

УДК 599.323.43 (470.5+571)

Е. А. Маркова, А. В. Бородин

Институт экологии растений и животных УрО РАН, Екатеринбург

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВИДОВОЙ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ
ПОЛЕВОК ПОДРОДА *MICROTUS* SCHRANK, 1798
УРАЛА И ЗАПАДНОЙ СИБИРИ ПО ПРОМЕРАМ
ПЕРЕДНЕГО НИЖНЕГО ЗУБА**

Для выявления различий *Microtus agrestis*, *M. middendorffii* и *M. arvalis sensu lato* по морфологии первых нижних моляров (М₁) использован дискриминантный анализ. Показано, что разделение данных таксонов с точностью 100% возможно по 8 линейным промерам М₁. Предложены классификационные функции, позволяющие идентифицировать рассматриваемые таксоны по традиционным промерам М₁, оцениваемым с помощью окуляра-микрометра. Предложенные классификационные функции могут быть использованы для идентификации остатков полевок рода *Microtus* плейстоценовых фаун Западной Сибири, Урала и прилежащих территорий.

Серые полевки подрода *Microtus* Schrank 1798 на территории Урала и Западной Сибири представлены пятью видами - *Microtus oeconomus* Pallas 1778, *M. agrestis* Linnaeus 1761, *M. middendorffii* Poljakov 1881, а также видами-двойниками *M. rossiaemeridionalis* Ognev 1924 и *M. arvalis* Pallas 1779, часто рассматриваемыми совместно как *M. arvalis sensu lato* из-за значительного морфологического и экологического сходства. В настоящее время представители подрода *Microtus* приурочены к различным типам ландшафтов: полевка-экономка обитает в увлажненных интразональных биотопах, темная

полевка - обитатель кустарников и лесных биотопов, обыкновенные полевки в широком смысле - представители открытых и полуоткрытых ландшафтов умеренной зоны, полевка Миддендорфа - обитатель тундры и лесотундры (Громов, Поляков, 1972). Различная ландшафтно-биотопическая приуроченность рассматриваемых видов позволяет рассматривать присутствие их остатков в ископаемых фаунах в качестве маркера при проведении палеоэкологических реконструкций (Смирнов и др., 1997). В этой связи особое значение имеет надежность диагностики ископаемых остатков, среди которых для мелких млекопитающих традиционно используются щечные зубы. Однако идентификация рассматриваемых видов по одонтологическим признакам может представлять определенную трудность по причине сходства строения зубной системы серых полевок при широком размахе внутривидовой изменчивости. За исключением темной полевки, надежно идентифицируемой по дополнительной эмалевой петле второго верхнего зуба, видовое определение серых полевок обычно ведется по первому нижнему зубу (M_1). Разработка критериев для диагностики по одному и тому же элементу скелета представляется наиболее перспективной в первую очередь для определения ископаемого и субфоссильного материала, поскольку, с одной стороны, облегчает расчет долей видов в фаунах (Смирнов, 1997), а с другой - при изучении морфологических признаков одного из видов - позволяет избежать попадания в анализируемую выборку остатков других морфологически близких видов.

Среди рассматриваемых представителей подрода по морфотипическим характеристикам M_1 уверенно выделяется только полевка-экономка, у которой на M_1 имеется 4 замкнутых треугольника жевательной поверхности, а $T5$ широко слит с передней непарной петлей (ПНП). У остальных видов треугольников жевательной поверхности пять, и по форме ПНП нередко встречаются сходные экземпляры - так называемые «арвалисные морфотипы» (Смирнов и др., 1986). Выявлению критериев для диагностики прочих представителей подрода по строению M_1 посвящено значительное число работ (Громов, Поляков, 1972; Fedyk, Ruprecht, 1971; Nadachowski, 1984; Кочев, 1986; Смирнов и др., 1997 и др.). Основное внимание уделяется сравнению пар видов, ареалы которых в настоящее время перекрываются - *M. agrestis-M. arvalis* s. lato (Nadachowski, 1984; Navarro et al., 2004), *M. agrestis-M. middendorffii* (Смирнов, 1997), *M. arvalis* s. stricto - *M. rossiaemeridionalis* (Маркова и др., 2003). Вместе с тем, в составе плейстоценовых фаун Западной Сибири остатки *M. ex gr. middendorffii* и *M. agrestis* встречены совместно с *M. ex gr. arvalis* (Смирнов и др., 1986; Borodin, 1996). Это указывает на перспективность поиска кри-

териев для диагностики рассматриваемых видов с учетом возможности их совместного обнаружения.

