

## МЕЖВИДОВОЙ АНАЛИЗ РАЗМЕРНО-ВЕСОВЫХ И КРАНИОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПОЛЕВОК ПОДСЕМЕЙСТВА ARVICOLINAE (RODENTIA, CRICETIDAE) С ТЕРРИТОРИИ ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БОЛЬШОГО КАВКАЗА

Лейла Вагиф кызы Надирли   
Институт Зоологии, Баку, Азербайджан  
\*leyla\_h-va@list.ru

Проведён сравнительный анализ размерно-весовых и краниометрических параметров четырёх видов полёвок (*Microtus arvalis*, *Microtus socialis*, *Microtus majori*, *Chionomys gud*) из разных биотопов Большого Кавказа. Многомерный дисперсионный анализ (MANOVA) выявил высоко достоверные межвидовые различия ( $p < 0,0001$ ) по ключевым морфологическим признакам. Наибольшие размеры тела и черепа зафиксированы у *Ch. gud*, что отражает адаптацию к условиям высокогорного климата. Виды рода *Microtus* демонстрируют меньшие размеры, соответствующие равнинным и предгорным местообитаниям. Несмотря на морфологическое сходство, между *M. arvalis* и *M. socialis* выявлены достоверные различия, связанные с адаптацией к различным типам растительности. Морфологическая дифференциация исследованных видов подчёркивает роль экологических факторов, биотопической приуроченности и физико-географической структуры региона в процессах микроэволюции грызунов Большого Кавказа.

**Ключевые слова:** *Arvicolinae*, размерно-весовые параметры, краниальные параметры, межвидовой анализ, многомерный дисперсионный анализ (MANOVA), Большой Кавказ

### ВВЕДЕНИЕ

Подсемейство Arvicolinae (Cricetidae), включающее свыше 150 видов, является одной из самых разнообразных по видовому составу групп грызунов, преимущественно распространённых в пределах Голарктики [15, 18]. Представители данной таксономической группы демонстрируют широкий спектр морфофизиологических и поведенческих адаптаций к различным экологическим условиям, что выражается в значительной вариабельности краниальных структур и размерно-весовых параметров и подчеркивает их важную роль в исследованиях эволюционных процессов, экоморфологического разнообразия и биогеографических закономерностей [8].

Анализ размерно-весовых и краниальных параметров позволяет выявить межвидовые различия, отражающие как филогенетические взаимоотношения, так и пластичность, обусловленную экологическими факторами. Краниометрические признаки, в частности, широко применяются в таксономических и популяционных исследованиях, позволяя уточнять систематическое положение видов и выявлять адаптивные. Размерно-весовые параметры, в свою очередь, являются важным индикатором общего морфофизиологического состояния животных, связанного с особенностями питания, стратегии выживания и репродуктивного поведения тенденции [4, 16].

Несмотря на наличие значительного объёма данных по морфологии представителей Arvicolinae [2], межвидовое сравнение на региональном уровне остаётся актуальной задачей. Особенно это касается малоизученных популяций, обитающих в горных и предгорных районах, где эколого-географическая изоляция способствует дивергенции признаков. В данном исследовании основное внимание уделяется оценке морфометрического и краниологического разнообразия полёвок, представленных на территории юго-восточной части Большого Кавказа.

Располагающийся на границе Европы и Азии, в области контакта основных зоогеографических регионов, благодаря своему уникальному географическому положению и сложной геологической истории, он представляет собой значимый фактор в эволюции отдельных таксонов, выступая в роли изолятора, миграционного маршрута или рефугиума [5, 7, 12].

На территории восточной части Большого Кавказа, представляющей собой область высокой биотической мозаичности и служащей модельной территорией для анализа морфологических адаптаций у грызунов, зафиксировано распространение семи видов полёвок подсемейства Arvicolinae: *Microtus arvalis*, *Microtus socialis*, *Microtus majori*, *Microtus dagestanicus*, *Chionomys gud*, *Chionomys roberti* и *Arvicola amphibius*. Эти виды демонстрируют выраженные различия в экологических предпочтениях и зоогеографической принадлежности, что позволяет условно выделять их в различные эколого-фаунистические группы. В данном сообществе присутствуют как эндемики Кавказа — *M. majori*, *M. dagestanicus*, *Ch. gud*, так и виды, имеющие охранный статус, в частности *Ch. gud* и *Ch. roberti*, включённые в Красную книгу Азербайджанской Республики [1, 2, 9]. Такое разнообразие формирует основу для межвидового сравнения, направленного на выявление морфологических адаптаций, обусловленных как филогенетическими, так и экологическими факторами.

Таким образом, регион характеризуется высокой степенью биотической мозаичности и может служить модельной территорией для анализа морфологических адаптаций у грызунов [8]. Целью настоящей работы является количественная оценка межвидовых различий в размерно-весовых и краниальных параметрах у представителей подсемейства Arvicolinae, с последующим определением степени их морфологического различия и выявлением основных факторов, влияющих на вариабельность признаков.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Материалом для исследования послужили собственные отловы автора с 2019 по 2024 годы с различных районов юго-восточной части Большого Кавказа, а также коллекции института Зоологии Министерства Науки и Образования Азербайджанской Республики, собранные разными авторами с 1926 по 2000 годы (рис. 1).



**Рисунок 1.** Карта точек сбора образцов: красный – *Microtus arvalis*, зеленый – *Microtus socialis*, синий – *Microtus majori*, желтый – *Microtus dagestanicus*, фиолетовый – *Chionomys gud*, оранжевый – *Chionomys roberti*, черный – *Arvicola amphibius*.

