

ОРИГИНАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Научная статья

УДК 616-092

<https://doi.org/10.17021/2712-8164-2026-2-31-37>

3.3.3. Патологическая физиология
(медицинские науки)

БОЛЬШАЯ ПЕСЧАНКА КАК ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ В БИОМЕДИЦИНСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Айболек Халыкбердыевна Тачмухаммедова¹, Кемал Хусаинович Мавланов²,
Шасенем Батырмырадовна Гувалыева², Мухаммедали Довранович Атабаев¹

¹Государственный медицинский университет Туркменистана имени Мырата Гаррыева, Ашгабад, Туркменистан

²Центр профилактики особо опасных инфекций, Ашгабад, Туркменистан

Аннотация. Песчанки как объект биомедицинских исследований стали использоваться с середины XX в. Эти животные просты в обращении и содержании, их анатомия и физиология, за некоторым исключением, сходны с таковыми других, наиболее широко используемых в научных исследованиях, представителей отряда грызунов: крыс и мышей. Благодаря ряду физиологических и анатомических особенностей на песчанках воспроизводятся патофизиологические состояния, которые сложно (или невозможно) моделировать на крысах и мышах.

Целью исследования была оценка уровня тревожности и исследовательской активности самок большой песчанки *Rhombomys opimus*, переживших витальный стресс, в тесте «Открытое поле» системы “Multi Conditioning TSE 2,0”. **Материалы и методы.** Для выполнения этой работы за 6 мес. до экспериментов в Центральных Каракумах с помощью живоловок были отловлены 50 самок большой песчанки. За время адаптации песчанок к лабораторным условиям в течение 6 мес. 5 из них по разным причинам погибли. Животные были разделены на 4 группы по 10 грызунов в каждой. Контролем служили 10 интактных больших песчанок, не подвергшихся стрессовому воздействию. Средний вес большой песчанки составил $115,0 \pm 7,3$ г. Животные содержались в стандартных условиях вивария в соответствии с правилами содержания и ухода за лабораторными грызунами, изложенными в книге «Руководство по содержанию и уходу за лабораторными животными» (Евразийский совет по стандартизации, метрологии и сертификации, Минск, 2014). **Результаты.** Анализ поведенческих данных в тесте «Открытое поле» показал, что ориентировочно-исследовательская реакция, выражаемая в количестве стоек и горизонтальной двигательной активности, устойчивость нервных процессов, отражаемых в количестве реверсивных поворотов, времени посещения центральных ярко освещенных квадратов, вегетативная и эмоциональная реакция, определяемая по времени груминга у экспериментальных животных при стрессе существенно снижаются, что отражает естественную перестройку уровня активности мозговых процессов при стрессе. **Заключение.** Поисково-исследовательская реакция и уровень тревожности большой песчанки в тесте «Открытое поле» на различные раздражители вызывает стресс, который может влиять на когнитивные функции животных.

Ключевые слова: *Rhombomys opimus*, большая песчанка, “Multi Conditioning TSE 2,0”, поисково-исследовательская активность, стресс, груминг, фризинг, температура, открытое поле, моделирование гипертермии, моделирование электротравмы

Для цитирования: Тачмухаммедова А. Х., Мавланов К. Х., Гувалыева Ш. Б., Атабаев М. Д. Большая песчанка как экспериментальная модель в биомедицинских исследованиях // Прикаспийский вестник медицины и фармации. 2026. Т. 7, № 2. С. 31–37. <https://doi.org/10.17021/2712-8164-2026-2-31-37>.