При идентификации морфологически близких форм, когда морфотипический подход может быть малопригоден, преимущество получают методы многомерной статистики. В частности, для целей диагностики может быть использован дискриминантный анализ по линейным промерам зубов, эффективность которого неоднократно показана не только для полевок, но и для других систематических групп (Дашкова, Дзверин, 2002; Chaline et al., 1989; Carrasco, 2000; Navarro et al., 2004).

Цель настоящей работы - с помощью методов многомерной статистики оценить степень дифференциации *M. agrestis*, *M. middendorffii* и *M. arvalis* sensu lato по линейным промерам первого нижнего щечного зуба (M_1) и выявить признаки, наиболее информативные для таксономической идентификации.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

В работе рассмотрены одонтологические признаки взрослых особей *M. agrestis* (58 особей, Средний Урал и Тюменская обл.), *M. middendorffii* (55 особей, п-ов Ямал), *M. rossiaemeridionalis* (73 особи, Средний и Южный Урал) и *M. arvalis* s.str. (127 особей, Средний и Южный Урал). Видовая принадлежность обыкновенных полевок была заранее определена кариологическим методом, однако в настоящей работе виды-двойники обыкновенных полевок рассматриваются совместно как *M. arvalis* sensu lato.

Для оценки формы и размеров жевательной поверхности зубов использован морфометрический подход. Измерения проводили на правых и левых зубах по оцифрованным изображениям по описанной ранее методике с использованием 19 промеров (Маркова и др., 2003; Маркова, 2003). Для статистической обработки результатов измерений использовали пакет программ Statistica 5.5.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Диагностика *M. oeconomus*

В типичном случае диагностика полевки-экономки по конфигурации M_1 не представляет трудностей. Как уже отмечалось, на жевательной поверхности M_1 этого вида имеется четыре замкнутых треугольных петли (T_1 , T_2 , T_3 , T_4), тогда как петля T_5 широко слита с передней непарной петлей (ПНП). Такой план строения наиболее характерен для этого вида, однако в отдельных случаях могут быть встречены экземпляры с полным разделением T_5 и ПНП (Громов,

Поляков, 1972). В то же время, по нашим данным, неполное разделение Т5 и ПНП с образованием 6 замкнутых эмалевых полей на жевательной поверхности (вместо типичных 7) встречается у полевки Миддендорфа (2%) и восточноевропейской полевки (2.7%). Процент ошибочной идентификации по этому формальному критерию невелик, однако его необходимо учитывать при идентификации единичных экземпляров рассматриваемых видов.

Диагностика *M. agrestis* - *M. middendorffii* - *M. arvalis sensu lato* При попарных межвидовых сравнениях с помощью двухвыборочного t-критерия Стьюдента между рассматриваемыми видами наблюдаются достоверные различия по большинству промеров (*M. middendorffii* - *M. agrestis* - 17 признаков, $P < 0.001$; *M. middendorffii* - *M. arvalis s. lato* - 17 признаков, *M. agrestis* - *M. arvalis s. lato* - 12 признаков, $P < 0.001$), однако абсолютные значения признаков в значительной мере перекрываются. Для оценки различий между видами по комплексу признаков M_1 использовали диск-риминантный анализ (Клекка, 1986). В ходе пошагового дискриминантного анализа показано, что 100%-ная дискриминация рассматриваемых видов возможна по 8 признакам (рис. 1, табл. 1). С первой

Таблица 1. Связь промеров M_1 с дискриминантными функциями и средние значения канонических переменных для трех видов серых полевок

*Table 1. Standardized coefficients, correlation coefficients and the means of canonical variables based on 8 measurements of M_1 in three species of *Microtus**

Номер признака	Стандартизованные коэффициенты		Коэффициенты корреляции	
	ДФ1	ДФ2	ДФ1	ДФ2
20	-0,77	-0,40 -	-0,74	-0,28 -
17	0,16	0,53	0,22	0,63
7	0,56	0,69 -	0,05	0,21 -
3	0,84 -	0,78	0,02 -	0,32
1	0,81 -	0,29	0,37 -	0,18
9	0,40	0,07 -	0,06	0,02 -
И	0,27 -	0,23	0,04 -	0,28
6	0,04	0,27	0,32	0,55
Средние значения канонических переменных:				
<i>M. agrestis</i>	-3,84 -	-2,45		
<i>M. middendorffii</i>	2,07	3,64 -		
<i>M. arvalis s. lato</i>	1,19	0,26		