Для выполнения данной работы были взяты экстерьерные параметры с 430 образцов шести видов и краниальные параметры с 128 образцов семи видов полевок подсемейства Arvicolinae (табл. 1). Определение таксономической принадлежности проводилось на основе морфологических признаков с использованием стандартных определителей [12]. Собственные отловы автора были переопределены еще и с помощью молекулярно-генетических анализов [3, 13].

**Таблица 1.**

Число образцов для морфометрических и краниальных вычислений по видам полевок с учетом пола и возрастных классов

| Вид                    | Число образцов с размерно-<br>весовыми параметрами |    |            |     | Число образцов с<br>краниальными<br>параметрами |    |            |    |
|------------------------|----------------------------------------------------|----|------------|-----|-------------------------------------------------|----|------------|----|
|                        | Adultus                                            |    | Subadultus |     | Adultus                                         |    | Subadultus |    |
|                        | ♀                                                  | ♂  | ♀          | ♂   | ♀                                               | ♂  | ♀          | ♂  |
| <i>M. arvalis</i>      | 45                                                 | 17 | 144        | 113 | 19                                              | 7  | 11         | 16 |
| <i>M. socialis</i>     | 14                                                 | 10 | 10         | 14  | 7                                               | 7  | 7          | 7  |
| <i>M. majori</i>       | 5                                                  | 5  | 13         | 10  | 1*                                              | *1 | 4          | 4  |
| <i>M. dagestanicus</i> | -                                                  | -  | -          | 2*  | -                                               | -  | -          | 2* |
| <i>Ch. gud</i>         | 5                                                  | 7  | 10         | 5   | 2*                                              | 6  | 5          | 4  |
| <i>Ch. roberti</i>     | -                                                  | -  | -          | 1*  | -                                               | -  | -          | 1* |
| <i>A. amphibius</i> ** | -                                                  | -  | -          | -   | 9**                                             |    | 8**        |    |

\* - выборки, не попавшие в статистические анализы из-за недостаточного числа в выборке

\*\* - также, пол неизвестен

Возрастная дифференциация некорнезубых полёвок осуществлялась на основании учета степени краниальной зрелости черепа по методике Лариной и Лапшова [10], а также с привлечением морфометрических показателей, в совокупности с анализом состояния репродуктивной системы и степени вовлечённости особей в размножение. В результате комплексной оценки были выделены две возрастные группы: subadultus и adultus.

Все измерения проводились с использованием электронного штангенциркуля с точностью до 0,1 мм, масса тела определялась на электронных весах с точностью до 0,01 гр. Учет и анализ морфометрических показателей осуществлялся по следующим параметрам: вес тела – G (гр), длина тела – L (мм), длина хвоста – C (мм), длина стопы – Pl (мм), высота уха – Au (мм). При краниологических вычислениях учитывались следующие 17 параметров: BAS – общая длина черепа, CBAS – кондильобазальная длина черепа, PAL – длина твердого нёба, UDL – длина диастемы верхней челюсти, LDL – длина диастемы нижней челюсти, IFL – длина резцовых отверстий, UMRL – длина верхнего зубного ряда, LMRL – длина нижнего зубного ряда, LBR – длина слухового барабана параллельно оси черепа, RS – длина роострума, JNT – межглазничная ширина, CAP – ширина мозговой капсулы, OW – ширина глазницы, FRG – ширина затылочного отверстия, AS – скуловая ширина, CHB – высота черепа на уровне слуховых барабанов, MH – высота нижней челюсти.

В выборки были включены экземпляры имеющие полные размерно-весовые и краниальные данные, а также информацию о возрастной и половой принадлежности. Статистический анализ морфометрических и краниометрических данных был проведен для видов с численностью выборок не менее четырех экземпляров на возрастно-половую группу.



Для *Ch. gud* и *M. majori*, несмотря на ограниченное количество образцов (4–6 экземпляров), было принято решение о включении в анализ в связи с их важной сравнительной ценностью для исследования межвидовых различий. При последующей интерпретации результатов учитывались ограничения, обусловленные небольшой численностью этих выборок.

Статистическая обработка данных включала вычисление средних величин (средняя арифметическая, мода, медиана), стандартное отклонение, среднюю ошибку средней арифметической, а также проверку на нормальность распределения признаков (критерий Колмогорова–Смирнова и тест Шапиро–Уилка). Для выявления межвидовых различий применялся многомерный дисперсионный анализ (MANOVA) с последующим пост-хок тестом Тьюки. Статистическую обработку результатов измерений проводилась в пакете программ Statistica 10.0.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

### *Результаты анализа размерно-весовых параметров*

Проведён многомерный дисперсионный анализ (MANOVA) для оценки различий морфометрических показателей (массы тела, длины тела, длины хвоста, длины подошвы и длины уха) между четырьмя видами грызунов (*Microtus arvalis*, *Microtus socialis*, *Microtus majori*, *Chionomys gud*) в различных половых и возрастных группах (табл. 2).

**Взрослые особи, самки (*adultus, female*).** Результаты MANOVA показали наличие высоко значимых различий между видами (Wilks' lambda = 0,04532;  $F(15, 168,8) = 23,264$ ;  $p < 0,0001$ ). Наибольшее различие наблюдается по длине тела (L, мм) и длине хвоста (C, мм), особенно у *Chionomys gud*, где данные показатели существенно превышают аналогичные значения у видов рода *Microtus*.

