

УДК 599.322.2-147.14

ВИДОВАЯ ДИАГНОСТИКА СТЕПНОГО (*MARMOTA BOBAK*) И СЕРОГО (*MARMOTA BAIBACINA*) СУРКОВ ПО КРАНИОЛОГИЧЕСКИМ ПРИЗНАКАМ

© 2011 г. В. В. Гасилин, П. А. Косинцев

Институт экологии растений и животных УрО РАН, Екатеринбург 620144, Россия

e-mail: GasilinV@yandex.ru, kpa@ipae.uran.ru

Поступила в редакцию 8.04.2010 г.

Проведено сравнение черепа и нижней челюсти степного (*Marmota bobak*) и серого (*M. baibacina*) сурков по комплексу морфотипических и морфометрических признаков с использованием методов биометрии и дискриминантного анализа. Предложен ряд новых диагностических морфотипических и морфометрических признаков. Показано, что черепа и нижние челюсти этих видов могут быть надежно идентифицированы по их абсолютным размерам, по частотам морфотипов строения передней стенки глазницы и по размерам слагающих ее структур (слезная и смежные с ней кости и отверстия).

Ключевые слова: *Marmota bobak*, *M. baibacina*, череп, нижняя челюсть, морфотипические признаки, морфометрические признаки, дискриминантный анализ, видовая диагностика.

Сурок степной (*Marmota bobak* (Müller 1776)) и сурок серый (*M. baibacina* (Kastschenko 1899)) – виды в филогенетическом отношении настолько близкие, что рассматриваются некоторыми исследователями в качестве подвидов *M. bobak* (Бибиков, 1989). Последние исследования показали, что генетически они близки и входят в одну группу *bobak*, являясь самостоятельными видами (Брандлер и др., 2010).

Ареалы видов смыкаются в районе Казахского мелкосопочника. Общая граница имеет сложную форму, и ареалы здесь частично перекрываются (Громов и др., 1965; Капитонов, 1966; Громов, Ермаева, 1995). Данные об их временной динамике отсутствуют, но есть гипотеза о проникновении степного сурка на территорию Центрального Казахстана только в голоцене (Капитонов, 1966).

В литературе описаны различия видов в строении скуловой дуги, заглазничных бугров, строении переднего угла глазницы, верхнего края глазницы, надглазничных отростков, слезной кости, орбитальных крыльев верхнечелюстной кости, слуховых косточек, P3 и p4, некоторых костей посткраниального скелета (Огнев, 1947; Слудский и др., 1969; Громов, Ермаева, 1995). Показано некоторое своеобразие формы нижней челюсти этих видов (Cardini, 2004). Но в целом различия *M. bobak* и *M. baibacina* в строении и размерах черепа выражены довольно слабо. Поэтому видовая диагностика их черепов, особенно из зон симпатрии, может быть затруднена.

Основная задача работы – выделение комплекса метрических и неметрических признаков, пригодных для видовой диагностики черепов. В работе формализованы известные и описаны новые признаки, которые могут быть использованы при определении видов как в современных краниологических коллекциях, так и в палеозоологических сборах. В дальнейшем это поможет при изучении динамики границ ареалов сурков по костным остаткам и при анализе вековой и географической изменчивости размеров их костей.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

В исследовании использовано 124 черепа *M. bobak* (коллекция ЗИН РАН, Зоологического музея МГУ и Оренбургского госуниверситета) с левобережья р. Днепра ($n = 24$), Подонья ($n = 14$), Среднего ($n = 8$), и Нижнего Поволжья ($n = 29$), Южного Урала ($n = 34$) и Северного Казахстана ($n = 14$) и 104 черепа *M. baibacina* (коллекция Зоологического музея ИЭРЖ УрО РАН) с гор Кент (Казахский мелкосопочник). Среди них 37 самцов и 35 самок *M. bobak*, 52 самца и 52 самки *M. baibacina*. У 52 экз. *M. bobak* половая принадлежность не известна. Все черепа принадлежали взрослым особям. Одна треть особей имела зубы слабой степени стертости, две трети – зубы средней степени стертости, у единичных особей зубы были сильно стертые.

Все известные видоспецифические признаки *M. bobak* и *M. baibacina* на черепе описаны в каче-

Таблица 1. Качественные краниологические признаки видов *Marmota bobak* и *M. baibacina* (Громов, Ербаева, 1995)

Признак	<i>M. bobak</i>	<i>M. baibacina</i>
Скуловые дуги расходятся	Сильнее	Слабее
Заглазничные бугры выражены	Слабее	Сильнее
Вздутие в передне-верхнем углу глазницы и открытые надглазничные отверстия развиты	Сильно	Слабо
Верхние края глазниц приподняты надо лбом	Сильно	Слабо
Концы надглазничных отростков	Толще, направлены более выражено вниз, чем в стороны	Тоньше, направлены более выражено в стороны, чем вниз
Слезная кость	Длинная	Крупная, близкая к квадратной по форме
Наибольшая высота слезной кости над слезным отверстием	Меньше (нередко в 2 и более раз) наименьшего расстояния между слезным и предкрыловым отверстиями	Равна наименьшему расстоянию между слезным и предкрыловым отверстиями или немного меньше его
Слезное и предкрыловое отверстия	Мельче, особенно предкрыловое	Крупнее, особенно предкрыловое
Задний край слезной кости на всем протяжении соединяется с передним краем орбитальных крыльев верхнечелюстной кости	≥80% экз.	100% экз.
Форма и положение орбитальных крыльев верхнечелюстных костей в передней части	Образуют прямоугольный или широкотреугольный вырост, заметно возвышающийся над верхним краем слезной кости	Несколько редуцированы, не образуют прямоугольного или широкотреугольного выроста, либо он незначительно возвышается над верхним краем слезной кости
Верхний предкоренной P3	Крупнее	Мельче
Нижний предкоренной p4	Задний корень один	У 10% экз. задний корень снизу раздвоен

ственной сравнительной форме (Громов, Ербаева, 1995), что затрудняет определение черепов при отсутствии эталонного экземпляра (табл. 1). Для большей объективности видовой диагностики часть этих признаков охарактеризована нами по достаточно четким формальным критериям, а часть их представлена в количественном выражении.

Морфотипические признаки. Используются признаки, характеризующие строение передней стенки глазницы черепа, образованной слезной (*os lacrimale*), скуловой (*os zygomaticus*), верхнечелюстной (*maxilla*) и лобной (*os frontale*) костями.