ORIGINAL INVESTIGATIONS

Original article

THE GREAT GERBIL AS AN EXPERIMENTAL MODEL IN BIOMEDICAL RESEARCH

Aybolek H. Tachmukhammedova¹, Kemal Kh. Mavlanov²,
Shasenem B. Guvalyeva², Muhammedali D. Atabaev¹

¹Myrat Garryev State Medical University of Turkmenistan, Ashgabat, Turkmenistan

²Center for the Prevention of Particularly Dangerous Infections, Ashgabat, Turkmenistan

Abstract. Gerbils have been used as an object of biomedical research since the mid-20th century. These animals are easy to handle and care for, and their anatomy and physiology, with a few exceptions, are similar to those of other rodents most widely used in scientific researches: rats and mice. Due to a number of physiological and anatomical features, the gerbils can reproduce pathophysiological conditions that are difficult (or impossible) to model in rats and mice. **The aim of this study** was to evaluate the anxiety level and exploratory activity of female great gerbils (*Rhombomys opimus*) after a vital stress in the “Open field” test of the Multi Conditioning TSE 2.0 system. **Materials and methods.** For this study, 50 female great gerbils were captured using live traps in the Central Karakum Desert 6 months prior to the experiments. During the 6-month adaptation period of the gerbils to laboratory conditions, 5 of them died for various reasons. The animals were divided into 4 groups of 10 rodents each. Ten intact great gerbils, not subjected to the stress, served as controls. The average weight of the great gerbils was 115.0 ± 7.3 g. The animals were kept under standard vivarium conditions in the accordance with rules for the care and maintenance of laboratory rodents outlined in the book “Guide to the Care and Maintenance of Laboratory Animals” (Eurasian Council for Standardization, Metrology and Certification, Minsk, 2014). **Results.** Analysis of behavioral data in the “Open field” test showed that the orientation-exploratory response, expressed as the number of stance and horizontal motor activity, the stability of neural processes reflected in the number of reverse turns, the time spent visiting the central brightly lit squares, the vegetative and emotional response determined by the time of grooming in the experimental animals under stress, are significantly reduced, which reflects the natural restructuring of the activity level of brain processes under the stress. **Conclusion.** The exploratory behavior and the anxiety level of the great gerbils in the “Open field” test to various stimuli causes stress, which may impact cognitive functions of animals.

Key words: *Rhombomys opimus*, great gerbil, Multi Conditioning TSE 2.0, exploratory behavior, stress, grooming, freezing, temperature, open field, hyperthermia simulation, electrical injury simulation

For citation: Tachmukhamedova A. Kh., Mavlanov K. Kh., Guvalyeva Sh. B., Atabayev M. D. The great gerbil as an experimental model in biomedical research. Caspian Journal of Medicine and Pharmacy. 2026; 7 (2): 31–37. <https://doi.org/10.17021/2712-8164-2026-2-31-37> (In Russ.).

Введение. Песчанки как объект биомедицинских исследований стали использоваться с середины XX в. Эти животные просты в обращении и содержании, их анатомия и физиология, за некоторым исключением, сходны с таковыми других наиболее широко используемых в научных исследованиях представителей отряда грызунов: крыс и мышей. Благодаря ряду физиологических и анатомических особенностей на песчанках воспроизводятся патофизиологические состояния, которые сложно (или невозможно) моделировать на крысах и мышах. На песчанках разработаны модели инсульта, эпилепсии, метаболических нарушений, заболеваний желудочно-кишечного тракта, проводятся исследования физиологии и патофизиологии слуховой системы. Песчанки широко используются для изучения патогенеза и терапии инфекционных заболеваний [1, 2].

Установлены референтные интервалы гематологических показателей крови как самцов, так и самок мышей, песчанок, хомяков, крыс, морских свинок и кроликов, как широко используемых тест-систем в биомедицинских исследованиях. Изучение клеточного состава периферической крови и кровеносных органов на молодых песчанках показало их уникальность в том, что у них наблюдается выраженный половой диморфизм в уровне лейкоцитов в циркулирующей крови и костном мозге [3]. В качестве модели, применимой к человеку, песчанки недавно доказали свою высокую пригодность для изучения эффектов адаптации к космическим полетам на метаболизм кальция [4]. Из-за схожести структуры сетчатки песчанок с человеческой в качестве альтернативной модели они использовались для изучения физиологии и патофизиологии системы колбочек сетчатки человека. Так, в зрительной полосе мальформаций были обнаружены повышенная плотность колбочек, длина наружных сегментов и толщина внутренней сетчатки аналогично признакам, наблюдаемым в макуле человека [5].