**Молодые особи, самки (*subadultus, female*).** Аналогичный анализ подтвердил значимые межвидовые различия (Wilks' lambda = 0,03957;  $F(15, 85,979) = 12,736$ ;  $p < 0,0001$ ). Структура различий схожа с таковой у взрослых самок: длина тела и хвоста остаются наиболее варьирующими признаками между видами.

**Взрослые особи, самцы (*adultus, male*).** Результаты MANOVA выявили выраженные различия между видами (Wilks' lambda = 0,08123;  $F(15, 466,94) = 46,161$ ;  $p < 0,0001$ ). На графике отчётливо видно, что масса тела и длина хвоста у *Chionomys gud* значительно выше по сравнению с другими видами.

**Молодые особи, самцы (*subadultus, male*).** В данной группе также зафиксированы статистически значимые различия (Wilks' lambda = 0,07822;  $F(15, 370,32) = 37,452$ ;  $p < 0,0001$ ). Среди всех признаков наиболее вариабельными остаются длина тела и хвоста, демонстрируя аналогичную тенденцию, отмеченную у взрослых особей.

На всех графиках вертикальные полосы отражают 95% доверительные интервалы, подчёркивая высокую достоверность полученных различий. При этом наименьшие различия между видами наблюдаются для признаков длины подошвы и длины уха, значения которых относительно стабильны (рис. 2)

Таблица 2.

Значение средней арифметической и ее ошибки по морфометрическим показателям полевок

| Экст. параметр. | Пол | Adultus                  |                            |                           |                            |
|-----------------|-----|--------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|
|                 |     | M.arvalis                | M.socialis                 | M.majori                  | Ch.gud                     |
|                 |     | 144♀, 113♂               | 10♀, 14♂                   | 13♀, 10♂                  | 10♀, 5♂                    |
|                 |     | M±SE                     | M±SE                       | M±SE                      | M±SE                       |
| G               | ♀+♂ | 33.8±1.30<br>33.9±2.66   | 32.11±1.77<br>30.94±1.46   | 23.40±2.71<br>27.64±2.28  | 41.66±6.55<br>33.44±3.49   |
| L               | ♀+♂ | 108.9±1.65<br>108.2±2.39 | 103.74±2.09<br>100.67±1.70 | 93.84±2.01<br>103.24±4.74 | 121.10±6.67<br>121.40±7.01 |
| C               | ♀+♂ | 35.74±0.57<br>35.4±1.49  | 27.01±0.84<br>24.74±0.93   | 35±2.01<br>38.32±1.78     | 75.06±3.06<br>73.20±2.77   |
| Pl              | ♀+♂ | 15.88±0.19<br>16.4±0.31  | 15.82±0.27<br>15.74±0.38   | 16.24±0.45<br>14.96±0.56  | 21.58±0.44<br>21.86±1      |
| Au              | ♀+♂ | 11.72±0.17<br>11.62±0.34 | 9.71±0.31<br>9.56±0.22     | 9.70±0.86<br>10.66±0.94   | 15.86±0.93<br>16.81±1.51   |
| Экст. параметр. | Пол | Subadultus               |                            |                           |                            |
|                 |     | M.arvalis                | M.socialis                 | M.majori                  | Ch.gud                     |
|                 |     | 144♀, 113♂               | 10♀, 14♂                   | 13♀, 10♂                  | 10♀, 5♂                    |
|                 |     | M±SE                     | M±SE                       | M±SE                      | M±SE                       |
| G               | ♀+♂ | 16.96±0.43<br>16.11±0.31 | 26±3.38<br>21.18±1.24      | 18.48±0.95<br>17.15±0.88  | 29.03±0.77<br>26.58±3.02   |
| L               | ♀+♂ | 79.69±0.72<br>81.1±0.67  | 82.45±3.43<br>78.34±2.20   | 82.63±1.42<br>83.28±1.53  | 96.79±1.26<br>93.28±2.38   |
| C               | ♀+♂ | 27.91±0.36<br>28.57±0.32 | 20.98±1.42<br>21.68±0.74   | 34.62±0.74<br>31.75±1.08  | 63.85±1.38<br>64.80±3.17   |
| Pl              | ♀+♂ | 14.54±0.11<br>14.96±0.11 | 15.23±0.54<br>15.70±0.21   | 14.95±0.17<br>15.05±0.26  | 20.15±0.32<br>20.04±0.46   |
| Au              | ♀+♂ | 10.73±0.1<br>10.68±0.12  | 8.99±0.24<br>8.85±0.12     | 9.73±0.34<br>9.51±0.38    | 15.34±0.64<br>14.14±0.80   |

