

Эта часть работы выложена в ознакомительных целях. Если вы хотите получить работу полностью, то приобретите ее воспользовавшись формой заказа на странице с готовой работой:

<https://stuservis.ru/diplomnaya-rabota/247511>

Тип работы: Дипломная работа

Предмет: Биология

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 3

1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ	5
1.1. Общая характеристика отряда Rodentia.....	5
1.2. Экологическая специализация Rodentia.....	8
1.2.1. Экоморфологические адаптации роющих грызунов.....	8
1.2.2. Экоморфологические адаптации наземных грызунов.....	11
1.2.3. Экоморфологические адаптации планирующих грызунов.....	12
1.2.4. Экоморфологические адаптации полуводных грызунов.....	13
1.3. Роль грызунов в инжиниринге экосистем.....	14
1.4. Методы оценки мышечной силы грызунов in vivo.....	15
2. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	20
3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ.....	22
ВЫВОДЫ.....	45
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	46

ВВЕДЕНИЕ

Грызуны играют одну из ключевых ролей в инжиниринге различных экосистем. Геоморфная активность грызунов, их участие в формировании микоризных симбиотических ассоциаций и распространении семян во многом определяют видовое разнообразие растительных сообществ, их регенеративную активность и успешную колонизацию новых территорий [1, 2, 3, 4]. Грызуны входят в рацион многих хищников и колебания численности грызунов оказывают значительное влияние на популяции хищных птиц и млекопитающих [5, 6].

Учитывая важную роль грызунов в поддержании гомеостаза экосистем, эти животные рассматриваются как репрезентативные виды для мониторинга деструктивных изменений в экосистемах. В настоящее время для адекватной оценки уровня антропогенной нагрузки и прогнозирования ее отдаленных эффектов в различных экосистемах важное значение приобретает не только мониторинг численности животных, но и оценка их функционального статуса. В экотоксикологических исследованиях популяций диких грызунов используются различные биохимические и молекулярно-генетические маркеры для оценки индивидуальных эффектов агропестицидов и тяжелых металлов [7, 8, 9]. Однако, в современном экомониторинге применяются и относительно простые, неинвазивные методы оценки функционального состояния животного. В этом случае функции различных систем тканей и органов характеризуются интегральными параметрами. В большинстве случаев отклонения интегральных параметров от уровня нормы не позволяют точно определить молекулярно-клеточные причины изменений, но при этом свидетельствуют о снижении жизнеспособности на системном уровне. Так, изменение величины такого интегрального параметра как

мышечная сила передних конечностей грызунов может быть связано с гельминтозами [10], снижением нейромышечной функции [11] (в результате нейротоксических эффектов пестицидов [12]) и тяжелых металлов [13], изменениями в пищевом рационе [14, 15] гормональными нарушениями [16, 17, 18]. На системном уровне изменение этого интегрального физиологического параметра может реализоваться в нарушениях различных типов локомоторной активности животного, которые снижают его шансы на внутривидовое доминирование за пищевые ресурсы и самок, на успешное избегание хищников. При оценке мышечной силы передних конечностей как интегрального параметра функционального статуса животного следует учитывать особенности экологической специализации и полового диморфизма различных видов грызунов. Система интегральных параметров функционального статуса грызунов является перспективной основой для разработки алгоритмов оценки стабильности различных типов экосистем в условиях возрастающей антропогенной нагрузки.

1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1. Общая характеристика отряда Rodentia

Грызуны (Rodentia) являются крупнейшим отрядом современных млекопитающих: более 40% видов относятся к отряду Rodentia. Отряд включает 29 семейств, 468 родов, больше 2052 видов. Две трети всех ныне живущих грызунов принадлежат к семейству Muridae.

Грызуны распространены по всему миру, за исключением Антарктиды, Новой Зеландии, и нескольких океанических островов. Грызуны – единственные наземные плацентарные млекопитающие, колонизировавшие Австралию и Новую Гвинею без участия человека. Полинезийские колонисты способствовали распространению крыс *Rattus exulans* на островах Тихоокеанского региона. Инвазивные виды грызунов представляют серьезную опасность для местной фауны, конкурируя за места обитания и кормовую базу с аборигенными видами [19, 20].

Грызуны характеризуются высоким уровнем экологического разнообразия: среди них встречаются древесные, роющие, сальтаторные (прыгающие на задних лапах) и полуводные виды, обитающие в лесных, степных и пустынных экосистемах. Размеры грызунов характеризуются значительной видовой вариабельностью: вес карликовых мышей *Mus minutoides* составляет 3 – 12 г, капибар *Hydrochoerus* – в некоторых случаях более 70 кг. Характерной особенностью грызунов является приземистое тело и короткие конечности. У большинства видов грызунов есть хвосты, которые используются для лазания (евразийская урожайная мышь) и внутривидового коммуникативного сигналинга [21].

Высокая плодовитость, всеядность, когнитивные способности грызунов обеспечивают процветание этих млекопитающих в современных экосистемах.

Несмотря на морфологическое и экологическое разнообразие грызунов, общим для этих млекопитающих является строение зубной системы, которая адаптирована к грызению. У всех грызунов есть пара верхних и пара нижних резцов, которые отделены от коренных зубов промежутком (диастемой) (рис. 1). Резцы грызунов не имеют корней и постоянно растут. Передняя и боковая поверхности резцов покрыты эмалью, на задней поверхности эмаль отсутствует. В процессе грызения резцы трутся друг о друга, более мягкий дентин стирается, а край эмали затачивается. Эта эффективная система «самозатачивания» резцов является одним из ключевых элементов процветания современных грызунов [22, 23].

Рис. 1. Череп грызуна. Коренные зубы и резцы разделены диастемой.

Грызуны обладают сильной жевательной мускулатурой. Группы грызунов отличаются расположением мышц челюсти и связанными с ними структурами черепа. У представителей *Sciuromorpha* (например, восточная серая белка) имеется большая глубокая жевательная мышца, что позволяет этим видам эффективно кусать резцами. Представители *Muomorpha* (например, коричневая крыса) имеют увеличенные височные и жевательные мышцы, что определяет высокую эффективность пережевывания пищи коренными зубами. У *Hystricomorpha* (например, морская свинка), по сравнению с *Sciuromorpha* и *Muomorpha*, имеются более крупные поверхностные жевательные мышцы и более мелкие глубокие жевательные мышцы. Эффективность кусания резцами снижается, но крупные внутренние крыловидные мышцы позволяют этим грызунам при жевании перемещать челюсть в сторону на большее расстояние [24, 25].

У некоторых видов грызунов есть защечные мешки, которые служат для хранения пищи. Настоящие мыши и крысы не имеют защечных мешков, особенности мускулатуры определяют высокую эластичность их щек [26, 27].