Песчанки используются для изучения различных форм поведения, например, для исследования агрессивного поведения и его изменения с возрастом. Модель агрессии на песчанках в некотором отношении отличается от таковой у других грызунов. Песчанки являются социальными животными, которые мирно живут в смешанных или однополых группах. Однако и самцы, и самки песчанок очень агрессивны по отношению к незнакомым особям, попадающим на их территорию (интродерам). Песчанки используются для оценки когнитивных функций. Они значительно любознательнее и в большей мере, чем крысы, проявляют исследовательское поведение, у них менее выражен страх новизны. Песчанки с готовностью исследуют новые объекты, а затем теряют к ним интерес. Используя в качестве модели песчанок, разграничивают несколько различных показателей поведения, таких как внимание к новому стимулу, и компоненты поведения, которые можно рассматривать как аналогичные поддержанию, избирательности и переключению внимания [6].

В проанализированной нами научной литературе большинство исследований проводилось на монгольских песчанках и крайне редко на других видах песчанок. И учитывая, что основными

фоновыми видами грызунов аридных районов Туркменистана являются гребенщикова, большая, полуденная и краснохвостая песчанки [7], из них для научных экспериментов была выбрана большая песчанка (*Rhombomys opimus* Licht., 1823) как эпидемически значимый грызун.

В этой работе мы попытались описать величину реакции на стресс у эпидемически значимого грызуна пустыни – большой песчанки – в лабораторных условиях с помощью системы “Multi Conditioning TSE 2,0” (TSE Systems Ltd, Германия). Грызуны пустынь постоянно подвергаются стрессовым воздействиям, поскольку все они либо хищники, либо жертвы. Кроме того, освоения человеком пустынь, вмешательство в управление дикой природой, фрагментация и потеря среды обитания, изменение климата также являются стрессорами для популяций грызунов [8]. Угроза жизни, вызывающая витальный стресс, приводит к стойким выраженным психоэмоциональным нарушениям, сопровождающимся патологической тревожностью и измененным психоэмоциональным статусом особей в целом [9].

Использование различных поведенческих моделей и тестов – это фундаментальный подход в современной науке для объективизации сложных понятий, таких как стрессоустойчивость, память или социальное взаимодействие [10]. Система “Multi Conditioning TSE 2,0” – это подход комбинирования различных классических парадигм условных и безусловных рефлексов для оценки стрессового и локомоторного поведения у лабораторных животных, в рамках одной модульной платформы программного и технического обеспечения.

Целью исследования была оценка уровня тревожности и исследовательской активности самок большой песчанки *Rh. opimus*, переживших витальный стресс, в тесте «Открытое поле» системы “Multi Conditioning TSE 2,0”.

Материалы и методы исследования. Для выполнения этой работы за 6 мес. до экспериментов в Центральных Каракумах с помощью живоловок были отловлены большие песчанки. За время адаптации песчанок к лабораторным условиям в течение 6 мес. 5 из них по разным причинам погибли. Взрослые животные были разделены на 4 группы по 10 грызунов в каждой. Контролем служили 10 интактных больших песчанок, не подвергшихся стрессовому воздействию. Средний вес большой песчанки составил $115 \pm 7,3$ г. В работе использовались самки большой песчанки, так как они легче адаптируются к лабораторным условиям и мало подвержены социальному стрессу. Животные содержались в стандартных условиях вивария в соответствии с правилами содержания и ухода за лабораторными грызунами, изложенными в книге «Руководство по содержанию и уходу за лабораторными животными» (Евразийский совет по стандартизации, метрологии и сертификации, Минск, 2014).