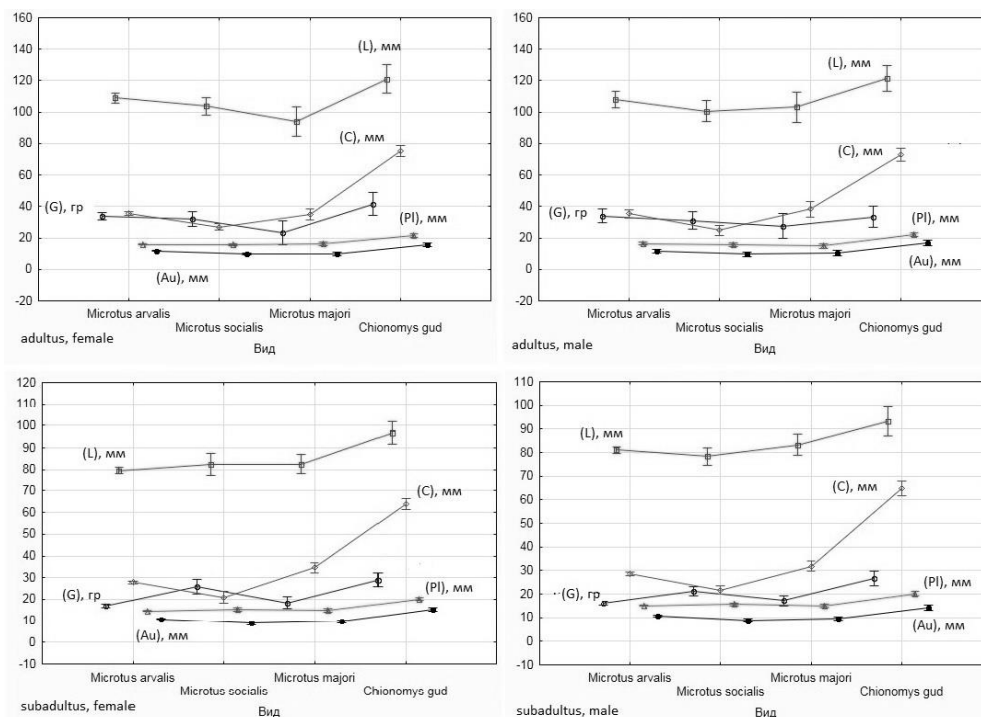


Рисунок 2. Сравнение размерно-весовых параметров 4-х видов полевок с использованием многомерного дисперсионного анализа (MANOVA)



### Результаты анализа краниальных параметров

Проведён многомерный дисперсионный анализ (MANOVA) (рис. 3) для оценки различий 17 краниометрических параметров черепа между четырьмя видами грызунов (*Microtus arvalis*, *Microtus socialis*, *Microtus majori*, *Chionomys gud*) в различных половых и возрастных группах (табл. 3).

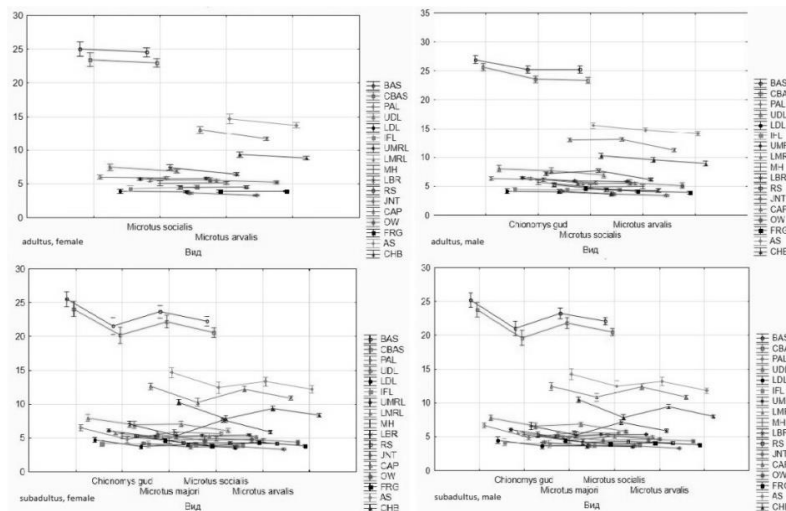


Рисунок 3. Сравнение краниальных параметров 4-х видов полевок 4-х видов полевок с использованием многомерного дисперсионного анализа (MANOVA)

Таблица 3.

Значение средней арифметической и ее ошибки по краниометрическим показателям полевок