Морфотипы положения слезной кости (*os lacrimale*). Слезная кость сурков очень изменчива по форме и характеру сочленения с соседними костями. Этим особенностям придается таксономическое значение, однако их описания практически не формализованы (Галкина, 1970; Галкина, Тюткова, 1986; Громов и др., 1965; Громов, Ербаева, 1995; Семихатова, 1972).

В основу выделения морфотипов мы положили характер сочленения слезной кости с соседни-

ми костями (рис. 1). В единичных случаях у *M. bobak* встречается слезная кость, состоящая из 2 частей, соединенных вертикальным швом. В качестве самостоятельного морфотипа в настоящей работе этот вариант строения слезной кости не рассматривается.

В результате описаны пять морфотипов положения слезной кости (рис. 2):

a) слезная кость имеет подромбовидную форму, шов между задней стороной слезной кости и орбитальным отделом верхнечелюстной кости наклонен вперед (рострально) и далеко выходит за уровень переднего края предкрылового отверстия;

b) слезная кость имеет подпрямоугольную или подтрапезиевидную формы, шов между задней стороной слезной кости и орбитальным отделом верхнечелюстной кости расположен вертикально или отклонен назад (каудально) относительно предкрылового отверстия и не выходит за уровень его переднего края;

c) в формировании предкрылового отверстия участвуют орбитальный отдел верхнечелюстной

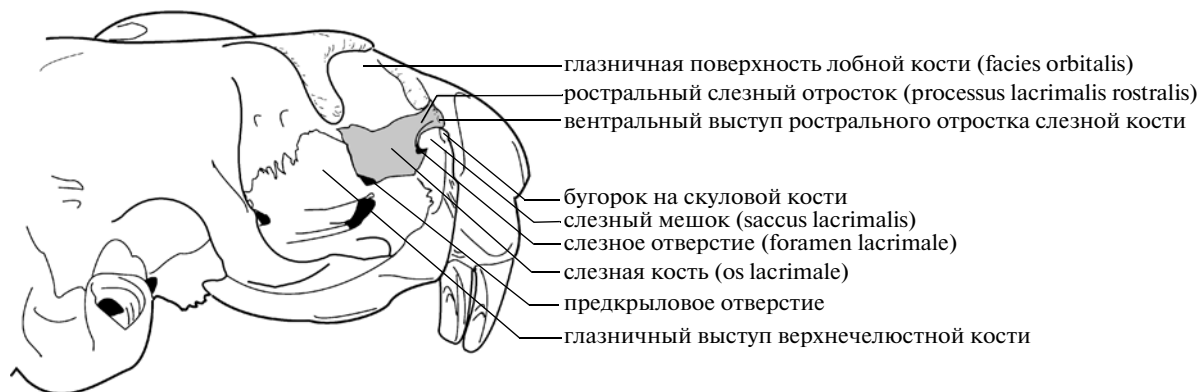


Рис. 1. Строение орбитальной области у *M. bobak* и *M. baibacina*. Вид справа—сзади.

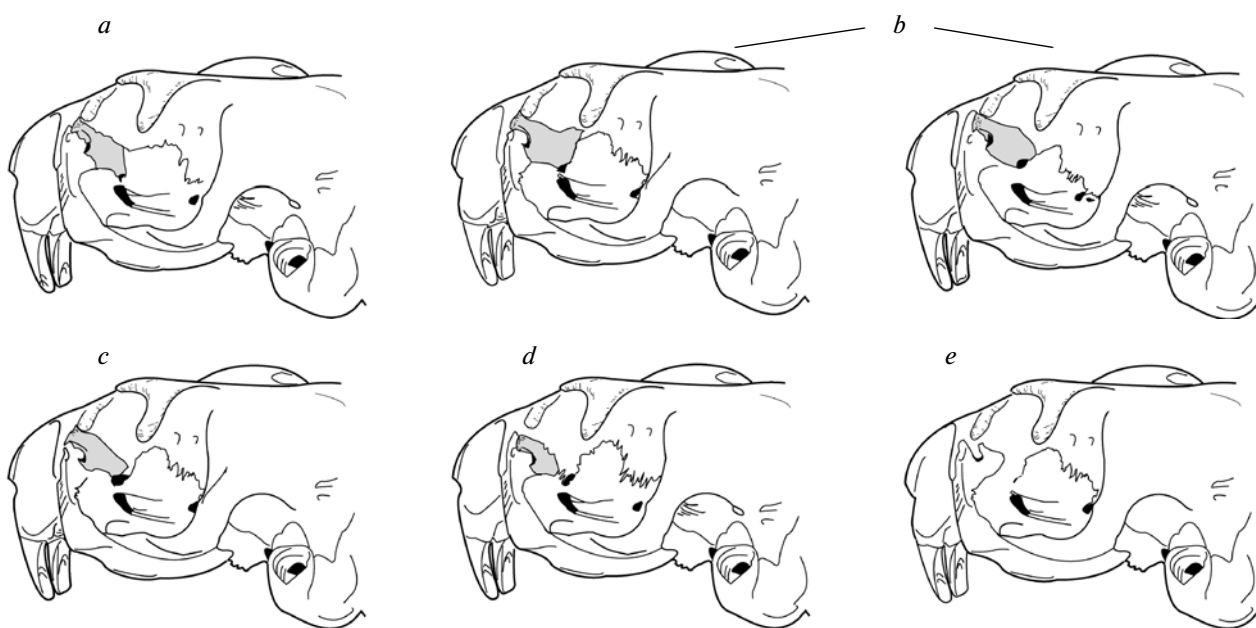


Рис. 2. Морфотипы положения слезной кости у черепов *Marmota bobak* (a, c–e) и *M. baibacina* (b). Вид слева—сзади.

кости, задний край слезной кости и отросток лобной кости;

d) в формировании предкрылового отверстия участвуют только лобная и верхнечелюстная ко-

сти, слезная кость сильно редуцирована и не участвует в формировании предкрылового отверстия;

e) слезная кость отсутствует.