В работе использовалась система “Multi Conditioning TSE 2,0” (Германия), где положение и движение животных регистрируются с помощью высокоразрешающей 3D инфракрасной световой рамки с обнаружением вставания на задние лапы на двух уровнях. Параллельная видеозапись позволяет проводить дополнительные наблюдения даже в полной темноте. Испытание в открытом поле проводилось в звукоизолированных, вентилируемых камерах. Арена открытого поля (45 см × 45 см × 40 см) состояла из четырех прозрачных стен из оргстекла и пола из светло-серого ПВХ. Для определения прогностической устойчивости к стрессу были исследованы поведенческие реакции грызунов на удар электрическим током, воздействие высокой температурой (моделирование гипертермии) и предъявление запаха хищника. При этом поисково-исследовательскую реакцию оценивали по числу пересеченных квадратов по периметру и количеству стоек; адаптационные механизмы к стрессу оценивали по изменению активности и гиперактивности животного, а также по времени груминга, фризинга (замирания) и реверса (возвращения).

Для неизбежного удара током животное помещали в шокую камеру, затем через металлическую сетку пола подавался одиночный электрический удар по стопе (2 с, 1,5 мА); реакцию на присутствие хищника моделировали с помощью емкости с подстилкой из-под лабораторных крыс, которую устанавливали на дно сетки с внешней стороны камеры; реакцию на экстремальное термическое воздействие моделировали с помощью подогрева воздуха камеры до 45 °С в течение всего эксперимента. Время тестирования: 3 мин.

Экспериментальные материалы, полученные в ходе исследования, статистически обработаны с применением *t*-критерия Стьюдента, результаты признавались достоверными при $p < 0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение. В условиях двигательного покоя важную роль играет фоновый психоэмоциональный статус животного. У ряда особей он проявляется в виде реакции страха, что соответствует преобладанию в поведении фризинга (замирания), у других животных более выражены реакции тревожности, в результате которых возникает конфликт между желанием избегания конфликтной ситуации и невозможностью его реализации, что является проявлением реакции сдерживания в условиях стрессорной среды [11]. Показатели поисково-исследовательской реакции большой

песчанки после удара током по стопе в модели «открытое поле» представлены в таблице. Так, снижение двигательной активности и гиперактивности по сравнению с контрольной группой было значительным. Существенно снизилось количество пересеченных квадратов. Исследовательская активность при этом полностью исчезла, что проявляется в отсутствии вертикальных стоек у грызунов.

В то же время уровень скрытой тревожности растет – время груминга, реверса и фризинга увеличивается ($p < 0,05$). После удара током по стопе животные 93,3 % времени проводили в боковых квадратах, ближе к темной стенке. Это свидетельствует о присутствии скрытого эмоционального напряжения и страха.

Таблица. Показатели поведенческих реакций большой песчанки на удар электрическим током
Table. Behavioral responses of the great gerbil to electric shock

Показатель	Контрольная группа (M±m)	Экспериментальная группа (M ± m)
Активность, с	115,1 ± 0,8	3,5 ± 0,07*
Гиперактивность, с	54,6 ± 1,4	3,0 ± 0,05*
Число пересеченных квадратов	125,7 ± 3,5	2,4 ± 0,02*
Число вертикальных стоек	7,3 ± 0,7	0
Время выхода в центр, с	12,8 ± 1,2	0
Фризинг, с	7,5 ± 2,2	131,3 ± 7,1*
Реверс	3 ± 0,2	5 ± 0,4
Груминг, с	2,8 ± 0,04	42,2 ± 3,6*
Примечание: * $p < 0,05$ – по сравнению с контрольной группой. Note: * $p < 0,05$ – compared to the control group.		

Один из механизмов, обуславливающих длительно сохраняющиеся психоэмоциональные нарушения при витальном стрессе, – дисрегуляция гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой системы, характеризующаяся, в частности, динамической тенденцией к сильным колебаниям кортизола [12]. По-видимому, это и обуславливает такие колебания показателей поисково-исследовательской реакции большой песчанки после контекстного условного рефлекса страха по результатам удара током по стопе в модели «открытое поле».