| Краниал. параметры | п о л | Adultus    |            |            |            | Subadultus |            |            |  |
|--------------------|-------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|--|
|                    |       | M.arvalis  | M.arvalis  | M.socialis | M.majori   | Ch.gud     | M.socialis | Ch.gud     |  |
|                    |       | N          | N          | N          | N          | N          | N          | N          |  |
|                    |       | 19♀, 7♂    | 11♀, 16♂   | 7♀, 7♂     | 4♀, 4♂     | 5♀, 4♂     | 7♀, 7♂     | 6♂         |  |
|                    |       | M±SE       | M±SE       | M±SE       | M±SE       | M±SE       | M±SE       | M±SE       |  |
| BAS                | ♀     | 24.5±0.32  | 22.26±0.37 | 23.66±0.54 | 21.55±0.40 | 25.54±0.40 | 25.02±0.45 | 26.95±0.33 |  |
|                    | ♂     | 25.2±0.22  | 22.07±0.25 | 23.21±0.32 | 21.03±0.38 | 25.18±0.79 | 25.21±0.37 |            |  |
| CBAS               | ♀     | 22.9±0.31  | 20.57±0.37 | 22.19±0.58 | 20.18±0.41 | 24.06±0.17 | 23.46±0.42 | 25.67±0.26 |  |
|                    | ♂     | 23.40±0.22 | 20.46±0.26 | 21.83±0.45 | 19.63±0.20 | 23.78±0.62 | 23.56±0.32 |            |  |
| PAL                | ♀     | 5.89±0.08  | 5.57±0.12  | 5.86±0.15  | 4.78±0.10  | 6.48±0.33  | 6±0.18     | 6.32±0.14  |  |
|                    | ♂     | 5.61±0.18  | 5.48±0.08  | 5.63±0.09  | 4.9±0.17   | 6.65±0.25  | 6.13±0.09  |            |  |
| UDL                | ♀     | 6.82±0.14  | 6.10±0.20  | 7.06±0.13  | 6.98±0.28  | 7.94±0.17  | 7.44±0.17  | 8.05±0.31  |  |
|                    | ♂     | 6.94±0.23  | 5.79±0.10  | 6.81±0.21  | 6.6±0.07   | 7.78±0.11  | 7.71±0.17  |            |  |
| LDL                | ♀     | 3.81±0.08  | 3.59±0.08  | 4±0.20     | 3.75±0.22  | 4.72±0.10  | 3.89±0.21  | 4.18±0.26  |  |
|                    | ♂     | 3.69±0.15  | 3.59±0.12  | 3.66±0.16  | 3.68±0.14  | 4.48±0.31  | 4.09±0.12  |            |  |
| IFL                | ♀     | 4.55±0.12  | 3.96±0.13  | 4±0.22     | 4.08±0.23  | 4.18±0.12  | 4.31±0.11  | 4.47±0.12  |  |
|                    | ♂     | 4.42±0.18  | 3.84±0.15  | 3.73±0.12  | 3.93±0.05  | 4.2±0.25   | 4.37±0.12  |            |  |
| UMRL               | ♀     | 5.82±0.06  | 5.47±0.05  | 5.33±0.11  | 5.13±0.08  | 6.08±0.12  | 5.73±0.07  | 6.48±0.11  |  |
|                    | ♂     | 5.8±0.08   | 5.33±0.05  | 5.36±0.10  | 5±0.08     | 6.03±0.14  | 5.89±0.06  |            |  |
| LMRL               | ♀     | 5.54±0.06  | 5.18±0.06  | 5.23±0.07  | 5±0.09     | 5.7±0.09   | 5.53±0.11  | 6.33±0.11  |  |
|                    | ♂     | 5.47±0.10  | 5.02±0.06  | 5.24±0.10  | 4.93±0.08  | 5.65±0.09  | 5.56±0.06  |            |  |
| MH                 | ♀     | 5.13±0.07  | 4.66±0.11  | 4.87±0.20  | 4.60±0.23  | 5.3±0.12   | 5.07±0.24  | 5.67±0.14  |  |
|                    | ♂     | 4.96±0.18  | 4.62±0.08  | 5.06±0.13  | 4.45±0.16  | 5.38±0.17  | 4.91±0.18  |            |  |
| LBR                | ♀     | 6.43±0.11  | 5.89±0.09  | 7.61±0.25  | 5.35±0.20  | 7.04±0.14  | 7.43±0.19  | 7.20±0.12  |  |
|                    | ♂     | 6.19±0.12  | 5.87±0.11  | 7.13±0.25  | 5.3±0.09   | 6.60±0.27  | 7.71±0.17  |            |  |
| RS                 | ♀     | 4.53±0.06  | 4.15±0.07  | 4.31±0.08  | 4.28±0.11  | 5.34±0.06  | 4.47±0.21  | 5.27±0.24  |  |
|                    | ♂     | 4.3±0.11   | 4.13±0.08  | 4.29±0.20  | 4.2±0.20   | 5.28±0.17  | 4.39±0.09  |            |  |
| JNT                | ♀     | 3.28±0.04  | 3.33±0.05  | 3.73±0.12  | 3.63±0.11  | 4.2±0.07   | 3.63±0.05  | 4.12±0.08  |  |
|                    | ♂     | 3.38±0.08  | 3.31±0.05  | 3.61±0.11  | 3.7±0.09   | 4.18±0.09  | 3.64±0.08  |            |  |
| CAP                | ♀     | 11.66±0.14 | 10.89±0.21 | 12.23±0.19 | 10.28±0.17 | 12.6±0.05  | 13.06±0.21 | 12.97±0.15 |  |
|                    | ♂     | 11.21±0.18 | 10.84±0.13 | 12.39±0.19 | 10.83±0.48 | 12.43±0.15 | 13.09±0.13 |            |  |
| OW                 | ♀     | 5.23±0.12  | 4.34±0.17  | 4.81±0.20  | 4.63±0.16  | 5.5±0.24   | 5.51±0.13  | 5.38±0.20  |  |
|                    | ♂     | 5.13±0.24  | 4.36±0.09  | 4.61±0.22  | 4.43±0.17  | 5.18±0.23  | 5.63±0.22  |            |  |
| FRG                | ♀     | 3.9±0.05   | 3.85±0.07  | 4.39±0.12  | 3.83±0.05  | 4.66±0.07  | 3.96±0.11  | 4.72±0.12  |  |
|                    | ♂     | 3.92±0.11  | 3.84±0.07  | 4.06±0.08  | 3.95±0.05  | 4.48±0.06  | 4.16±0.12  |            |  |
| AS                 | ♀     | 13.74±0.20 | 12.18±0.26 | 13.31±0.39 | 12.45±0.33 | 14.66±0.15 | 14.70±0.30 | 15.53±0.23 |  |
|                    | ♂     | 14.16±0.22 | 11.81±0.18 | 13.21±0.39 | 12.43±0.31 | 14.25±0.40 | 14.74±0.17 |            |  |
| CHB                | ♀     | 8.81±0.09  | 8.39±0.15  | 9.39±0.15  | 7.8±0.14   | 10.26±0.22 | 9.31±0.33  | 10.25±0.15 |  |
|                    | ♂     | 8.97±0.16  | 8.01±0.08  | 9.49±0.21  | 7.88±0.28  | 10.48±0.17 | 9.54±0.27  |            |  |

**Взрослые особи, самки (*adultus, female*).** Результаты MANOVA подтвердили наличие высоко значимых различий между видами (Wilks'  $\lambda = 0,06520$ ,  $F(17, 8) = 6,7465$ ,  $p = 0,00493$ ). Наибольшие межвидовые различия наблюдаются по основным краниометрическим признакам: ширине основания черепа (BAS) и ширине между основными основаниями черепа (CBAS), где *M. socialis* демонстрирует несколько более высокие значения по сравнению с *M. arvalis*. Также заметны различия в длине верхней челюсти (PAL) и длине черепа до носовых костей (UDL). Остальные признаки показывают менее выраженные различия или накладываются в пределах доверительных интервалов.