Таблица 2. Морфотипы положения слезной кости у *M. bobak* и *M. baibacina*

Признак	Описание				
	имеется				отсутствует
Слезная кость	участвует			не участвует	
в сложении предкрылового отверстия	сочленяется		не сочленяется		
с орбитальным отростком верхней челюсти	есть	нет			
Контакт между орбитальным отростком и верхним краем слезной кости					
Морфотипы	a	b	c	d	e

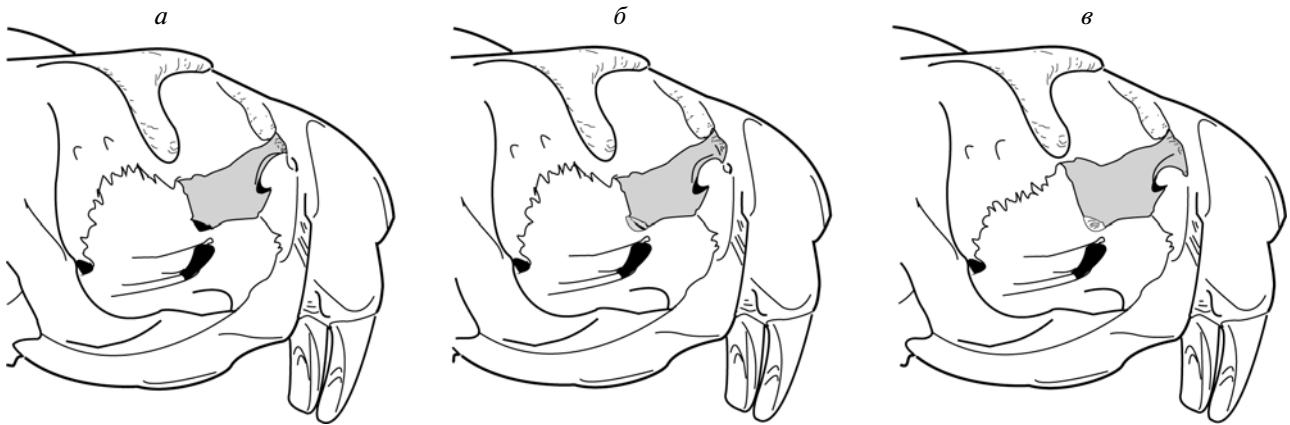


Рис. 3. Отличительные признаки на передней стенке глазницы черепов *M. bobak* и *M. baibacina*: признак 1 – выраженность вентрального выступа рострального отростка слезной кости (а–в); признак 2 – наличие (а, б) и отсутствие (в) бугорка на поверхности переднего конца скуловой кости; признак 3 – предкрыловое отверстие открытое (а), щелевидное (б) и закрытое (в); признак 4 – орбитальный отросток верхнечелюстной кости возвышается над слезной костью (а, б), не возвышается (в). Вид справа–сзади.

Определение описанных выше морфотипов можно провести по схеме (табл. 2).

Выделено четыре морфотипических признака на костях, образующих переднюю стенку глазницы. Два описаны ранее (Громов и др., 1965; табл. 1) и предложены два новых (рис. 3).

Признак 1. Выраженность вентрального выступа рострального отростка слезной кости. Нижний край конца имеет направленный вниз и назад (вентро-каудально) выступ, имеющий разную форму и размер (рис. 3). Выделено три степени выраженности его размера: а) слабо выражен, ограничивает ямку слезного мешка (*fossa sacci lacrimalis*) сверху-спереди, его размер меньше наименьшего диаметра последнего; б) средне выражен – имеет вид слабо вытянутого отростка, который формирует часть переднего края ямки слезного мешка; размер отростка примерно равен наименьшему диаметру мешка; в) сильно выражен – имеет вид развитого отростка, который полностью формирует передний край ямки слезного мешка, его размер превышает наименьший диаметр последнего, и вершина отростка доходит до уровня нижнего края слезной кости.

Признак 2. Наличие или отсутствие костного бугорка (0.5–1.0 мм в диаметре) на поверхности переднего конца скуловой кости в месте ее сочленения с описанным выше выступом рострального отростка слезной кости (рис. 3).

Признак 3. Состояние предкрылового отверстия (Громов и др., 1965) – открытое, щелевидное или закрытое костной мембраной (рис. 3).

Признак 4. Положение орбитального отростка верхней челюсти относительно верхнего края слезной кости (Громов и др., 1965; табл. 1; рис. 3).

Морфотипические признаки описывали для правой и левой сторон черепа отдельно. В случае,

если различия в частотах между правой и левой сторонами были не достоверны, они суммировались.

Морфометрические признаки. На черепе измерено 29 признаков (рис. 4). Наряду с общепринятыми признаками (Громов и др., 1965) предложены новые. Измерение признаков с 1 по 19 не вызывает методических трудностей. Ниже описаны новые признаки (20–29), измерение которых требует пояснений.

Высоту надглазничных отростков надо лбом (рис. 4; признак 20) измеряли с помощью металлической пластины с отверстием в центре. Пластины помещали на верхние поверхности надглазничных отростков и штангенциркулем с глубиномером измеряли их наибольшую высоту надо лбом (рис. 4); толщину пластины вычитали из полученного значения.

Для количественного описания строения передней стенки глазницы морфотипа *b* (с развитой слезной костью) предложена схема промеров (рис. 5). Признак 21 – длина слезной кости: расстояние от точки схождения слезной, лобной и верхнечелюстной костей (точка 1) до границы лицевой и орбитальной поверхностей слезной кости в точке ее схождения с лобной костью (точка 3); признак 22 – минимальная длина слезной кости: минимальное расстояние от предкрылового отверстия (точка 6) до слезного отверстия (точка 9); признак 23 – косая длина слезной кости: от точки схождения слезной, лобной и верхнечелюстной костей (точка 1) до точки схождения слезной, скуловой и верхнечелюстной костей (точка 7); признак 24 – длина шва между слезной и орбитальным отростком верхнечелюстной костей: от точки схождения слезной, лобной и верхнечелюстной костей (точка 1) до предкрылового от-