Эффективная пищеварительная система грызунов позволяет усваивать почти 80% потребляемой пищи: в слепой кишке происходит бактериальная ферментация растительной клетчатки до легко усваиваемых углеводов. Грызуны практикуют копрофагию, что способствует дополнительному поглощению нутриентов в кишечнике [28].

Пищевые рационы варьируют у разных видов грызунов. Большинство видов питаются семенами, стеблями, листьями, цветами, корнями и клубнями. Грызуны могут включать в свой рацион мхи, грибы, мелких беспозвоночных [29].

Половой диморфизм встречается у многих видов грызунов [30-35]. У некоторых видов, например у полевок, половой диморфизм может варьироваться от популяции к популяции. У рыжих полевок самки обычно крупнее самцов, но в альпийских популяциях самцы крупнее самок.

Грызуны практикуют различные системы спаривания: моногамию, полигинию (спаривание самца с несколькими самками), полиандрию (спаривание самки с несколькими самцами) и промискуитет (самцы и самки спариваются с несколькими партнерами). Луговая полевка моногамна и образует пару на всю жизнь. Самцы участвуют в охране гнезда и воспитании потомства [36, 37].

Для грызунов характерны различные типы социального поведения:

- кастовая система у голого землекопа [38];
- «город»-колония у луговых собачек [39];
- семейные группы у бобров [40];
- одиночный образ жизни [41].

1.2. Экологическая специализация Rodentia

Экологическая специализация грызунов связана с определенными морфологическими адаптациями скелетно-мышечной системы, функциональными адаптациями различных физиологических систем, в некоторых случаях, с формированием сложного социального поведения [42-45].

1.2.1. Экоморфологические адаптации роющих грызунов.

Роющие грызуны создают сложные системы подземных ходов на большой глубине, где скрываются от хищников, производят потомство, создают запасы пищи. Общими морфологическими признаками роющих грызунов являются маленькие глаза, редуцированные ушные раковины, укороченные хвосты. Эти животные используют три различных биомеханических способа копания-рытья: 1) скребущий тип (*scratch digging*), используют для рытья только передние конечности; 2) использование резцов в качестве долота (*chisel-tooth digging*); 3) копание подъемом головы (*head-lift digging*).

В первом варианте (скребущий («*scratch*») тип) грызуны роют подземные ходы когтями передних конечностей. Этот тип роющей активности сопряжен с многочисленными адаптивными изменениями скелета кисти. Для этих грызунов характерно относительное уменьшение длины запястных, пястных костей и всех фаланг пальцев, за исключением дистальных. Длинные и прочные дистальные фаланги поддерживают крупные когти. Лучевая кость почти всегда короче плечевой. Крупная ладьевидно-лунная кость имеет сложную форму проксимальной суставной поверхности. В целом, передние конечности этого типа роющих грызунов короче конечностей родственных нероющих видов. Эти особенности скелета передних конечностей ограничивают движение на уровне запястья и обеспечивают его жесткость и устойчивость в процессе копания [46, 47, 48].

У млекопитающих на ладонной стороне кисти и стопы находятся подушечки, которые действуют как

амортизаторы во время передвижения и защищают скелет кисти и стопы от механического давления. У роющих грызунов Ctenomyidae (скребущий («scratch») тип) на ладонной стороне кисти под большим пальцем расположена хорошо развитая подушечка. Эта подушечка функционирует как дополнительный палец во время захвата, заменяя атрофированный большой палец, и позволяя животным выполнять достаточно сложные манипуляции кистью (рис.2) [48].

Рис. 2. Ладонная сторона кисти передней лапы *Ctenomys talarum* («scratch» тип копания)[48]. C1 – коготь большого пальца, TP – подушечка под большим пальцем, S – борозда, HP – подушечка под мизинцем гипотенара, FC – сгибательная складка. Римскими цифрами обозначены пальцы.

Биомеханика 2- и 3-го способов копания («chisel-tooth» и «head-lift») связана с определенными краниодентальными адаптациями [49, 50, 51]. Для видов, которые используют 2-й способ копания, характерны крупные выступающие резцы, с помощью которых животные дробят почву и выбрасывают ее с помощью головы и лап. Сила ударов резцами зависит от определенных мышечных групп головы и челюсти. Для грызунов, которые используют третий вариант рытья, характерен широкий, «лопатообразный» череп. Эти животные роют резцами и головой (комбинация «бур и лопата») [52]. У роющих видов морфологические особенности черепа (в частности, глубина и ширина) определяют эффективность биомеханической системы рытья-копания. В случае копающих движений череп испытывает нагрузки в сагиттальной плоскости. Глубокий череп способствует формированию активного сопротивления изгибу под нагрузками [49, 50, 51].

Для видов, которые используют для копания резцы («chisel-tooth»-техника), характерны широкие скуловые дуги и более крупные височные ямки, что связано с увеличением размеров (и силы) челюстных замыкающих жевательных мышц и височных мышц. Реорганизация сайтов прикрепления мышц также способствует увеличению силы удара в процессе копания [49, 53, 54]. Для этой группы роющих грызунов характерны выступающие, дорсовентрально удлинённые резцы. Резцы имеют уплощенный профиль (профиль долота). Особая структура эмали обеспечивает ее высокую износостойкость [55]. Губы животного смыкаются за резцами, что предотвращает попадание почвы в ротовую полость в процессе копания [49].

Для грызунов, которые используют технику копания подъемом головы («head-lift» копание) характерен глубокий и уплощенный череп, широкий и удлинённый роstrum, удлинённые носовые ходы, широкие лобные кости и скуловые дуги. Затылочная область черепа имеет переднедорсальный наклон (что увеличивает эффективность экскавации почвы головой). Другой особенностью черепа этих роющих грызунов является увеличенный затылочный гребень, что способствует увеличению площади прикрепления ремневидных и ромбовидных мышц, которые поднимают голову и шею и стабилизируют их положение [56]. Для этого типа роющих грызунов (также, как для грызунов с «chisel-tooth» техникой копания) характерны широкие скуловые дуги и более крупные височные ямки, хорошо развитые жевательные и височные мышечные группы [49]. Еще одной особенностью грызунов, которые используют технику копания подъемом головы, является адаптивное ороговевание кожи переносицы [56].

У роющих грызунов, использующих различные способы рытья («scratch» и «chisel-tooth» варианты), выявляются существенные различия в скелетно-мышечной анатомии передних конечностей, связанные с различным уровнем биомеханической нагрузки на переднюю конечность во время копания. У «chisel-tooth»-грызунов относительные размеры мышц и количество мест прикреплении к поверхности костей передних конечностей меньше, чем у «scratch»-грызунов [57].

1.2.2. Экоморфологические адаптации наземных грызунов.

В своей естественной среде обитания грызуны, ведущие наземный образ жизни, передвигаются по различным субстратам: почва разной степени увлажненности, скальные породы, песок. Физические характеристики субстрата определяют специфичность скелетно-мышечных адаптаций и типы локомоторной активности [58].