**Молодые особи, самки (*subadultus, female*).** Результаты MANOVA выявили высоко значимые различия между видами (Wilks'  $\lambda = 0,00012$ ,  $F(51, 21,646) = 8,2743$ ,  $p < 0,00001$ ). Наибольшие различия наблюдаются по ширине основания черепа (BAS) и ширине между основаниями черепа (CBAS), где *Ch. gud* значительно превышает представителей рода *Microtus*. Также существенные различия отмечаются по длине черепа до носовых костей (UDL) и длине верхней челюсти (PAL), при этом *Ch. gud* демонстрирует более крупные размеры по этим признакам. *M. majori*, *M. socialis* и *M. arvalis* характеризуются меньшими значениями основных краниометрических параметров, особенно *M. arvalis*, у которого минимальные значения большинства признаков.

**Взрослые особи, самцы (*adultus, male*).** Результаты MANOVA выявили наличие различий между видами, однако они не достигли уровня статистической значимости (Wilks'  $\lambda = 0,00038$ ;  $F(34,2) = 2,9421$ ;  $p = 0,28576$ ). При этом сохраняется тенденция к увеличению значений основных краниометрических параметров у *Ch. gud*.

**Молодые особи, самцы (*subadultus, male*).** Аналогичный анализ подтвердил наличие значимых межвидовых различий (Wilks'  $\lambda = 0,00055$ ;  $F(51, 33,555) = 7,5226$ ;  $p < 0,0000$ ). Структура различий схожа с таковой у взрослых самок: основные отличия отмечаются по показателям BAS и CBAS, а также по PAL и PAL, с наибольшими значениями у *Ch. gud*.

Все вертикальные полосы на графике обозначают 95% доверительные интервалы, что подтверждает высокую надёжность различий между исследуемыми видами.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведённый анализ размерно-весовых и краниометрических параметров четырёх видов полёвок (*Microtus arvalis*, *Microtus socialis*, *Microtus majori* и *Chionomys gud*) выявил выраженные межвидовые различия, устойчивые как среди взрослых, так и среди молодых особей обоего пола. Статистическая значимость различий подтверждена данными многомерного дисперсионного анализа (MANOVA), с высокими уровнями достоверности ( $p < 0,0001$ ) в большинстве групп.

Наибольшие различия среди размерно-весовых признаков наблюдались по длине тела (L) и длине хвоста (C), где *Ch. gud* демонстрировал существенно превышающие значения относительно всех видов рода *Microtus*. Эта тенденция сохранялась как среди взрослых, так и среди молодых особей обоего пола, что указывает на стабильное межвидовое различие в морфофункциональных адаптациях.

Аналогичные закономерности были выявлены при анализе краниометрических признаков. Наиболее вариабельными оказались показатели базикраниальной длины черепа (BAS) и длины твёрдого нёба (PAL), где вновь *Ch. gud* значительно выделялся на фоне остальных видов. У *M. socialis* и *M. arvalis* краниальные параметры были значительно ниже, что может свидетельствовать о меньших размерах тела и адаптации к иным экологическим условиям.

Следует подчеркнуть, что меньшие различия между видами зафиксированы для признаков длины подошвы и длины уха, что свидетельствует об относительной консервативности этих морфологических характеристик, возможно, в силу их ограниченной адаптивной пластичности.



Экологические и биотопические предпочтения исследованных видов тесно коррелируют с выявленными морфологическими различиями. *Ch. gud* — типичный представитель высокогорных субальпийских и альпийских ландшафтов Большого Кавказа, характеризующихся суровыми климатическими условиями, резкими сезонными колебаниями температуры и значительной высотой над уровнем моря. Более крупные размеры тела и черепа у *Ch. gud* соответствуют биогеографическим правилам Бергмана [14], согласно которым увеличение размеров тела способствует снижению теплопотерь в холодном климате. Также удлинённый хвост, зафиксированный у данного вида, может быть связан с необходимостью балансировки и терморегуляции при передвижении по пересечённой местности [19].

Виды рода *Microtus* — *M. arvalis*, *M. socialis* и *M. majori* — демонстрируют меньшие размерно-весовые и краниометрические параметры. Это отражает их адаптацию к относительно более тёплым, открытым или лесостепным биотопам предгорных и равнинных районов. Так, *Microtus majori* занимает промежуточное положение: несколько более крупные размеры тела и черепа в сравнении с *M. arvalis* и *M. socialis* могут быть связаны с его обитанием в более прохладных и увлажнённых зонах предгорий. Подобная тенденция соответствует микроэволюционным паттернам рода *Microtus*, отмеченным ранее [17].