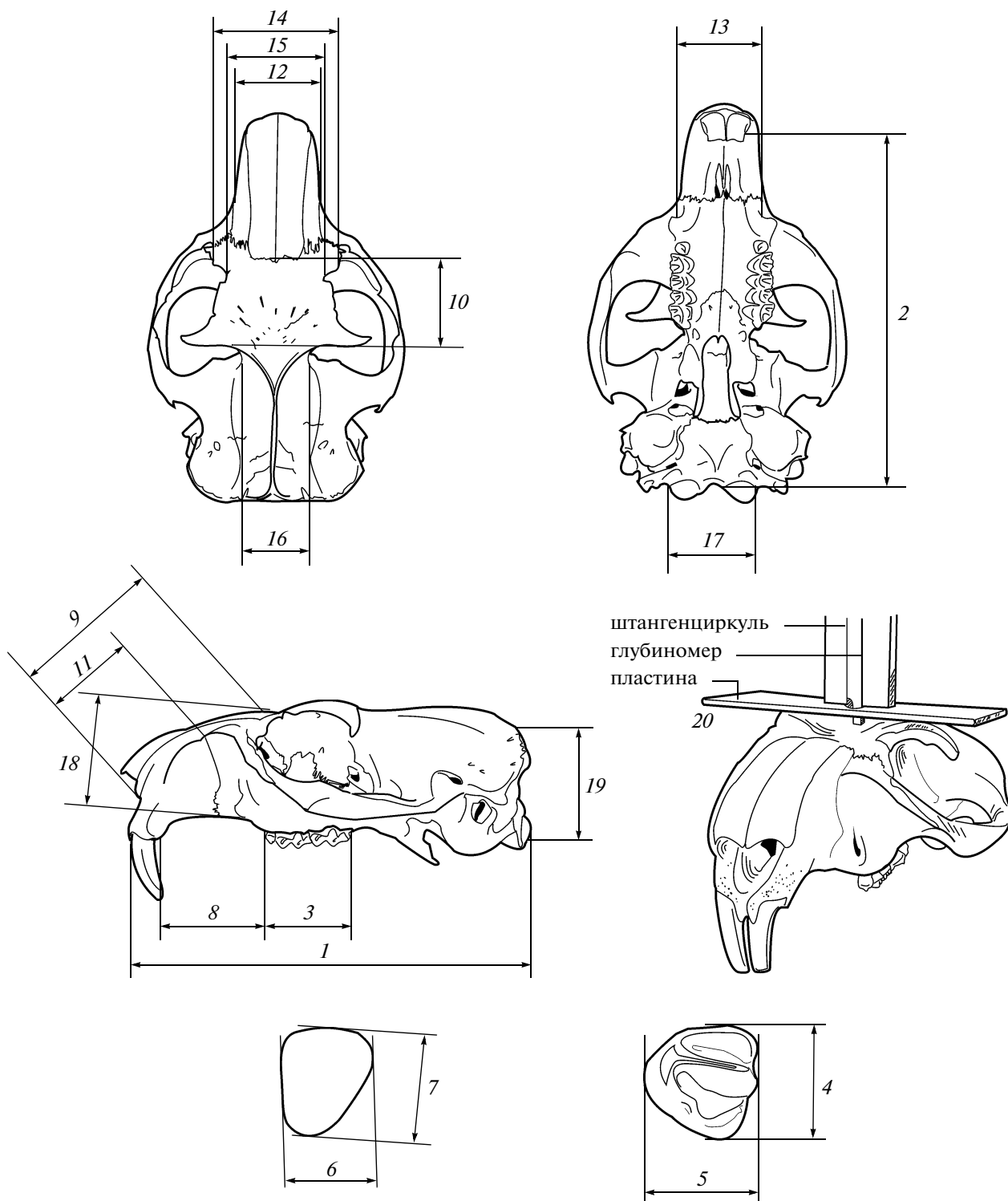


Рис. 4. Схема промеров черепа *Marmota*: 1 – кондилобазальная длина черепа; 2 – основная длина; 3 – альвеолярная длина P3-M3; 4 – длина M3; 5 – ширина M3; 6 – ширина I; 7 – поперечник I; 8 – длина диастемы; 9 – косая длина лицевой части черепа; 10 – длина лба от носовых костей до оснований надглазничных отростков; 11 – длина роstrума; 12 – ширина основания роstrума; 13 – ширина верхней челюсти между внутренними краями подглазничных отверстий; 14 – ширина в предглазничных буграх; 15 – ширина лба между надглазничными вырезками; 16 – ширина заглазничная; 17 – ширина в мышелках; 18 – высота лицевого отдела от небной поверхности до *nasion*; 19 – высота затылочной кости от *basion*; 20 – высота надглазничных отростков над лобной поверхностью.

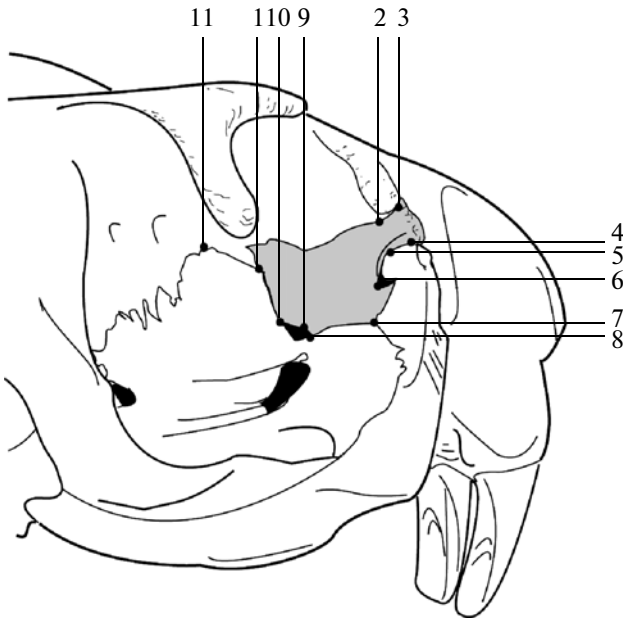


Рис. 5. Точки для измерения признаков на передней стенке глазницы черепов *Marmota* с морфотипом *b*: признак 21 – точки 1 и 3; признак 22 – точки 6 и 9; признак 23 – точки 1 и 7; признак 24 – точки 1 и 10; признак 25 – точки 2 и 5; признак 26 – точки 4 и 6; признак 27 – точки 8 и 10; признак 28 – точки 10 и 11.

верстия (точка 10); признак 25 – минимальная высота роstralного отростка слезной кости: минимальное расстояние между точками 2 и 5; признак 26 – наибольший диаметр ямки слезного мешка: максимальное расстояние между точками 4 и 6; признак 27 – наибольший диаметр предкрылового отверстия; признак 28 – высота орбитального отростка верхнечелюстной кости: расстояние от предкрылового отверстия (точка 10) до верхней точки орбитального отростка верхнечелюстной кости (точка 11).

Степень расхождения скуловых дуг оценивали как угол отхождения скулового отростка верхнечелюстной кости (*processus zygomaticus*) от межчелюстной кости (*os incisivi*) – признак 29. Для этого череп располагали на плоскости внешней стороной лицевой части таким образом, чтобы на одной плоскости лежали роstrum, скуловой отросток и точка перегиба между ними. Угол откладывали от этой точки перегиба по точкам контакта плоскости с роstrum и скуловым отростком и измеряли с помощью транспортира после перенесения опорных точек на плоскость (рис. 6).

На нижней челюсти измерено 25 признаков (рис. 7). Измерения признаков 19–22, 24 и 25 проводились по точкам перегиба костных поверхностей.