Относительно небольшое количество видов грызунов использует прыжки как основной тип локомоции: кенгуровые крысы (*Dipodomys*), тушканчики (*Jaculus*). Следует отметить, что многочисленные адаптации опорно-двигательного аппарата у крупных бипедальных прыгающих млекопитающих (кенгуру, валлаби) определяют значительно более высокую эффективность локомоции, по сравнению с активными квадрипедальными видами аналогичного размера. Механические свойства сухожилий позволяют кенгуру экономить до 25% энергии во время прыжков [59].

У мелких бипедальных грызунов эффективность локомоции сравнима с квадрипедальными видами того же

размерного класса. Одна из возможных причин снижения эффективности локомоции у бипедальных грызунов связана с анатомическими особенностями нижнего пояса конечностей: непропорционально крупными мышцами и толстыми сухожилиями разгибателей голеностопного сустава [60].

Несмотря на биомеханические недостатки системы нижних конечностей, адаптивные перестройки общей морфологии позволяют этим грызунам реализовать два типа специализированной локомоторной стратегии: «взрывные» прыжки в высоту и скачки [58]. (Кенгуровые крысы способными быстро подпрыгнуть на высоту, в девять раз превышающую высоту бедра, и скакать со скоростью до 8,3 м/с). Удлиненные нижние конечности увеличивают диапазон движений, в то время как укороченные дистальные элементы уменьшают энергию, необходимую для поворота конечности во время продолжительного бега (рис.3) [61, 62].

Рис. 3. А – скелет бипедального малого египетского тушканчика *Jaculus jaculus*; Б – скелет полудревесной квадрипедальной северной березовой мыши *Sicista betulina* [62].

Локомоторные стратегии бипедальных грызунов нацелены на эффективное избегание хищников: скачкообразные движения по своей природе хаотичны и очень «удобны» для радикального изменения траектории за счет быстрого ускорения или замедления движения животного.

1.2.3. Экоморфологические адаптации планирующих грызунов

Морфологические адаптации летающих белок (*Pteromyini*) определяют их способность к управляемому скользющему полету. Грызуны планируют между деревьями с помощью патагиума – покрытой шерстью кожной мембраны, которая тянется от запястья до лодыжки. Длинные хвосты обеспечивают устойчивость при скольжении и используются при торможении. Направление и скорость скольжения в воздухе меняются за счет изменения положения конечностей белки. Важную роль в управлении скольжения играет небольшой хрящевой элемент запястья – шиловидный хрящ, которые имеется только у белок-летяг. Шиловидный хрящ вместе с кистью образует угловой конец крыла, который контролирует аэродинамику скольжения. Запястье контролирует натяжение патагиума [63, 64].

Возможность управления скольжением связана с особенностями анатомии запястья грызунов: сочленение гороховидного и ладьевидно-полулунного сустава обеспечивает стабильное основание для шиловидного хряща, поддерживающего кончик крыла. В проксимальном отделе лучезапястного сустава, кривизна суставных поверхностей и расположение связок крайнее дорсальное и радиальное сгибание запястья у белок-летяги при планировании [65].

1.2.4. Экоморфологические адаптации полуводных грызунов

Адаптация грызунов к полуводному образу жизни (нырянию и плаванию) связана с определенными морфологическими изменениями: плавательные перепонки между пальцами, дорсальное положение ноздрей, глаз и ушей. Ныряние способствовало формированию у грызунов физиологических и биохимических адаптаций к гипоксии (формированию мощной антиоксидантной системы) [66, 67]. Капибары (*Hydrochoerus hydrochaeris*) – единственные полуводные грызуны, у которых сложился квадрипедальный способ плавания [68]. У капибары отсутствуют выраженные морфологические адаптации для полуводного образа жизни, но для укороченных конечностей этого грызуна характерны короткие сухожилия и хорошо развитая камбаловидная мышца [68].

У бобра *Castor fiber* адаптивные признаки полуводного образа жизни выражены в большей степени. У бобров хорошо развиты плавательные перепонки между пальцами, уплощенный веслообразный хвост покрыт крупными роговыми щитками. Хвост используется для коммуникативного сигналинга и депонирования жиров. Ушная раковина значительно редуцирована. При погружении под воду ушные отверстия и ноздри смыкаются, под водой, глаза закрываются мигательными перепонками [69].

1.3. Роль грызунов в инжиниринге экосистем

Грызуны влияют на динамику биологических сообществ, направление сукцессии, микрогеоморфные изменения и цикличность биогеохимических процессов в различных экосистемах [70]. Роющие грызуны, как доминирующие геоморфные агенты, играют ключевую роль в инжиниринге подземных экосистем. Грызуны роют обширные норы и выбрасывают на поверхность большое количество земли, что приводит к значительным изменениям механических свойств и водоудерживающей способности почвы, изменению динамики почвенных нутриентов. Роющая активность грызунов поддерживает видовое разнообразие растительных сообществ [1, 2, 3, 71, 72].

Роющие грызуны-микофаги способствуют распространению грибных спор (через фекалии) и формированию

симбиотических ассоциаций между грибами и корневой системой высших растений – микоризы.

Прохождение спор через желудочно-кишечный тракт микрофагов значительно увеличивает активность прорастания спор [73,74].

Инжиниринг среды обитания у бобров связан со значительными гидрологическими и геоморфологическими изменениями лесных экосистем. Удовлетворяя собственные экологические потребности, бобры создают условия для процветания множества других видов: насекомых, птиц, летучих мышей и амфибий [75, 76, 77]. Используя для строительства плотин поваленные деревья, бобры увеличивают доступность света для подлеска, и как следствие, его видовое разнообразие (количество видов травянистых

