T. Whary (Eds). *Laboratory animal medicine*. Third edition: 967–1013. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409527-4.00019-5>
- Emel'yanova A.A. 2013. Age, sex, chronographic variability of morphophysiological indicators of intestinal development of the European bank vole (*Myodes glareolus*). *Vestnik Tverskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya "Biologiya i ekologiya"*, 30(7): 17–35.
- Fomina A.V. 2013. Morphometric characteristics of the distal limbs in mice under conditions of prenatal androgenization. Abstract of the Doctor of Biological Sciences thesis. Mordovskiy gosudarstvennyy universitet, Saransk, 19 p. [In Russian].
- Frohlich J. 2021. Rats and mice. In: K. Quesenberry, C. Orcutt, C. Mans and J. Carpenter (Eds). *Ferrets, rabbits, and rodents: clinical medicine and surgery*. Fourth edition. Elsevier Inc., Canada: 346–347.
- Hammer Ø. 2019–2022. PAST: Paleontological Statistics. Version 3.06: Reference manual. Natural History Museum University of Oslo, 300 p.
- Hotchkis A.K. and Vandenberg J.G. 2005. The anogenital distance index of mice (*Mus musculus domesticus*): an analysis. *Contemporary topics in laboratory animal science*, 44(4): 46–48.
- Huber S.E., Lenz B., Kornhuber J. and Müller C.P. 2017. Prenatal androgen-receptor activity has organizational morphological effects in mice. *PLoS ONE* 12(11): e0188752. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0188752>
- Hurd P.L., Bailey A.A., Gongal P.A., Yan R.H., Greer J.J. and Pagliardini S. 2008. Intrauterine position effects on anogenital distance and digit ratio in male and female mice. *Archives of sexual behavior*, 37: 9–18. <https://doi.org/10.1007/s10508-007-9259-z>
- Ivanter E.V. and Korosov A.V. 2011. Introduction to Quantitative Biology: Textbook. Second edition. Izdatelstvo PetrGU, Petrozavodsk, 302 p. [In Russian].
- Karaseva E.V., Telicyna A.Yu. and Zhigal'skij O.A. 2008. The methods of studying rodents in the wild nature. Publishing house LKI, Moscow, 416 p. [In Russian].
- Kudryavtsev S.V., Frolov V.E. and Korolev A.V. 1991. Terrarium and its inhabitants (review of species and keeping in captivity). Reference manual. Lesnaya promishlennost, Moscow, 162 p. [In Russian].
- Kulikov L.V. 2002. Workshop on poultry farming: Textbook. Izd. RUDN, Moscow, 249 p. [In Russian].
- Lang T.A. and Secic M. 2011. How to report statistics in medicine. Annotated guidelines for authors, editors, and reviewers. American college of physicians, Philadelphia, 34–37.
- Lebedeva D.A. and Shcheglov Yu.A. 2020. Legal and bioethical aspects of the use of experimental animals for scientific purposes. *Toksikologicheskii vestnik*, (5): 10–15. [In Russian].
- Lennox A.M. and Bauck L. 2012. Basic anatomy, physiology, husbandry, and clinical techniques. In: K.E. Quesenberry and J.W. Carpenter (Eds). *Ferrets, rabbits, and rodents: clinical medicine and surgery*. Elsevier Inc, USA, 341–342.
- Lisovskij A.A., Sheftel' B.I., Savel'ev A.P., Ermakov O.A., Kozlov Yu.A., Smirnov D.G., Staheev V.V. and Glazov D.M. 2019. Mammals of Russia: list of species and applied issues. *Sbornik trudov Zoologicheskogo muzeya MGU*, 56: 1–191 p. [In Russian].
- Manno III F.A.M., 2008. Measurement of the digit lengths and the anogenital distance in mice. *Physiology and Behavior*, 93(1–2): 364–368. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2007.09.011>
- Naumova V.V. 2008. Educational and methodological complex for the course "Poultry farming". GSHA, Ulyanovsk, 260 p. [In Russian].
- Novikov G.A. 1953. Field research on the ecology of terrestrial vertebrates. Second ed. Sovetskaya nauka, Moscow, 502 p. [In Russian].
- Nozdrachev A.D. and Polyakov E.L. 2001. Anatomy of a rat (Laboratory animals). Izdatelstvo «Lan», Saint Petersburg, 463 p. [In Russian].
- Numerov A.D., Klimov A.S. and Trufanova E.I. 2010. Field study of terrestrial vertebrates. Textbook. Tzentr Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta, Voronezh, 76 p. [In Russian].

- Ryan B.C. and Vandenbergh J.G. 2002.** Intrauterine position effects. *Neuroscience and biobehavioral reviews*, **26**(6): 665–678. [https://doi.org/10.1016/S0149-7634\(02\)00038-6](https://doi.org/10.1016/S0149-7634(02)00038-6)
- Shilov I.A. 2020.** Ecology of populations and communities: a textbook for universities. Izdatel'stvo Yurayt, Moscow, 227 p. [In Russian].
- Sidorova A.L. 2009.** Technology for the production of eggs and poultry meat on an industrial basis: a textbook. Krasnoyarskiy gosudarstvenniy agrarniy universitet, Krasnoyarsk, 214 p. [In Russian].
- Simpson Dj., Inglanda G. and Harvi M. 2005.** Guide to reproduction and neonatology of dogs and cats. Series: Veterinary medicine. Dogs and cats. Translation from English. Sofion, Moscow, 280 p.
- Sulaimanova R.T. 2021.** Anogenital distance as a biomarker of prenatal estrogen action and the risk of developing reproductive disorders in offspring. *Zhurnal anatomii i gistopatologii*, **10**(2): 38–42. <https://doi.org/10.18499/2225-7357-2021-10-2-38-42>
- Szenczi P., Bánszegi O., Groó Z. and Altbäcker V. 2013.** Anogenital distance and condition as predictors of litter sex ratio in two mouse species: a study of the house mouse (*Mus musculus*) and mound-building mouse (*Mus spicilegus*). *PLoS ONE*, **8**(9): e74066. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0074066>
- Timoshkina O.A. 2012.** Methods of field studies of small mammals: Guidelines. Krasnoyarskiy gosudarstvenniy Agrarniy Universitet, Krasnoyarsk, 20 p. [In Russian].