На рисунке 1 приводятся данные динамики роста показателей скрытой тревожности животных в ответ на присутствие запаха хищников. Так, присутствие хищников приводит к понижению активных действий большой песчанки в модели «Открытое поле» ($p < 0,05$). При этом гиперактивность статистически существенно повышается ($p < 0,05$). О ярком выражении пассивного страха можно судить по резкому увеличению фризинга, реверса и частоте груминга по сравнению с группой контроля ($p < 0,05$). Показатели ориентировочной реакции у большой песчанки после встречи с запахом хищника по сравнению с группой контроля снизились, выразившись понижением количества пересеченных горизонтальных квадратов. В то же время исследовательская реакция животных, выраженная числом вертикальных стоек, полностью исчезла.

Грызуны в этом эксперименте большую часть времени находились в периферии «Открытого поля», они избегали ярко освещенной части отсека, что свидетельствует о некотором состоянии скрытого эмоционального напряжения. Анализ поведенческих реакций большой песчанки в тестах «Открытое поле» показали, что эти опыты являются классической моделью исследования поведения грызунов, основанной на конфликте двух мотиваций: инстинктивной тенденции к исследованию нового окружения и тенденции минимизировать возможную опасность со стороны такового [13].

Результаты исследований скрытой тревожности большой песчанки в ответ на экстремальное термическое воздействие окружающей среды в тесте «Открытое поле» показали наличие умеренного уровня тревожности у животных, проявившегося в активации движений, понижении гиперактивности (рис. 2). При этом ориентировочно-исследовательская реакция большой песчанки в ответ на высокую температуру окружающей среды несколько затормаживается. Однако, время нахождения в центральной части незначительно выше по сравнению с контрольной группой ($p > 0,05$). В этом эксперименте большие песчанки показывают некоторую устойчивость нервной системы и умеренный уровень эмоционального поведения.

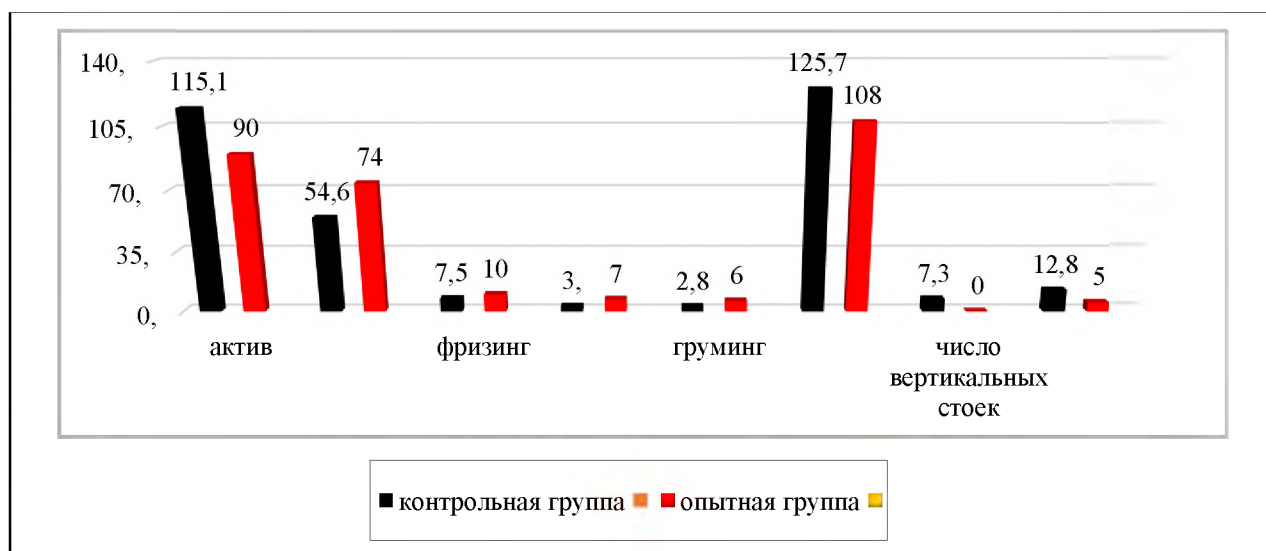


Рисунок 1. Динамика роста показателей скрытой тревожности в ответ на присутствие запаха хищников (в с)

Примечание: * $p < 0,05$ – по сравнению с контрольной группой.