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Clark K.L. Bioturbation by mammals and fire interact to alter ecosystem-level nutrient dynamics in longleaf pine forests/ Clark K.L., Branch L.C., Farrington J.// PLoS One.– 2018.– N 13(8).–P.e0201137.
2. Yang Y. Pocket gopher disturbance slows soil carbon accumulation in abandoned agricultural lands/ Yang Y., Knops J.M.H., Brassil C.E.// Ecology.– 2022.– N 103(4).–P.e3627.
3. Zhang Y. Burrowing rodents as ecosystem engineers: the ecology and management of plateau zokors *Myospalax fontanierii* in alpine meadow ecosystems on the Tibetan Plateau/ Zhang Y., Zhang Z., Liu J.// Mammal. Rev. –2003.– N 33 (3).–P. 284–294.
4. Seed value influences cache pilfering rates by desert rodents /Vander Wall S.B., Dimitri L.A., Longland W.S., White J.D.M.//Integr. Zool.– 2019.– N 14(1).–P.75–86.
5. Blackwell G. Rodent and predator population dynamics in an eruptive system/ Blackwell G., Potter M., Minot E.// Ecol. Modell.–2001.– N 142(3).– P. 227–245.
6. Oli M. K. Population cycles of small rodents are caused by specialist predators: or are they?/ Oli M. K.// Trends Ecol. Evol.– 2003.– N 18(3).– P. 105–107.
7. De la Cruz-Guarneros N. Assessing effects of chronic heavy metal exposure through a multibiomarker approach: the case of *Liomys irroratus* (Rodentia: Heteromyidae)/ De la Cruz-Guarneros N., Tovar-Sánchez E., Mussali-Galante P.// Environ. Sci. Pollut. Res. Int. – 2021.– N 39.– P.55373–55387.
8. Common vole (*Microtus arvalis*) ecology and management: implications for risk assessment of plant protection products/ Jacob J., Manson P., Barfknecht R., Fredricks T.// Pest. Manag. Sci. –2014.– N 70(6).– P. 869–878.
9. Imholt C. Establishment and validation of microsampling techniques in wild rodents for ecotoxicological research/ Imholt C., Abdulla T., Stevens A.// J. Appl. Toxicol.– 2018.– N 38(9). –P. 1244–1250.
10. Muscular strength decrease in *Rattus norvegicus* experimentally infected by *Toxocara canis*/ Chieffi P.P., Aquino R.T.R., Paschoalotti M.A. [et al.].//Rev. Inst. Med. Trop. S. Paulo.– 2009.– N 51(2).–P.73–75.
11. A hacked kitchen scale-based system for quantification of grip strength in rodents/ Homolak J., Virag D., Kodvanj I. [et al.].//Comput. Biol. Med. – 2022.– N 144.– P.105391.
12. Impaired neuromuscular function by conjoint actions of organophosphorus insecticide metabolites omethoate and cyclohexanol with implications for treatment of respiratory failure/ Dissanayake K.N., Chou R.C.C., Thompson A. [et al.].// Clin. Toxicol. (Phila).– 2021.– N 59(12).–P.1239–1258.
13. Biochemical, histological, and memory impairment effects of chronic copper toxicity: a model for non-Wilsonian brain copper toxicosis in Wistar rat/ Pal A., Badyal R.K., Vasishta R.K. [et al.].//Biol. Trace. Elem. Res.– 2013.– N 153(1–3).–P.257–268.
14. Mealworm (*Tenebrio molitor*)-derived protein supplementation attenuates skeletal muscle atrophy in hindlimb casting immobilized rats/ Lee J.B., Kwon D.K., Jeon Y.J., Song Y.J.//Chin. J. Physiol.– 2021.– N 64(5).–P.211–217.
15. Branched-chain amino acids reduce hindlimb suspension-induced muscle atrophy and protein levels of atrogin-1 and MuRF1 in rats/Maki T., Yamamoto D., Nakanishi S. [et al.]. // Nutr. Res.– 2012.– N 32(9). –P.676–83.
16. Estrogen receptor beta is involved in skeletal muscle hypertrophy induced by the phytoecdysteroid ecdysterone/ Parr M.K., Zhao P., Haupt O. [et al.].//Mol. Nutr. Food Res.– 2014.– N 58(9).–P.1861–1872.
17. Effects of ovarian hormones and estrogen receptor α on physical activity and skeletal muscle fatigue in female mice/Cabelka C.A., Baumann C.W., Collins B.C. [et al.].// Exp. Gerontol.– 2019.– N 115.– P.155–164.
18. The oestrous cycle and skeletal muscle atrophy: Investigations in rodent models of muscle loss/ Rosa-Caldwell M.E., Mortreux M., Kaiser U.B. [et al.].// Exp. Physiol.– 2021.– N 106(12). –P.2472–2488.
19. Molecular genetic evidence for the place of origin of the Pacific rat, *Rattus exulans*/ Thomson V., Aplin K.P., Cooper A. [et al.].//PLOS One.– 2014.– N 9(3).– P.e91356.
20. Puckett E.E. Commensal rats and humans: integrating rodent phylogeography and zooarchaeology to highlight connections between human societies/ Puckett E., Orton D., Munshi-South J.//Bioessays.– 2020.– N 42(5).– P.

e1900160.