*M. arvalis* широко распространён в равнинных степных экосистемах и демонстрирует наименьшие размеры тела и черепа, что может быть обусловлено необходимостью высокой маневренности и быстрых темпов роста в динамичных открытых местообитаниях. Несмотря на общее морфологическое сходство *M. socialis* и *M. arvalis*, между ними сохраняются достоверные различия в ряде ключевых краниометрических параметров. Увеличенные размеры черепных структур у *M. socialis* могут быть интерпретированы как отражение адаптивной реакции на более засушливые и открытые условия обитания, где крупные размеры тела и черепа способствуют более эффективной терморегуляции и поиску пищи в изменчивой среде. Эти особенности также тесно связаны с растительными предпочтениями видов: *M. socialis* преимущественно населяет засушливые степные и полупустынные биотопы с преобладанием ксерофитной растительности, требующей поиска более разреженных, но энергетически ценных кормов, тогда как *M. arvalis* ассоциирован с более увлажнёнными луговыми и сельскохозяйственными угодьями, где растительный покров более плотный и однородный. Наличие крупных черепных размеров у *M. socialis* может облегчать потребление грубых и жёстких кормов, характерных для ксерофитных сообществ. Перекрытие доверительных интервалов по отдельным признакам указывает на то, что дивергенция между видами не является абсолютной и может отражать влияние факторов сохранения общих экоморфологических черт, сформированных в ходе параллельной адаптации к сходным условиям среды. Это свидетельствует о значительном уровне консерватизма в базовой морфологической организации при одновременном формировании адаптивных морфологических различий, отвечающих различиям в экологических нишах [1, 17].

Хотя *M. dagestanicus*, *Ch. roberti* и *A. amphibius* не вошли в непосредственный статистический анализ, их морфология и экология дают важные дополнительные сведения о формировании адаптивных признаков у полёвок Кавказа. *M. dagestanicus* характеризуется меньшими размерами тела и черепа по сравнению с другими видами группы и адаптацией к полуаридным предгорным и равнинным биотопам Восточного Кавказа. *Ch. roberti*, в свою очередь, обитает в горных лесах и субальпийских поясах Западного Кавказа, демонстрируя краниальные характеристики, близкие к *Ch. gud*, но с меньшими размерами тела [7], что отражает адаптацию к менее экстремальным условиям. *A. amphibius*, связанный преимущественно с водно-болотными и влажными луговыми экосистемами, отличается наиболее крупными размерами среди всех рассматриваемых видов [1, 6, 11, 17], что соответствует его полуводному образу жизни и требует особой пластичности в терморегуляции и локомоторных адаптациях.

Особое влияние на формирование размерно-морфологических характеристик оказывает физико-географическая структура Большого Кавказа. Выраженная вертикальная поясность, значительные изменения климатических условий на относительно коротких горизонтальных расстояниях и наличие специфических высокогорных экосистем создают уникальные условия для дивергенции форм по размерно-весовым и краниальным признакам. В данном контексте выявленная высокая степень морфологической дифференциации *Ch. gud* относительно видов рода *Microtus* представляется закономерной и отражает длительные адаптивные процессы в изолированных горных биотопах.

Таким образом, результаты проведённого анализа демонстрируют важную роль как экологических факторов, так и физико-географических условий региона в формировании межвидовых различий у исследованных видов полёвок. Полученные данные подтверждают значимость комплексного подхода, сочетающего размерно-весовые и краниометрические характеристики для изучения адаптивной морфологии грызунов высокогорных и предгорных экосистем.

### ЛИТЕРАТУРЕ

1. Azərbaycan faunasının informasiya sistemi (onurğalılar), - 2023. - Bakı: Tərəqqi MMC, - 598 s.
2. Azərbaycan Respublikasının Qırmızı Kitabı / III nəşr. Bakı, - 2023. - 246 s.
3. Nadirli, L.V. Azərbaycanda molekulyar-genetik metodların istifadəsi ilə gəmiricilərin (Rodentia) növ müxtəlifliyinin öyrənilməsi (*Microtus* cinsinə aid çöl siçanlarının misalında) // «Heydər Əliyev və Azərbaycan təbiəti» Beynəlxalq konfrans // - Bakı, - 2023, - s. 188.
4. Məmmədrzayeva, E.T. Şərqi Zaqafqazyada adi çöl siçanının populyasiya dəyişkənliyi. B.e.n. diss., - Bakı: 2004, - 142 s.
5. Абдурахманов, Г.М., Батхиев, А.М. Историко-фаунистическая и зоогеографическая характеристика млекопитающих Кавказа // Юг России: экология, развитие, - 2013. №3, - с. 35-52.
6. Батхиев, А.М. Состав и зоогеографическое распределение млекопитающих Кавказа // Юг России: экология, развитие, - 2014. №1, - с. 61-75.
7. Громов, И.М., Ербаева, М.А. Млекопитающие фауны России и сопредельных территорий: Зайцеобразные и грызуны. – СПб.: ЗИН РАН, - 1995. – 520 с.
8. Кулиев, Г.Н., Ибрагимли, А.Ш., Гасанова, Л.В., Мамедрзаева, Э.Т. Зоогеографические группы и распределение грызунов (RODENTIA) и Зайцеобразных (LAGOMORPHA) в ландшафтах Северо-Восточного Азербайджана // «Известия» ТСХА, Москва-2021, вып.6, - с. 90-101.
9. Ларина, НИ., Лапшов, В.А. К методике выделения возрастных групп у некорнезубых полевок. // В сб. «Физиологическая и популяционная экология животных», Саратов, - 1974.
10. Пантелеев, П.А. Водяная полевка: Образ вида / П.А. Пантелеев. М.: Наука. - 2001. - 527 с.
11. Темботова, Ф.А. Млекопитающие Кавказа и омывающих его морей. Определитель / Ф.А.Темботова. М.: Товарищество научных изданий КМК, - 2015.
12. Ялковская, Л.Э., академик РАН Большаков, В.Н., Крохалева, М.А., Гасанова, Л.В., Кулиев, Г.Н., Сибираков, П.А., Бородин, А.В. Генетическое разнообразие представителей группы родов *Microtus* (Arvicolinae, Rodentia): новые данные с территории Большого Кавказа // «Доклады Российской Академии Наук. Науки о жизни». Москва-2022, т. 502, - с. 88-92.
13. Bergmann, C. Über die Verhältnisse der Wärmeökonomie der Thiere zu ihrer Grösse // Göttinger Studien, - 1847, - p. 595-708.
14. Buzan, E.V., Krystufek, B., Hänfling, B., Hutchinson, W.F. Mitochondrial phylogeography of the common vole *Microtus arvalis*: late Pleistocene connectivity and refugia // Journal of Biogeography, - 2008, 35, - p. 2145-2156.
15. Ivan Baláz, Žofia Csákiová & Filip Tulis. Biometric analysis of the cranial features of common voles // Biologia, - 2024, 79, - p. 3337-3347.