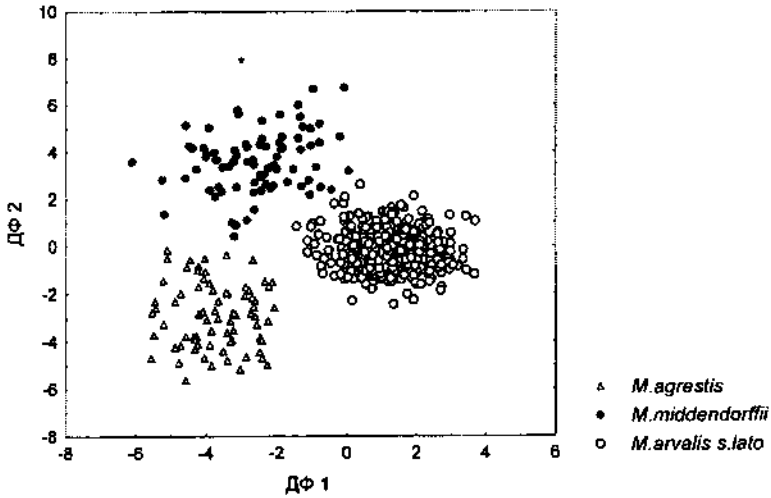


Рис. 1. Распределение выборок *M. agrestis*, *M. middendorffii* и *M. arvalis sensu lato* в пространстве первой и второй дискриминантных функций (по 8 одонтологическим признакам)

Fig. 1. Scatterplot of canonical scores for three samples of *M. agrestis*, *M. middendorffii* u *M. arvalis sensu lato* (8 dental measurements)

дискриминантной функцией наиболее тесно связаны признаки 1 (длина жевательной поверхности) и 20 (длина Т5), значения которых в направлении ДФ1 уменьшаются. Также в направлении ДФ1 происходит относительное увеличение длины и ширины головки ПНП (признаки 3 и 7). По этой оси наблюдается полное разделение выборок обыкновенных полевков и *M. agrestis* (рис. 1), то есть для первых характерны более мелкие размеры, уменьшение «вытянутости» Т4 при относительно крупной ПНП. В направлении второй дискриминантной оси уменьшаются признаки 17 (глубина наружного входящего угла ПНП), 3 (длина ПНП), 11 (отклонение передненаружной части головки ПНП от основной оси зуба), тогда как ширина головки и шейки ПНП (признаки 6 и 7) в направлении ДФ2 увеличиваются. Признак 20 («вытянутость» Т4) в направлении ДФ2 уменьшается непропорционально длине зуба (признак 1). По значениям ДФ2 отчетливо разделяются *M. agrestis* и *M. middendorffii*, тогда как *M. arvalis sensu lato* занимает промежуточное положение.

Полученные результаты могут быть использованы для диагностики M_1 рассматриваемых видов на практике. Были рассчитаны клас-

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВИДОВОЙ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ ПОЛЕВОК...

Таблица 2. Коэффициенты классификационных функций для диагностики *M. agrestis* (y_1), *M. middendorffii* (y_2) *M. arvalis sensu lato* (y_3). Модель А - по результатам измерения оцифрованных изображений, модель Б - по измерениям с использованием окуляр-микрометра (номера признаков по: Маркова, 2003)

Table 2. Classification function coefficients applied for identification of *M. agrestis* (y_1), *M. middendorffii* (y_2), *M. arvalis sensu lato* (y_3). Model А - for digitally measured samples, model Б - for dial caliper measurements (characters are enumerated according to Markova, 2003)

Номер признака	Коэффициенты к		
	y_1 <i>M. agrestis</i>	y_2 <i>M. middendorffii</i>	y_3 <i>M. arvalis s. lato</i>
Модель А			
20	455,25	343,60	316,05
17	31,90	-46,35	22,22
7	-123,77	-53,38	-65,22
3	-87,92	-128,68	-56,57
1	155,80	158,22	132,46
9	3,64	-0,77	-25,27
11	-38,93	-54,05	-25,04
6	-33,74	-7,47	-27,43
Константа К	-326,92	-255,31	-220,02
Модель Б			
1	166,07	169,51	144,63
3	-119,52	-168,26	-102,82
6	68,27	116,79	81,06
7	-174,75	-115,21	-137,80
17	33,72	-46,91	27,64
18	207,75	255,34	211,96
19	114,29	148,24	136,14
20	378,89	251,20	244,71
Константа К	-343,73	-281,54	-241,85

сификационные функции для определения рассматриваемых видов по 8 промерам M_1 (табл. 2). Для того, чтобы определить на практике экземпляр неизвестной видовой принадлежности, следует рассчитать для него значения трех классификационных функций y_1, y_2, y_3 (табл. 2) по формуле:

$$y = k_1 * x_1 + \dots + k_n * x_n + K_1$$

где k_{1-n} - коэффициенты соответствующей классификационной функции из табл. 2, x_{1-n} - значения признаков, измеренные для определяемого экземпляра, K - константа из табл. 2.