21. Carleton M.D. Order Rodentia/Carleton M.D., Musser, G.G. // Mammal species of the world. A. Taxonomic, geographic reference/ Wilson D.E., Reeder D.M. (Eds.).- Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2005.- P. 745-752.
22. Morris P.J.R. The biomechanical significance of the elongated rodent incisor root in the mandible during incision/ Morris P.J.R., Cox P.G., Cobb S.N.F.// Sci. Rep. - 2022.- N 12 (1).-P. 3819.
23. Samuels J.X. Cranial morphology and dietary habits of rodents/ Samuels J.X.// Zool. J. Linn. Soc. -2009.- N 156(4).-P. 864-888.
24. Functional evolution of the feeding system in rodents/ Cox P.G., Rayfield E.J., Fagan M.J. [et al.].//PLoS One.- 2012.- N 7(4).-P. e36299.
25. Cox P.G. Reviewing the morphology of the jaw-closing musculature in squirrels, rats, and guinea pigs with contrast-enhanced microCT/ Cox P.G., Jeffery N.// Anat. Rec. (Hoboken).- 2011.- N 294(6).- P.915-928.
26. Ryan J.M. Comparative morphology and evolution of cheek pouches in rodents/ Ryan J.M.//J. Morphol.- 1986.- N 190(1).- P.27-41.
27. Derived muscle arrangements and their shared innervation patterns of external and internal cheek pouches in rodents/ Kawashima T., Thorington R.W. Jr., Bohaska P.W., Sato F.//Anat. Histol. Embryol.- 2020.- N 49(1).-P.38-50.
28. Coprophagy prevention alters microbiome, metabolism, neurochemistry, and cognitive behavior in a small mammal/ Bo T.B., Zhang X.Y., Kohl K.D. [et al.].//ISME J.- 2020.- N 14(10).-P.2625-2645.
29. Landry S.O. Jr. The Rodentia as omnivores / Landry S.O. Jr.// Q. Rev. Biol. - 1970.- N45 (4).-P. 351-372.
30. Matějů J. Sexual size dimorphism in ground squirrels (Rodentia: Sciuridae: Marmotini) does not correlate with body size and sociality/ Matějů J., Kratochvíl L.// Front. Zool.- 2013.- N 10(1). -P.27.
31. Bondrup-Nielsen S. Reversed sexual size dimorphism in microtines: Are females larger than males or are males smaller than females?/ Bondrup-Nielsen S., Ims R. A.// Evol. Ecol.-1990.- N 4(3).-P. 261-272.
32. Zenuto R. R. Sexual size dimorphism, testes size and mating system in two populations of *Ctenomys talarum* (Rodentia: Octodontidae)/ Zenuto R. R. // J. Nat. Hist. -1999.- N 33(2).- P. 305-314.
34. Thorley J. A unified-models analysis of the development of sexual size dimorphism in Damaraland mole-rats, *Fukomys damarensis*/ Thorley J., Clutton-Brock T.H.// J. Mammal. -2019.- N 100(4).-P. 1374-1386.
35. Function-related drivers of skull morphometric variation and sexual size dimorphism in a subterranean rodent, Plateau Zokor (*Eospalax baileyi*)/ Su J., Hegab I.M., Ji W., Nan Z.// Ecol. Evol.- 2018.- N 8(9).-P. 4631-4643.
36. Borkowska A. Promiscuity, male reproductive success and mate relatedness in a natural population of the common vole/ Borkowska A., Ratkiewicz O.// J. Zoo.- 2010.- N 280(2).-P.195 - 201
37. Schulte-Hostedde A. I. Chapter 10: Sexual Size Dimorphism in Rodents/ Schulte-Hostedde A. I.// Rodent societies: an ecological and evolutionary perspective/ Wolff J.O., Sherman P.W. (eds.).- Chicago: University of Chicago Press, 2008.- P. 117-119.
38. Holmes M.M. Social behavior in naked mole-rats: individual differences in phenotype and proximate mechanisms of mammalian eusociality/Holmes M.M., Goldman B.D.//Adv. Exp. Med. Biol.- 2021.- N1319.-P.35-58.
39. Hare J. F. Catch the wave: prairie dogs assess neighbours' awareness using contagious displays//Hare J.F., Campbell K.L., Senkiw R.W.//Proc. Biol. Sci. - 2014.- N 281(1777).-P.20132153.
40. Campbell-Palmer R. Captive care and welfare considerations for beavers/Campbell-Palmer R., Rosell F.//Zoo. Biol.- 2015.-N 34(2).-P.101-109.
41. Громов В.С. Эпигенетическое программирование фенотипических различий в поведении и эволюция социальности у грызунов/ Громов В.С.// Успехи современной биологии.- 2020.- № 1.-С. 58-72.
42. Interplay between postcranial morphology and locomotor types in Neotropical sigmodontine rodents/ Carrizo L.V., Tulli M.J., Santos D.A.D., Abdala V.// J. Anat.- 2014.-N 224(4).-P.469-481.
43. Femoral morphology of sciuriform rodents in light of scaling and locomotor ecology// Wölfer J., Amson E., Arnold P. [et al.].//J. Anat.- 2019.- N 234(6).-P.731-747.
44. Zhang S.Y. Fossorial Damaraland mole rats do not exhibit a blunted hypercapnic ventilatory response// Zhang S.Y., Pamenter M.E.//Biol. Lett.- 2019.-N15(3).-P.20190006.
45. Sprenger R.J. Respiratory development in burrowing rodents: Effect of perinatal hypercapnia/ Sprenger R.J., Milsom W.K.// Respir. Physiol. Neurobiol.- 2021.- N 288.-P.103640.
46. Morgan C.C. Carpal-metacarpal specializations for burrowing in South American octodontoid rodents/ Morgan C.C., Verzi L.H.//J. Anat. - 2011. -N 219(2).-P.167-175.
47. Elissamburu A. Forelimb proportions and fossorial adaptations in the scratch-digging rodent *Ctenomys* (Caviomorpha)/ Elissamburu A., Santis L.// J. Mammal.- 2011.- N 92(3).-P. 683-689.
48. Echeverría A.I. Functional morphology and identity of the thenar pad in the subterranean genus *Ctenomys*

- (Rodentia, Caviomorpha)/ Echeverría A.I., Abdala V., Longo M.V., Vassallo A.I.// J. Anat.– 2019.–N 235(5).–P.940–952.
49. Stein B. R. Morphology of subterranean rodents/ Stein B. R. // Life underground: the biology of subterranean rodents/ Lacey E. A., Patton J. L., Cameron G.N. (eds.).– Chicago, Illinois: University of Chicago Press, 2000.–P. 19–61.
50. McIntosh A.F. The impact of gape on the performance of the skull in chisel-tooth digging and scratch digging mole-rats (Rodentia: Bathyergidae)/ McIntosh A.F., Cox P.G.// R. Soc. Open. Sci.– 2016.–N 3(10).–P.160568.
51. McIntosh A.F. The impact of digging on craniodental morphology and integration/ McIntosh A.F., Cox P.G.// J. Evol. Biol.– 2016.–N 29(12).–P.2383–2394.
52. Samuels J. X. Craniodental adaptations for digging in extinct burrowing beavers/ Samuels J. X., Valkenburgh B. V.// J. Vertebr. Paleontol.– 2009.– N 29(1).–P. 254–268.
53. McIntosh A.F. The impact of digging on the evolution of the rodent mandible/ McIntosh A.F., Cox P.G.// J. Morphol.– 2019.–N 280(2).–P.176–183.
54. Cox P.G. Masticatory musculature of the African mole-rats (Rodentia: Bathyergidae)/ Cox P.G., Faulkes C.G., Bennett N.C.// PeerJ.– 2020.–N 8.–P.e8847.
55. Kalthoff D.C. Biomechanical adaptations for burrowing in the incisor enamel microstructure of Geomyidae and Heteromyidae (Rodentia: Geomyoidea)/Kalthoff D.C., Mörs T.//Ecol. Evol.– 2021.–N 11(14).–P.9447–9459.
56. Nevo E. Mosaic evolution of subterranean mammals: regression, progression and global convergence/ Nevo E.– New York, NY: Oxford University Press, 1999.– 413 p.
57. Doubell N.S. Comparative forelimb morphology of scratch-digging and chisel-tooth digging African mole-rat species/ Doubell N.S., Sahd L., Kotzé S.H.//J. Morphol.– 2020.– N 281(9).–P.1029–1046.
58. Rankin J.W. Functional capacity of kangaroo rat hindlimbs: adaptations for locomotor performance/ Rankin J.W., Doney K.M., McGowan C.P.//J. R. Soc. Interface.– 2018.– N 15(144).–P. 20180303.
59. Schwaner M. J. Jumping mechanics of desert kangaroo rats./Schwaner, M.J., Lin D.C., McGowan C. P.//J. Exp. Biol.– 2018.– N 221(22).–P. jeb186700.
60. Ross C.D. Immunohistochemistry of kangaroo rat hindlimb muscles/ Ross C.D., Meyers R.A. // Anat. Rec. (Hoboken).– 2022.–N 305(6).–P.1435–1447.
61. Christensen B.A. Elastic energy storage across speeds during steady-state hopping of desert kangaroo rats (*Dipodomys deserti*)/ Christensen B.A., Lin D.C., Schwaner M.J., McGowan C.P.// J. Exp. Biol.– 2022.– N 225(2).–P.jeb242954.
62. Multiple phylogenetically distinct events shaped the evolution of limb skeletal morphologies associated with bipedalism in the jerboas/ Moore T.J., Organ C.L., Edwards S.V. [et al.].//Curr. Biol.– 2015.– N 25(21).–P. 2785–2794.
63. Phylogenetic and morphological significance of an overlooked flying squirrel (Pteromyini, Rodentia) from the eastern Himalayas with the description of a new genus/ Li Q., Cheng F., Jackson S.M. [et al.].// Zool. Res.– 2021.– N 42(4).–P.389–400.
64. Evolutionary transformation of the palmaris longus muscle in flying squirrels (Pteromyini: Sciuridae): An anatomical consideration of the origin of the uniquely specialized styloform cartilage/ Kawashima T., Thorington R. W., Bohaska P. W., Sato F.//Anat. Rec.– 2016. – N 300(2).–P. 340–352.
65. Thorington R.V.Jr. Anatomy of the squirrel wrist: bones, ligaments, and muscles/ Thorington R.V.Jr., Darrow K.// J. Morphol.– 2000.– N 246(2).–P.85–102.
66. Biochemical adaptations to dive-derived hypoxia/reoxygenation in semiaquatic rodents/ Sergina S., Antonova E., Ilyukha V. [et al.].// Comp. Biochem. Physiol. B, Biochem. Mol. Biol.–2015.– N 190.–P. 37–45.
67. Возрастные и сезонные изменения антиоксидантной защиты мышечной ткани и морфометрических параметров эритроцитов у ондатры (*Ondatra zibethicus*)/ Антонова Е. П., Илюха В.А., Кижина А.Г. [и др.].// Журнал эволюционной биохимии и физиологии.– 2020.– № 5.–С. 359–367.
68. García-Esponda C. M. Hindlimb musculature of the largest living rodent *Hydrochoerus hydrochaeris* (Caviomorpha): Adaptations to semiaquatic and terrestrial styles of life/ García-Esponda C.M., Candela A.M.// J. Morphol.– 2015.– N 277(3).–P. 286–305.
69. Mayer M. Landscape structure and population density affect intraspecific aggression in beavers//Mayer M., Aparicio E.C., Windels S.K., Rosell F.N.//Ecol. Evol.– 2020.– N 10(24).–P.13883–13894.
70. Kielland K. Moose herbivory in taiga: effects on biogeochemistry and vegetation dynamics in primary succession/ Kielland K., Bryant J.P.// Oikos. –1998.–N 82.– P. 377–383.
71. Alba-Lynn C. Interactive disturbance effects of two disparate ecosystem engineers in North American shortgrass steppe/ Alba-Lynn C., Detling J.K.// Oecologia.– 2008.– N 157(2).– P.269–278.
72. Thorn C.E. Gopher disturbance: its variability by Braun-Blanquet vegetation units in the Niwot Ridge alpine tundra zone, Colorado Front Range, USA/ Thorn C.E. //Arctic and Alpine Research.–1982.–N 14.–P. 45–51.