16. Kryštufek, B., Shenbrot, G.I. Voles and Lemmings (Arvicolinae) of the Palaearctic Region // University of Maribor, University Press, – 2022, - 437 p.
17. Musser, G.G., Carleton, M.D. Superfamily Muroidea // Wilson D.E., Reeder D.M. (Eds.) Mammal Species of the World: A Taxonomic and Geographic Reference. 3rd ed. // Baltimore: Johns Hopkins University Press, - 2005, - p. 894-1531.
18. Stein, B.R. Morphology of subterranean rodents. In: E. A. Lacey, J. L. Patton & G. N. Cameron (Eds.), Life underground: The biology of subterranean rodents, - 2000, - p. 19-61.

**BÖYÜK QAFQAZIN ŞƏRQ HİSSƏSİ ƏRAZİSİNDƏN ARVICOLINAE (RODENTIA, CRICETIDAE) YARIMFƏSİLƏSİNƏ AİD OLAN ÇÖL SIÇANLARININ ÖLÇÜ-ÇƏKİ VƏ KRANIOMETRİK PARAMETRLƏRİNİN NÖVLƏRARASI TƏHLİLİ**

**L.V. Nadirli**

Böyük Qafqazın müxtəlif biotoplarından olan dörd növ çöl siçanın (*Microtus arvalis*, *Microtus socialis*, *Microtus majori*, *Chionomys gud*) ölçü-çəki və kranimetrik parametrlərinin müqayisəli təhlili aparılmışdır. Çoxdəyişənli variasiya təhlili (MANOVA) əsas morfoloji əlamətlər üçün yüksək əhəmiyyətli növlərarası fərqləri ( $p < 0.0001$ ) aşkar etdi. Ən böyük bədən və kəllə ölçüləri *Ch.gud* növündə qeydə alınmış, yüksək dağ iqlim şəraitinə uyğunlaşmanı əks etdirmişdir. *Microtus* cinsinin növləri düzənlik və dağətəyi yaşayış yerlərinə uyğun olaraq daha kiçik ölçülərə malikdir. Morfoloji oxşarlığa baxmayaraq, *M. arvalis* və *M. socialis* arasında müxtəlif bitki növlərinə uyğunlaşma ilə bağlı əhəmiyyətli fərqlər müəyyən edilmişdir. Tədqiq olunan növlərin morfoloji diferensiasiyası Böyük Qafqaz gəmiricilərinin mikrotəkamül proseslərində ətraf mühit amillərinin, biotopik qapalılığın və regionun fiziki-coğrafi quruluşunun rolunu vurğulayır.

**Açar sözlər:** *Arvicolinae*, ölçü-çəki parametrləri, kranial parametrlər, növlərarası analiz, birtərəfli dispersiya təhlili, klaster analizi, Böyük Qafqaz

**INTERSPECIFIC ANALYSIS OF SIZE-WEIGHT AND CRANIOMETRIC PARAMETERS OF VOLES OF THE SUBFAMILY ARVICOLINAE (RODENTIA, CRICETIDAE) FROM THE TERRITORY OF THE EASTERN PART OF THE GREATER CAUCASUS**

**L.V. Nadirli**

A comparative analysis of the size-weight and craniometric parameters of four vole species (*Microtus arvalis*, *Microtus socialis*, *Microtus majori*, *Chionomys gud*) from different biotopes of the Greater Caucasus was carried out. Multivariate analysis of variance (MANOVA) revealed highly reliable interspecific differences ( $p < 0.0001$ ) in key morphological features. The largest body and skull sizes were recorded in *Ch. gud*, which reflects adaptation to high-mountain climate conditions. Species of the genus *Microtus* demonstrate smaller sizes corresponding to plain and foothill habitats. Despite the morphological similarity, reliable differences associated with adaptation to different types of vegetation were revealed between *M. arvalis* and *M. socialis*. Morphological differentiation of the studied species emphasizes the role of environmental factors, biotopic confinement and physical and geographical structure of the region in the processes of microevolution of rodents of the Greater Caucasus.

**Keywords:** *Arvicolinae*, size-weight parameters, cranial parameters, interspecific analysis, one-way analysis of variance, cluster analysis, Greater Caucasus