Промеры снимали с помощью электронного штангенциркуля с точностью до 0.1 мм. Замеры

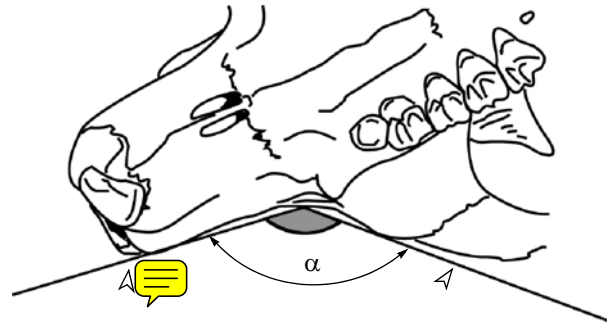


Рис. 6. Положение черепа на плоскости для измерения угла между роstrumом и скуловой дугой. Вершина угла в точке перегиба при отхождении скулового отростка от роstrума фиксируется на плоскости, угол откладывается по точкам контакта (указаны белыми стрелками) плоскости с межчелюстной и скуловым отростком верхнечелюстной кости.

угла α между скуловой и межчелюстной костями проводили с точностью до 1 градуса.

Для классификации видов по черепам и нижним челюстям и выделения на них наиболее информативных признаков использованы методы дискриминантного анализа пошагового с включением (Ким и др., 1989). Дискриминантный анализ проведен для 4 комплексов признаков черепа (целого черепа без зубов (признаки 1–3, 8–11, 12–20), его лицевого (признаки 8, 9, 11–13) и мозгового отделов (признаки 3, 10, 13, 15–20), передней стенки орбиты (признаки 21–28)) и для всех признаков нижней челюсти. Априорная вероятность дифференциации задавалась равной 0.5 для каждой группы, нижний предел толерантности 0.01.

Валидность всех полученных статистических моделей для классификации проверена с помощью экзаменационных выборок – семи черепов с нижними челюстями *M. bobak* и аналогичным набором *M. baibacina*. В результате все экземпляры экзаменационных выборок были классифицированы верно. Была проведена и рандомизация исходных выборок (обучающих групп) с получением простых случайных выборок, составляющих 20–40% от исходных. Верность идентификации в этих выборках 85–100%.

Достоверность отличия долей разных морфотипических признаков в выборках двух видов оценивали с помощью ϕ -критерия Фишера.

Статистический анализ данных проведен с использованием пакета программ Statistica 6.0.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Морфотипические признаки

Морфотипы положения слезной кости. Частоты морфотипов на правой и левой сторонах черепа у каждого вида достоверно не различались, по-

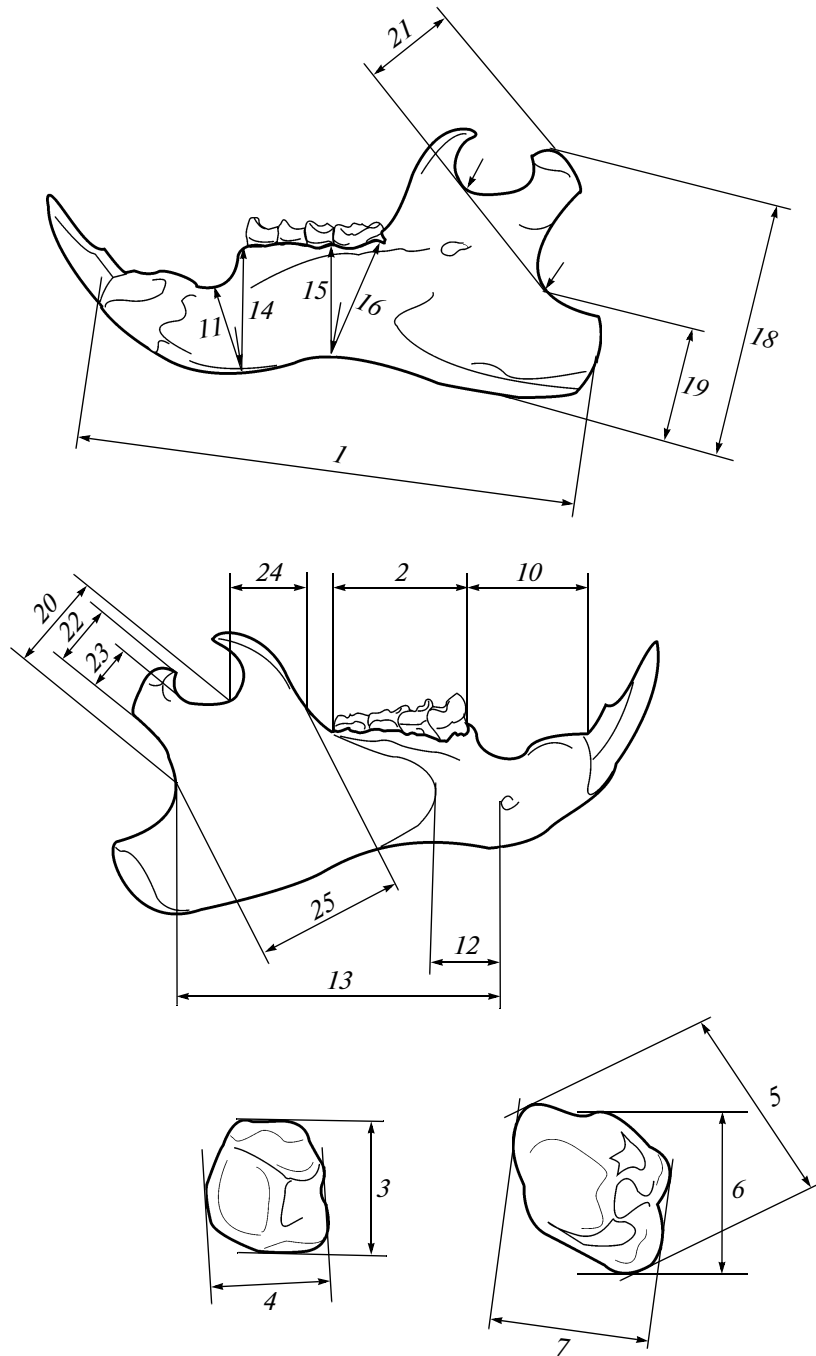


Рис. 7. Схема промеров нижней челюсти *Marmota* (виды с лингвальной и буккальной сторон): 1 – длина ангулярная; 2 – альвеолярная длина *p4-m3*; 3 – длина *p4*; 4 – ширина *p4*; 5 – длина *m3* по диагонали; 6 – длина *m3* продольная; 7 – ширина *m3*; 8 – ширина *i*; 9 – поперечник *i*; 10 – длина диастемы; 11 – высота резцового отдела на уровне подбородочного отверстия; 12 – наименьшее расстояние между подбородочным отверстием и краем массивной площадки; 13 – наименьшее расстояние между подбородочным отверстием и краем задней вырезки; 14 – высота тела челюсти перед *p4*; 15 – высота тела перед *m3* лингвальная; 16 – высота тела за *m3*; 17 – толщина тела между *m2* и *m3* (на рисунке не показана); 18 – высота челюсти по сочленовному отростку; 19 – ширина основания углового отдела; 20 – ширина основания сочленовного отростка; 21 – длина сочленовного отростка; 22 – ширина головки сочленовного отростка; 23 – ширина шейки сочленовного отростка; 24 – ширина основания венечного отростка; 25 – ширина восходящей ветви.