73. Subterranean desert rodents (Genus *Ctenomys*) create soil patches enriched in root endophytic fungal propagules/ Miranda V., Rothen C., Yela N. [et al.].// *Microb. Ecol.*– 2019.– N 77(2).– P.451–459.
74. Stephens R.B. The underappreciated role of rodent generalists in fungal spore dispersal networks/ Stephens R.B., Rowe R.J.// *Ecology.*– 2020.– N 101(4).–P.e02972.
75. Dalbeck L. A review of the influence of beaver *Castor* fiber on amphibian assemblages in the floodplains of European temperate streams and rivers/ Dalbeck L., Hachtel M., Campbell-Palmer R.// *Herpetol. J.*– 2020.– N 30.– P. 134–145.
76. Rewilding wetlands: Beaver as agents of within-habitat heterogeneity and the responses of contrasting biota/ Willby N.J., Law A., Levanoni O. [et al.].// *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci.*–2018.– N 373(1761).– P. 20170444.
77. Stringer A.P. The impacts of beavers *Castor* spp. on biodiversity and the ecological basis for their reintroduction to Scotland, UK/ Stringer A.P., Gaywood M.J.// *Mammal. Rev.*–2016.– N 46(4).–P. 270–283.
78. Using ecosystem engineers as tools in habitat restoration and rewilding: Beaver and wetlands/ Law A., Gaywood M.J., Jones K.C. [et al.].//*Sci. Total Environ.*– 2017. –N 605.–P. 1021–1030.
79. Brazier R.E. Beaver: Nature's ecosystem engineers/ Brazier R.E., Puttock A., Graham H.A. [et al.].// *WIREs Water.*– 2021.–N 8(1).–P.e1494.
80. Beaver dams attenuate flow: A multi-site study/ Puttock A., Graham H.A., Ashe J. [et al.].// *Hydrol. Process.*– 2021.– N 35(2).–P.e14017.
81. Washko S. How beavers affect riverine aquatic macroinvertebrates: a review/ Washko S., Willby N., Law A.//*PeerJ.*– 2022.– N 10.– P.e13180.
82. Rodent-mediated seed dispersal shapes species composition and recruitment dynamics in ecotones/ Yu F., Shi X., Yi X., Ma J.// *Front. Plant Sci.*– 2018.– N 9. –P. 1911.
83. Hollander J.L. Effectiveness of six species of rodents as dispersers of singleleaf piñon pine (*Pinus monophylla*)/Hollander J.L., Vander Wall S.B.//*Oecologia.*– 2004.–N 138(1).–P.57–65.
84. Seed trait-mediated selection by rodents affects mutualistic interactions and seedling recruitment of co-occurring tree species/ Zhang H., Yan C., Chang G., Zhang Z.//*Oecologia.*– 2016.– N 180(2).–P.475–484.
85. Xiao Z. Dual ecological functions of scatter-hoarding rodents: pollinators and seed dispersers of *Mucuna sempervirens* (Fabaceae)/ Xiao Z.// *Integr. Zool.*– 2021. doi: 10.1111/1749-4877.12603. Online ahead of print.
86. Excess Coenzyme A reduces skeletal muscle mass and strength in mice overexpressing human PANK2/. Corbin D.R., Rehg J.E., Shepherd D.L. [et al.]. // *Mol. Genet. Metab.*– 2017.– N 120(4).–P. 350–362.
87. Ketogenic diet with medium-chain triglycerides restores skeletal muscle function and pathology in a rat model of Duchenne muscular dystrophy/ Fujikura Y., Sugihara H., Hatakeyama M. [et al.].// *FASEB J.*– 2021.–N 35(9).–P.e21861.
88. Triptolide prevents LPS-induced skeletal muscle atrophy via inhibiting NF- κ B/TNF- α and regulating protein synthesis/degradation pathway/Fang W.Y., Tseng Y.T., Lee T.Y. [et al.]. //*Br. J. Pharmacol.*– 2021.–N 178(15).–P.2998–3016.
89. Distribution of dietary protein intake in daily meals influences skeletal muscle hypertrophy via the muscle clock/ Aoyama S., Kim H-K., Hirooka R. [et al.].// *Cell Rep.*– 2021.–N 36(1).–P.109336.
90. Myricanol rescues dexamethasone-induced muscle dysfunction via a sirtuin 1-dependent mechanism/ Shen S., Liao Q., Liu J. [et al.].// *J. Cachexia Sarcopenia Muscle.*– 2019.– N 10(2).–P.429–444.
91. Deacon R.M.J. Measuring the strength of mice/ Deacon R.M.J.// *J. Vis. Exp.* –2013.–N (76).–P. 2610.
92. Bonetto A. Assessment of muscle mass and strength in mice/ Bonetto A., Andersson D.C., Waninga D.L.// *Bonekey Rep.*– 2015.–N 4.–P. 732.
93. A hacked kitchen scale-based system for quantification of grip strength in rodents/ Homolak J., Virag D., Kodvanj I. [et al.].// *Comput. Biol. Med.*– 2022.–N 144.–P.105391.
94. Three mouse models of muscular dystrophy: the natural history of strength and fatigue in dystrophin-, dystrophin/utrophin-, and laminin alpha 2-deficient mice/ Connolly A.M., Keeling R.M., Mehta S. [et al.].// *Neuromuscul. Disord.*– 2001.– N 11.– P. 703–712.
95. Justice J.N. Battery of behavioral tests in mice that models age-associated changes in human motor function/ Justice J. N.//*Age.*–2014.–N 36.–P. 583–595.
96. Brooks S. P. Tests to assess motor phenotype in mice: a user's guide/ Brooks, S. P., Dunnett S.B.// *Nat. Rev. Neurosci.*– 2009.– N10.–P. 519–529.
97. Ishihara K. Improved swimming pool achieves higher reproducibility and sensitivity to effect of food components