Figure 1. Dynamics of growth of latent anxiety indicators in response to the presence of the smell of predators (in seconds)

Note: * $p < 0,05$ – compared to the control group.

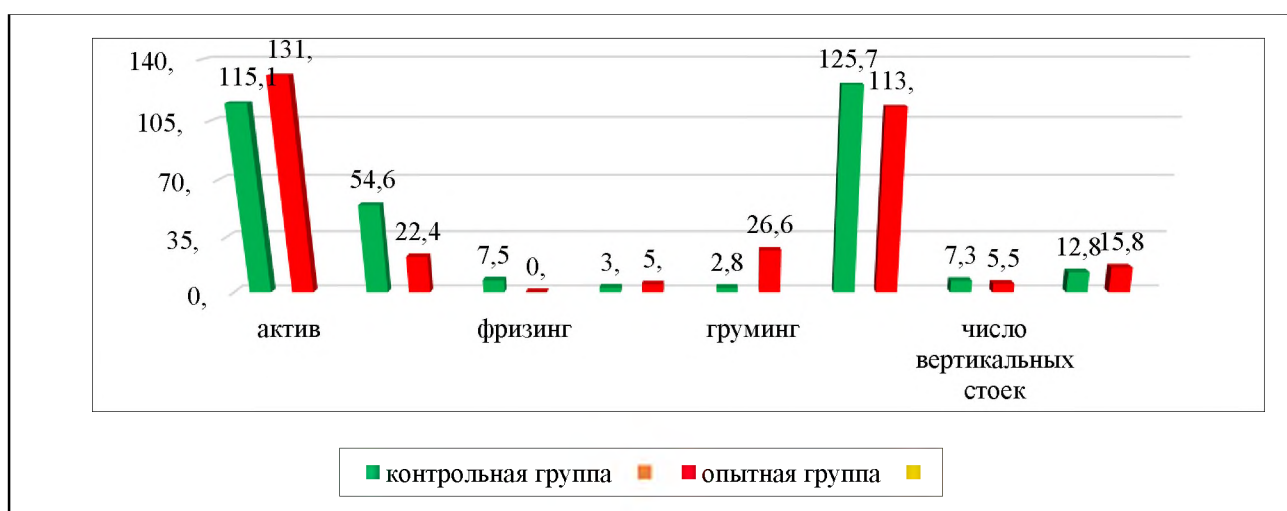


Рисунок 2. Показатели скрытой тревожности и ориентировочно-исследовательской реакции большой песчанки в ответ на экстремальную температуру

Примечание: * $p < 0,05$ – по сравнению с контрольной группой.

Figure 2. Indicators of latent anxiety and orienting-exploratory reaction of the great gerbil in response to extreme temperature

Note: * $p < 0,05$ – compared to the control group.

Выводы. Большие песчанки, поступившие из природы в виварий Центра особо опасных инфекций, относительно легко адаптировались к лабораторным условиям. Результаты проведенных исследований по оценке уровня тревожности и исследовательской активности самок большой песчанки – *Rh. opimus*, переживших витальный стресс, показали, что показатели выбранных параметров достоверно снизились по сравнению с контрольной группой животных.

Было выявлено, что ориентировочно-исследовательская активность особей большой песчанки контрольной группы является высокой (они активно пересекают горизонтальные квадраты, встают на задние лапки, что свидетельствует об исследовательской деятельности; время нахождения животных в центральной части открытого пространства суммарно составило $12,8 \pm 1,2$ с; время, потраченное на фризинг, груминг и реверс было минимальным, что свидетельствует об отсутствии стресса).