Таблица 3. Частоты проявления морфотипов положения слезной кости *M. bobak* и *M. baibacina*, %

Вид	Морфотипы					n, экз.
	a	b	c	d	e	
<i>M. bobak</i>	13.9	68.2	8.7	8.1	1.2	173
<i>M. baibacina</i>	0	100	0	0	0	208
Типы	1		2			—

Таблица 4. Частоты проявления морфотипов костей передней стенки глазницы у *M. bobak* и *M. baibacina*, %

Признак	Состояние	<i>M. bobak</i>	<i>M. baibacina</i>
Выраженность вентрального выступа роstralно-го отростка слезной кости	Слабая	70	17
	Средняя	25	36
	Сильная	5	47
n, экз.		95	208
Наличие костного бугорка на скуловой кости	Нет	31	89
	Есть	69	11
n, экз.		88	208
Состояние предкрылового отверстия	Закрытое мембраной	2	28
	Щелевидное	3	38
	Открытое	95	34
n, экз.		103	208
Положение орбитального отростка верхней челюсти относительно верхнего края слезной кости	Ниже	6	63
	Выше	94	37
n, экз.		85	208

Таблица 5. Одонтометрические признаки нижней челюсти *M. bobak* и *M. baibacina*, мм

Признак	<i>M. bobak</i>	<i>M. baibacina</i>
Альвеолярная длина p4-m3	<21.4	>23.3
Длина m3 по диагонали	<7.1	>8.0
Длина m3 продольная	<5.3	>6.6
Ширина m3	<5.7	>6.6
Ширина i	<3.1	>4.1

этому при сравнении видов эти данные по частотам морфотипов были объединены.

Анализ распределения частот морфотипов показал, что у *M. bobak* представлены все морфотипы, а у *M. baibacina* имеется только морфотип *b* и отсутствуют морфотипы *a*, *c*, *d* и *e*. Таким образом, это позволяет использовать морфотипы *a*, *c*, *d* и *e* для видовой диагностики черепов *M. bobak*.

Описанные морфотипы положения слезной кости образуют два различных типа строения передней стенки глазницы. Первый включает морфотипы с развитой слезной костью (*a*, *b*). В этом

случае она сочленяется со всеми костями, образующими переднюю стенку глазницы: глазничной частью лобной кости (*pars orbitalis os frontale*), глазничной поверхностью верхнечелюстной кости (*facies orbitalis os maxilla*) и скуловой костью (*os zygomaticus*). В формировании предкрылового отверстия участвуют только слезная и верхнечелюстная кости. Второй тип включает морфотипы с различной степенью редукции слезной кости (*c*, *d*, *e*) до полного отсутствия (табл. 2, рис. 2). Тогда слезная кость сочленяется с лобной и верхнечелюстной костями или отсутствует. В формировании предкрылового отверстия участвуют слезная, лобная и верхнечелюстная кости или только слезная и верхнечелюстная (рис. 2).

Наиболее часто встречающимся типом строения передней стенки у обоих видов является тип 1 (табл. 3). Он представлен у 100% особей *M. baibacina* и более чем у 80% особей *M. bobak*, что совпадает с ранее полученными результатами (Громов, Ербаева, 1995). Тип 2 встречен только у *M. bobak*.

Морфотипические признаки на костях передней стенки глазницы. У обоих видов различия в частотах между правой и левой сторонами не достоверны, поэтому данные по обеим сторонам