В результате для определяемого экземпляра будут получены три значения классификационных функций. Видовая принадлежность определяется по той функции, значение которой оказалось наибольшим, например, если максимальное значение получено для u_2 , то экземпляр относится к *M. middendorffii* и т.д.

Для удобства практического использования были рассчитаны также классификационные функции по признакам, измерение которых возможно с использованием окуляр-микрометра без предварительной оцифровки (Табл. 2, модель Б). Следует отметить, что точность идентификации *M. middendorffii* и *M. arvalis* s. lato при этом несколько ниже - 99,6% за счет ошибочной классификации двух экземпляров *M.*, восточноевропейской полевки, отнесенных к *M. middendorffii*.

Для проверки надежности видового определения по рассчитанным классификационным функциям были измерены и определены по 10 экземпляров M_1 взрослых особей современных *M. agrestis*, *M. middendorffii*, *M. arvalis* s. lato, не включенных в обучающие группы при расчете классификационных функций. Для всех экземпляров определение по классификационным функциям оказалось верным. Таким образом, предложенная методика позволяет использовать формальные критерии для диагностики морфотипически близких видов серых полевок.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 04-04-96124) и гранта Президиума УрО РАН.

ЛИТЕРАТУРА

- Громов И.М., Поляков И.Я. Полевки (Microtinae). Л.: Наука, 1977. 504 с. (Фауна СССР. Млекопитающие; Т. 3, вып. 8). Клейка У.Р. Дискриминантный анализ // Факторный, дискриминантный и кластерный анализ. М., 1989. С. 78-138. Кочев В.А. Видовые критерии моляров *M.*, *Microtus agrestis*, *M. arvalis*, *M. oeconomus*, *M. gregalis*, *M. middendorffii*, *M. hyperboreus* // Вестн. зоологии. 1986. № 3. С. 40-45. Лашкова Е.И., Дзверин И.И. Одонтометрическая изменчивость и идентификация видов лесных мышей, *Sylvaemus* (Muridae, Rodentia), фауны Украины // Вестн. зоологии. 2002. Т. 36, № 3. С. 25-33. Маркова Е.А. Виды-двойники обыкновенной полевки на Урале: опыт идентификации ископаемых остатков // Четвертичная палеозоология на Урале. Екатеринбург, 2003. С. 211-220. Маркова Е.А., Бородин А.В., Гилева Э.А. Одонтологические признаки обыкновенной (*Microtus arvalis* Pallas, 1779) и восточноевропейской (*M. rossiaemeridionalis* Ognev, 1924) полевок Уральского региона и их диагностическое значение // Зоол. журн. 2003. Т. 82, № 9. С. 1086-1094.

Смирнов Н.Г., Большаков В.Н., Бородин А.В. Плейстоценовые грызуны Севера Западной Сибири. М: Наука, 1986. 144 с. Смирнов Н.Г., Головачев И.Д., Бачура О.П., Кузнецова И.А., Чепраков М.Ю.

Сложные случаи определения зубов грызунов из отложений позднего плейстоцена и голоцена тундровых районов Северной Евразии // Материалы по истории и современному состоянию фауны Севера Западной Сибири. Челябинск, 1997. С. 60-90. Borodin A.V. Quaternary small mammal faunas from the West Siberian Plain //

Acta zool. cracov. 1996. Vol. 39, № 1. P. 75-81. Fedyk A., Ruprecht A. L. Taxonomic value of M_1 measurements in *Microtus agrestis*

(Linnaeus, 1761) and *Microtus arvalis* (Pallas, 1779) // Acta theriologica. 1971. Vol. 16, № 19/25. P. 408-412. Nadachowsky A. Taxonomic value of anteroconid measurements of M_1 in common and field voles // Acta theriologica. 1984. Vol. 29. P. 123-143. Navarro N., Zatarain X., Montuire S. Effects of morphometric descriptor changes on statistical classification and morphospaces // Biological Journal of the Linnean Society. 2004. Vol. 83. P. 243-260.

SUMMARY

E.A. Markova, A.V. Borodin

SPECIES IDENTIFICATION OF VOLES (SUBGENUS MICROTUS SCHRANK, 1798) FROM THE URALS AND WEST SIBERIA THROUGH THE FIRST LOWER MOLAR MEASUREMENTS

Discriminant function analysis has been used to assess morphological distinctiveness of the first lower molars (M_1) of *Microtus agrestis*, *M. middendorffii* and *M. arvalis* sensu lato. It has been shown that the 8 linear measurements of M_1 provide 100% separation of these taxa. Classification functions has been proposed to identify these species using the conventional quantitative characters of M_1 that may be measured using the dial caliper. The proposed classification functions may have implications for identification of *Microtus* remains when considering pleistocene faunas of the Urals, West Siberia and the adjacent regions.