- as ergogenic aids/ Ishihara K. // J. Nutr. Sci. Vitaminol.-2009.- N 55.-P. 301-308.
98. Modified forelimb grip strength test detects aging-associated physiological decline in skeletal muscle function in male mice/ Takeshita H., Yamamoto K., Nozato S. [et al.]// Sci.Rep.- 2017.-N 7.-P.42323.
99. Factors affecting grip strength testing/ Maurissen J.P., Marable B.R., Andrus A. K., Stebbins K. E.// Neurotoxicol. Teratol.-2003.- N 25.-P.543-553.
100. Micro-computed tomography for non-invasive evaluation of muscle atrophy in mouse models of disease/ Pasetto L., Olivari., Nardo G. [et al.]// PLoS One.-2018.- N 13(5).-P. e0198089.
101. Jourdain M. Mouse models of cancer-induced cachexia: Hind limb muscle mass and evoked force as readouts/ Jourdain M., Melly S., Summermatter S., Hatakeyama S.// Biochem. Biophys. Res. Commun.- 2018.-N 503(4).-P.2415-2420.
102. Automated rodent in situ muscle contraction assay and myofiber organization analysis in sarcopenia animal models/ Weber H., Rauch A., Adamski S. [et al.]// J. Appl. Physiol.-2012.-N 112.-P. 2087-2098.
103. Factors affecting grip strength testing/ Maurissen J. P., Marable B. R., Andrus A. K., Stebbins, K. E.// Neurotoxicol. Teratol.- 2003.- N 25(5).- P. 543-553.
104. Musser G.G.; Superfamily Muroidea/ Musser, G.G., Carleton M.D.// Mammal Species of the World: A Taxonomic and Geographic Reference (3rd ed.)/ Wilson D.E., Reeder D.M. (eds.). - Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2005.- 976 p.
105. Smorkatcheva A. V. Fathers and sons: Physiological stress in male Zaisan mole voles, *Ellobius tancrei*/ Smorkatcheva A. V., Kondratyuk E. Y., Polikarpov I. A.// Gen. Comp. Endocrinol.-2019.- N 275.-P. 1-5.
106. Smorkatcheva A.V. Delayed dispersal in the Zaisan mole vole (*Ellobius tancrei*): helping or extended parental investment?/Smorkatcheva A.V., Kumaitova A.R.//J. Ethol.- 2014.-N 32.-P.53-61.
107. Slastenina E.S. The ecology and harmful activity of *Ellobius talpinus* on the fields and pastures of Kirgiziya/ Slastenina E.S.// Uch. Zap. Tyumenskogo. Gos. Pedagog. Inst.- 1963. -N 242.-P. 3-64.
108. SmorkatchevaV. Does sire replacement trigger plural reproduction in matrifilial groups of a singular breeder, *Ellobius tancrei*?/Smorkatcheva V., Kuprina K.V.// Mamm. Biol.-2018.- N 88.-p.-P.144-150.
109. Sex differences in the meiotic behavior of an XX sex chromosome pair in males and females of the mole vole *Ellobius tancrei*: turning an X into a Y chromosome?/Gil-Fernández A., Matveevsky S., Martín-Ruiz M.// Chromosoma.- 2021.- N 130(2-3).-P.113-131.
110. Matveevsky S. Unique sex chromosome systems in *Ellobius*: How do male XX chromosomes recombine and undergo pachytene chromatin inactivation?/ Matveevsky S., Bakloushinskaya I., Kolomiets O. // Sci. Rep. -2016.-N 6.-P. 29949.
111. A new form of the mole vole *Ellobius tancrei* Blasius, 1884 (Mammalia, Rodentia) with the lowest chromosome number/ Bakloushinskaya I., Romanenko S.A., Serdukova N.A. [et al.]// Comp. Cytogenet.- 2013.- N 7(2).-P.163-169
112. Nasal aerodynamics protects brain and lung from inhaled dust in subterranean diggers, *Ellobius talpinus*/ Moshkin M.P., Petrovski D.V., Akulov A.E. [et al.]// Proc. Biol. Sci.- 2014.- N281(1792).-P.20140919.
113. Новиков Е.А. Физиологическая цена адаптаций к подземному образу жизни: обыкновенная слепушонка (*Ellobius Talpinus* Pall.) в сравнении с наземными грызунами.: диссертация ...док. биол. наук:03.00.08/ Новиков, Евгений Анатольевич.- Новосибирск. 2008.- 393 с.
114. Gromov I. Fauna of the USSR: Mammals Volume III, No. 8: Voles (Microtinae) / Gromov I., I. Polyakov. -Washington, D.C.: Smithsonian Institution Libraries and the National Science Foundation, 1992.- 383 с.
115. Monogamy as one of the ways of realization of the adaptive potential in mammals as exemplified by the steppe lemming *Lagurus lagurus* Pallas/ Evsikov V. I., Kokenova G. T., Zadubrovskii P. A. [et al.]// Doklady Biological Sciences.- 2006.-N 411(1).-P. 501-503.
116. Lagaria A. Anatomical correlates to scratch digging in the forelimb of Eeuropean ground squirrels (*Spermophilus citellus*) / Lagaria A., Youlatos D.// J Mammal. - 2006.- N 87(3).-P. 563-570.
117. Daily torpor reduces mass and changes stress and power output of soleus and EDL muscles in the Djungarian hamster, *Phodopus sungorus*/ James R.S., Tallis J.A., Seebacher F., Storey K. // J. Exp. Biol.- 2011.-N 214(Pt 17).-P.2896-2902.
118. Wojciechowski M.S. Is torpor only an advantage? Effect of thermal environment on torpor use in the Siberian hamsters (*Phodopus sungorus*)/ Wojciechowski V.S., Jefimow M.// J. Physiol. Pharmacol.- 2006.-N 57 (8).-P. 83-92.
119. Jefimow M. Social thermoregulation and torpor in the Siberian hamster/ Jefimow M., Glabska M., Wojciechowski M. S.// J. Exp. Biol.- 2011.-N 214(7).-P. 1100-1108.
120. Zysling D.A. Photoperiod and food restriction differentially affect reproductive and immune responses in Siberian hamsters *Phodopus sungorus*/ Zysling D.A., Garst A.D., Demas G.E.// Funct. Ecol.- 2009.-N 23.-P. 979-988.