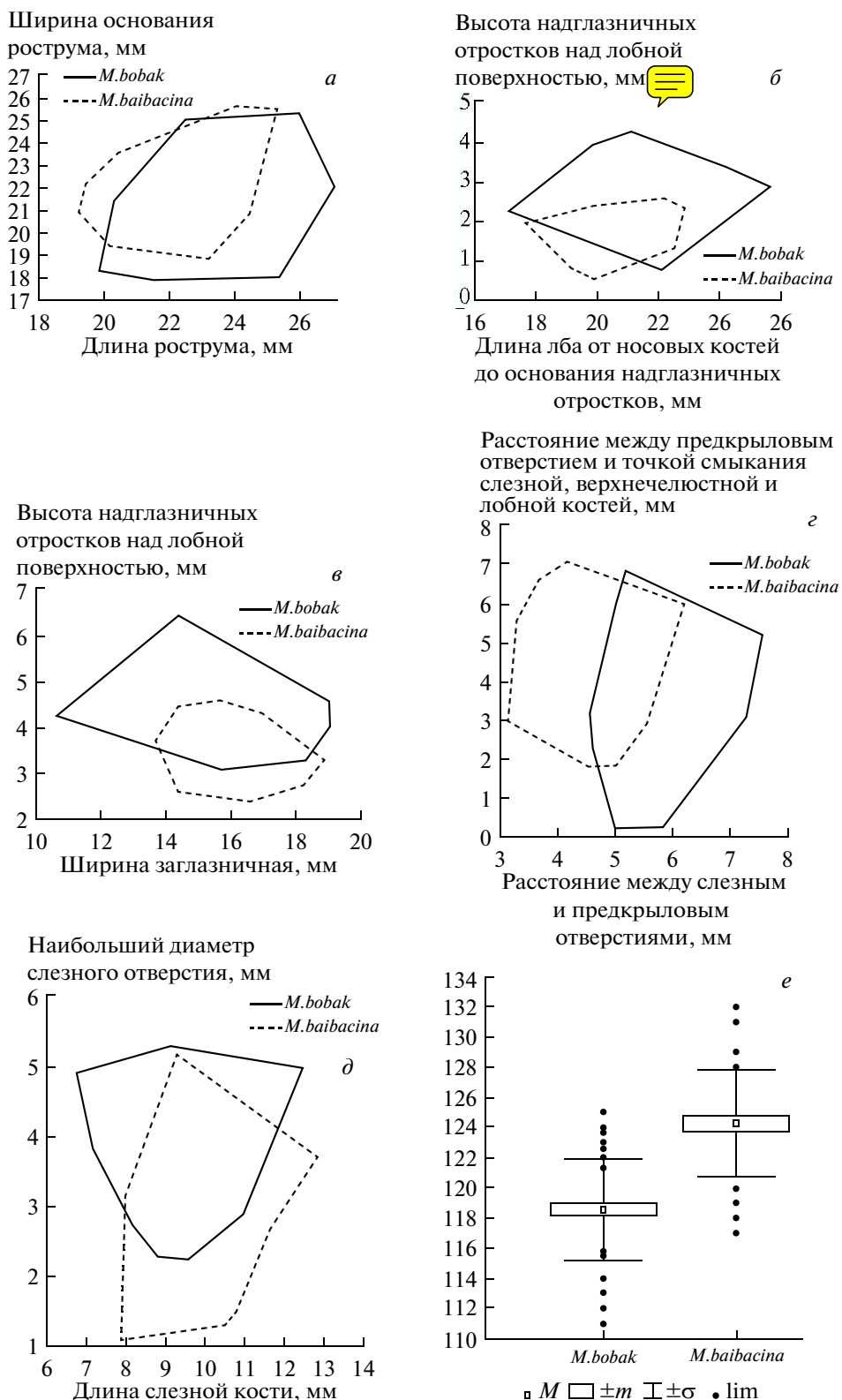


Рис. 8. Скаттер-диаграммы для метрических признаков (а–д) и значения величины угла между роstrумом и скуловой дугой (е) у черепов *M. bobak* и *M. baibacina*.

Таблица 6. Стандартизованные коэффициенты краниометрических признаков *M. bobak* и *M. baibacina*, верность идентификации и классификационные функции

Признак, показатель	Стандартизованные коэффициенты	Классификационные функции	
Череп		<i>M. bobak</i> (n = 56)	<i>M. baibacina</i> (n = 39)
1	-0.42	-0.66	-0.17
2	-0.87	4.83	5.92
3	-0.20	27.75	28.80
8	0.29	-0.87	-1.85
9	-0.68	0.80	2.38
10	0.42	6.06	4.61
11	0.62	3.24	1.38
13	-0.56	-1.74	-0.25
14	0.30	-2.93	-3.84
15	0.54	0.03	-1.11
16	-0.31	-3.71	-2.93
17	-0.40	9.99	11.48
18	0.48	4.91	3.32
19	0.62	-8.27	-9.98
20	0.70	-3.08	-8.97
Константы		-548.06	-587.33
Центроиды		1.81	-2.60
Верность идентификации, %		100	100
Лицевой отдел черепа		<i>M. bobak</i> (n = 60)	<i>M. baibacina</i> (n = 48)
8	-0.37	7.54	8.04
9	-0.88	2.51	3.33
11	1.15	3.98	2.58
12	-0.49	0.01	0.54
13	0.55	5.62	4.93
Константы		-450.29	-468.46
Центроиды		1.15	-1.69
Верность идентификации, %		93.2	90.0
Мозговой отдел черепа		<i>M. bobak</i> (n = 59)	<i>M. baibacina</i> (n = 60)
3	-0.48	26.14	27.70
10	0.40	9.30	8.40
15	-0.52	-2.55	-1.71
17	-0.41	8.35	9.33
19	0.41	-1.09	-1.81
20	0.79	4.00	-0.40
Константы		-239.91	-246.92
Центроиды		0.81	-0.98
Верность идентификации, %		86.4	81.6

Таблица 6. Окончание

Признак, показатель	Стандартизованные коэффициенты	Классификационные функции	
Передняя стенка глазницы черепа		<i>M. bobak</i> (n = 81)	<i>M. baibacina</i> (n = 82)
22	0.81	13.55	9.47
23	-0.34	1.31	2.23
24	-0.32	-0.03	0.80
25	-0.19	1.19	1.94
26	-0.15	10.12	10.95
27	-0.26	4.64	5.95
28	0.38	6.03	4.96
Константы		-91.85	-85.07
Центроиды		1.66	-1.60
Верность идентификации, %		96.3	95.2
Нижняя челюсть		<i>M. bobak</i> (n = 49)	<i>M. baibacina</i> (n = 38)
1	-0.58	5.21	4.26
2	0.50	41.62	45.31
10	-0.26	-5.35	-6.58
11	-0.48	-3.72	-6.99
12	0.24	1.42	2.74
13	0.34	9.68	10.60
14	0.34	5.73	7.33
16	-0.33	-1.42	-3.28
19	0.91	-1.69	1.83
22	-0.96	-20.03	-26.93
23	0.52	16.13	20.41
24	-0.38	-4.67	-7.59
25	0.72	-10.80	-7.83
Константы		-650.18	-730.12
Центроиды		-2.29	2.89
Верность идентификации, %		100	100

были объединены (табл. 4). Частоты всех четырех признаков у видов различны, но различия не абсолютны (табл. 4). Поэтому эти признаки могут быть использованы только для определения наличия того или иного вида в больших выборках, а не для точной идентификации отдельных экземпляров.

Морфометрические признаки

Биометрический анализ. Череп. Проведено сравнение пределов изменений размерных признаков черепа *M. bobak* и *M. baibacina* и выделены признаки, различия в крайних значениях которых максимальны. Это соотношение длины и ширины роострума, высота надглазничных отростков над лобной поверхностью, длина лба от носовых костей до основания надглазничных отростков, ширина заглазничная, расстояние от

точки схождения слезной, лобной и верхнечелюстной костей до предкрылового отверстия, расстояние между слезным и предкрыловым отверстиями, наибольший диаметр ямки слезного мешка, расстояние от точки схождения слезной, лобной и верхнечелюстной костей до границы лицевой и орбитальной поверхностей слезной кости в точке ее схождения с лобной костью. Для ряда этих признаков построены скаттер-диаграммы (рис. 8), которые могут быть использованы для видовой диагностики. Угол между роострумом и скуловым отростком верхнечелюстной кости может быть использован для видовой диагностики: все черепа с величиной угла $\alpha > 125^\circ$ принадлежат *M. baibacina*, а черепа, у которых $\alpha < 117^\circ$, относятся к *M. bobak* (рис. 8).

Зубы. Рассмотрены пределы изменения значений размеров резцов и щечных зубов и выделены признаки на нижних зубах, пределы измене-

ний значений которых сдвинуты относительно друг друга, а средние арифметические различаются с доверительной вероятностью $\leq 99.99\%$. Крайние значения этих признаков могут быть использованы при видовой диагностике (табл. 5).

Дискриминантный анализ. В статистических моделях для целого черепа, для его лицевого и мозгового отделов, для передней стенки глазницы и для нижней челюсти верность идентификации в обучающих группах *M. bobak* и *M. baibacina* принимала значения от 86 до 100% (табл. 6).

Наибольший вклад в дифференциацию видов по признакам на лицевом отделе черепа внесли длина рострума (признак 11), косая длина (признак 9) и ширина верхней челюсти (признак 13), по признакам на мозговом отделе — высота надглазничных отростков (признак 20). По размерным признакам передней стенки глазницы дискриминантный анализ был проведен отдельно для правой и левой сторон черепа, но поскольку полученные для идентификации наборы признаков оказались идентичными, здесь приводятся обобщенные результаты (табл. 6). Среди этих признаков наибольший вклад в дифференциацию вносит наименьшая длина слезной кости (признак 22). Из признаков на нижней челюсти — ширина основания углового отдела (признак 19), ширина головки сочленовного отростка (признак 22), ширина восходящей ветви (признак 25) и ангулярная длина (признак 1).

Видовая идентификация экземпляра черепа по одному из четырех комплексов признаков или экземпляра нижней челюсти проводится после расчета для него классификационных функций S_i (в нашем случае число видов $i = 2$) — суммы константы и произведений значения соответствующих признаков на приведенные в табл. 6 коэффициенты:

$$S_i = x_1 \sum c_{1i} + x_2 \sum c_{2i} + \dots x_n \sum c_{ni} + C_i,$$

где x_n — значение n -го признака у данного экземпляра, c_{ni} — коэффициент для n -го признака у i -го вида, C_i — константа для функции i -го вида.

Экземпляр следует относить к виду, значение классификационной функции S_i которого оказалось наибольшим.

Сравнение черепов *M. bobak* и *M. baibacina* по комплексу морфометрических и морфотипических признаков показало, что они могут быть надежно диагностированы по размерам черепа, размерам нижней челюсти и строению передней стенки глазницы. На основании расчета классификационных функций, использования графиков корреляций значений основных размерных признаков и морфотипов положения слезной кости возможно с высокой вероятностью отнести изучаемый экземпляр черепа к *M. bobak* или *M. baibacina*. Полученные результаты позволяют в

ряде случаев достоверно диагностировать крупные фрагменты черепа и отдельные нижние челюсти, что дает основу для изучения исторической динамики ареалов этих видов.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают благодарность сотрудникам ЗИН РАН, Зоомузея МГУ и Музея ИЭРиЖ УрО РАН за помощь в работе с коллекциями.

Работа выполнена при финансовой поддержке программы развития ведущих научно-образовательных центров (02.740.11.0279) и интеграционного проекта УрО РАН (09-М-457-2001).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бибиков Д.И., 1989. Сурки. М.: Агропромиздат. 255 с.
- Брандлер О.В., Ляпунова Е.А., Банникова А.А., Крамеров Д.А., 2010. Филогения и систематика сурков (*Marmota*, Sciuridae, Rodentia), основанные на данных интер-SINE-ПЦР // Генетика. Т. 46. № 3. С. 321–331.
- Галкина Л.И., 1970. Оценка некоторых систематических особенностей сурков и географическая изменчивость горно-азиатского сурка (*Marmota baibacina* Kastschenko, 1899) // Фауна Сибири. Новосибирск: Наука. С. 267–279.
- Галкина Л.И., Тотькова Л.А., 1986. Позднеплейстоценовый степной сурок *Marmota bobak* Müller из состава “лемминговой фауны” Средней Десны // Труды Зоол. ин-та АН СССР. Грызуны и зайцеобразные позднего кайнозоя. Л. Т. 156. С. 143–156.
- Громов И.М., Ербаева М.А., 1995. Зайцеобразные и грызуны. Млекопитающие фауны России и сопредельных территорий. СПб.: Изд-во СПб ГУ. 524 с.
- Громов И.М., Бибиков Д.И., Калабухов Н.И., Мейер М.Н., 1965. Наземные беличьи (*Marmotinae*). Фауна СССР. Млекопитающие. М.-Л.: Наука. Т. 3. Вып. 2. 467 с.
- Капитонов В.И., 1966. Распространение сурков в Центральном Казахстане и перспективы их промысла // Труды Ин-та зоологии АН КазССР. 1966. Т. 26. С. 94–134.
- Ким Дж.-О., Мьюллер Ч.У., Клекка У.Р., Олдендерфер М.С., Блэшфилд Р.К., 1989. Факторный, дискриминантный и кластерный анализ. М.: Финансы и статистика. 215 с.
- Огнев С.И., 1947. Звери СССР и прилежащих стран: звери Восточной Европы и Средней Азии. М.-Л.: Изд-во АН СССР. Т. 5. 810 с.
- Семихатова С.Н., 1972. Систематическое положение саратовских популяций степного сурка (*Marmota bobac* Müll.) / Териология. Новосибирск. Т. 1. С. 60–63.
- Слудский А.А., Варшавский С.Н., Исмагилов М.И., Капитонов В.И., Шубин И.Г., 1969. Млекопитающие Казахстана. Алма-Ата: Наука, 1969. Т. 1. 456 с.
- Cardini A., Slice D.E., 2004. Mandibular shape in the genus *Marmota* (Rodentia, Sciuridae): a preliminary analysis using outlines // Ital. J. Zool. V. 71. P. 17–25.

**SPECIES IDENTIFICATION OF STEPPE MARMOT (*MARMOTA BOBAK*)
AND GRAY MARMOT (*MARMOTA BAIBACINA*) ACCORDING
TO CRANIOLOGICAL FEATURES**

V. V. Gasilin, P. A. Kosintsev

*Institute of Plant and Animal Ecology, Ural Branch, Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg 620144, Russia
e-mail: GasilinV@yandex.ru, kpa@ipae.uran.ru*

The skull and mandible of the steppe marmot (*Marmota bobak* (Müller 1776)) and gray marmot (*M. baibacina* (Kastschenko 1899)) were compared by a complex of morphotypical and morphometric characters using methods of biometrics and discriminant analysis. As a result, a number of new diagnostic morphotypical and morphometric characters of the skull were suggested. The skulls and mandibles of these species are shown to be reliably identified by their measurements, frequencies of morphotypes of the orbit front wall structure and by the sizes of orbit from wall components (lacrimal bone and adjacent it bones and foramens).