121. Food restriction during development delays puberty but does not affect adult seasonal reproductive responses to food availability in Siberian hamsters (*Phodopus sungorus*)// Bailey A.M., Hall C.A., Legan S.J., Demas J.E.// J. Exp. Zool. A. Ecol. Integr. Physiol.– 2021.–N 335(8).–P.691–702. doi:
122. Laundn J.W. Effects of soil structure on burrow characteristics of five small mammal species/ Laundn J.W., Reynolds T.D.//Great Basin Naturalist.–1993.– N 53(4).–P. 358–366.
123. The hypoxia adaptation of small mammals to plateau and underground burrow conditions/ Li M., Pan D., Sun H. [et al.].// Animal Model Exp. Med.–2021.–N 4(4).–P.319–328.
124. Nations J.A. Climbing behavior of northern red-backed voles (*Myodes rutilus*) and scansoriality in *Myodes* (Rodentia, Cricetidae)/ Nations J.A., Olson L.E.// J. Mammal. –2015.– N 96(5).–P.957–963.
125. Fire Effects Information System (FEIS). United States Department of Agriculture, document: "*Myodes rutilus*". – URL: <https://www.fs.fed.us/database/feis/animals/mammal/myru/all.html>.
126. Novikov E. A. Age-related differences in physiology and survival of northern red-backed voles (*Myodes rutilus*) in captivity/ Novikov E. A., Kondratyuk E. Y., Polikarpov I. A. //Biogerontology.–2019.–N 21(2).–P. 133–142.
127. Manson J.J. Common vole (*Microtus arvalis*) ecology and management: implications for risk assessment of plant protection products/ Manson J.J., Barfknecht P. R., Fredricks T.//Pest. Manag. Sci.– 2014.–N 70(6).–P.869–878.
128. Lantová P. Food selection in *Microtus arvalis*: the role of plant functional traits/ Lantová P., Lanta V.// Ecol. Res. –2009.–N 24(4).–P.831–838
129. Revision of the taxonomic position of the Olkhon mountain vole (Rodentia, Cricetidae)/ Bodrov S.Y., Kostygov A.Y., Rudneva L.V. [et al.].// Biol. Bull. Russ. Acad. Sci.–2016.– N 43.–P. 136.
130. Современный ареал тувинской полевки *Alticola tuvinicus* Ognev, 1950 (обзор экологических условий и моделирование)/ Абрамов С. А., Лопатина Н. В., Моролдоев И. В., Литвинов Ю. Н.// Сибирский экологический журнал.– 2009.– № 5.– С.550–563.
131. Pozdnyakov A. Morphotypical variability of the flat-headed vole (*Alticola strelzowi*, Rodentia, Arvicolinae)/ Pozdnyakov A., Abramov S.A., Lopatina N., Litvinov Y.N.//Zoologicheskii Zhurnal.– 2017.– N 96(10).–P.1267–1278.
132. Огнев С. И. Звери СССР и прилежащих стран. Т.7./ Огнев С. И.– М–Л, 1950. – 736 с.
133. Задубровский П.А. Поведение неполовозрелых скальных полевок двух видов (*Alticola strelzowi* и *A. tuvinicus*) в тесте "открытое поле"/Задубровский П.А., Степанова А.В., Лопатина Н.В.,Литвинов Ю.Н. // Сибирский экологический журнал.– 2017.– № 3.– С. 257–263.
134. Левенец Я.В. Сравнительный анализ стереотипного поведения на примере процесса охоты у мелких млекопитающих/Левенец Я.В., Пантелеева С.Н., Резникова Ж.И. // Экспериментальная психология.–2016.– № 4.–С. 68–78.
135. Левенец Я.В. Экспериментальное исследование питания насекомыми у грызунов / Левенец Я.В., Пантелеева С.Н., Резникова Ж.И. // Евразийский энтомологический журнал.–2016.– № 6.– С. 550–554.
136. Экспериментальный сравнительный анализ охотничьего поведения четырех видов хомячков подсемейства Cricetinae/ Левенец Я.В., Пантелеева С.Н., Резникова Ж.И. [и др.].// Зоологический журнал.–2019ю– № 6.– С. 1–11
137. Пантелеева С. Н. Экспериментальное исследование охотничьего поведения скальных полевок *Alticola strelzowi* и *Alticola tuvinicus* (Rodentia, Cricetidae)/ Пантелеева С. Н., Левенец Я. В., Новиковская А. А. [и др.].// Зоологический журнал.– 2020.– № 1.–С. 113–120.
138. Поликарпов И.А. Энергообмен у мышевидных грызунов различной экологической специализации/ Поликарпов И.А. Новиков Е.А.// Вестник ИрГХ.– 2017.– № 82.– С. 145–152.
139. Meek E.C. In vitro age-related differences in rats to organophosphates/ Meek E.C., Carr R.L., Chambers J.E. // Toxicol. In Vitro.– 2021.– N 72.–P.105102.
140. Expression of a dominant negative CELF protein in vivo leads to altered muscle organization, fiber size, and subtype/ Berger D.S., Moyer M., Kliment G.M. [et al.].// PLoS One.– 2011.– N 6(4).–P.19274.
141. Dynamics of testosterone concentration in male steppe lemmings (*Lagurus lagurus*) in the reproductive cycle reflects the species-specific mating system/Potapova O. F., Potapov M. A., Kondratyuk E. Yu. Evsikov V. I.//Doklady Biological Sciences.–2016.– N468.–P.146–148.

Эта часть работы выложена в ознакомительных целях. Если вы хотите получить работу полностью, то приобретите ее воспользовавшись формой заказа на странице с готовой работой:

<https://stuservis.ru/diplomnaya-rabota/247511>