Таким образом, можно сказать, что данные грызуны являются превосходной моделью для физиологических и патофизиологических исследований в биомедицине и проверки потенциальных терапевтических стратегий для лечения болезней с нарушениями когнитивных функций.

Раскрытие информации. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Disclosure. The authors declare that there are no obvious or potential conflicts of interest related to the publication of this article.

Вклад авторов. Авторы декларируют соответствие своего авторства международным критериям ICMJE. Все авторы в равной степени участвовали в подготовке публикации: разработка концепции статьи, получение и анализ фактических данных, написание и редактирование текста статьи, проверка и утверждение текста статьи.

Authors' contributions. The authors declare the compliance of their authorship according to the international ICMJE criteria. All authors equally participated in the preparation of the publication: developing the concept of the article, obtaining and analyzing factual data, writing and editing the text of the article, checking and approving the text of the article.

Источник финансирования. Авторы декларируют отсутствие внешнего финансирования для проведения исследования и публикации статьи.

Funding source. The authors declare no external funding to conduct the research and publish the article.

Список источников

1. Макарова М. Н., Макаров В. Г. Использование песчанок в доклинических исследованиях // Лабораторные животные для научных исследований. 2024. Т. 1. С. 4–17. <https://doi.org/10.57034/2618723X-2024-01-01>.
2. Володин И. А., Ильченко О. Г., Володина Е. В. Динамика численности и механизмы ее регуляции в лабораторных группах четырех видов песчанок // Научные исследования в зоологических парках. 2022. № 37. С. 247–271.
3. Мирошников М. В., Ковалева М. А., Султанова К. Т., Макарова М. Н. Вариабельность гематологических показателей крови и установление референтных интервалов в доклинических исследованиях // Лабораторные животные для научных исследований. 2024. № 4. С. 35–58.
4. Krivosov Y. S., Gulimova V. I., Buzmakov A. V., Zolotov D. A., Cedola A., Bukreeva I., Asadchikov V. E., Saveliev S. V. Micro-CT Study of Mongolian Gerbil Humeral Bone After Prolonged Spaceflight Based on a New Algorithm for Delimitation of Long-Bone Regions // *Frontiers in Physiology*. 2021. Vol. 12. P. 752893. doi: 10.3389/fphys.2021.752893.
5. Günter A., Belhadj S., Seeliger M. W. and Mühlfriedel R. The Mongolian gerbil as an advanced model to study cone system physiology // *Frontiers in Cellular Neuroscience*. 2024. Vol. 18. P. 1339282. doi: 10.3389/fncel.2024.1339282.
6. Cheal M. L. The gerbil: a unique model for research on aging // *Aging Clinical and Experimental Research*. 1986. Vol. 12, no. 1. P. 3–21. doi: 10.1080/03610738608259430.
7. Бердыев А. Б., Амангулиев А., Бабаев Я., Бердыев А. С., Глебездин В. С., Ерохин П. И., Меледжаева М. А. Видовой состав паразитоценозов песчанок // *Паразитология*. 1987. Т. 21, № 5. С. 1–8.
8. Müllner A., Linsenmair K. E., Wikelski M. Exposure to ecotourism reduces survival and affects stress response in hoatzin chicks (*Opisthocomus hoazin*) // *Biological Conservation*. (2004) 118: 549–558. doi: 10.1016/j.biocon.2003.10.003.
9. Avaliani T. V., Apraksina N. K., Tsikunov S. G. Bioelectrical activity of the brain and behavior of rats in the late period after vital stress // *Medical Academic Journal*. 2022. Vol. 22, no. 1. P. 43–50. doi: 10.17816/MAJ90520. EDN: PQZVPT.
10. Dawson G. R., Tricklebank M. D. Use of the elevated plus maze in the search for novel anxiolytic agents // *Trends in Pharmacological Sciences*. 1995. Vol. 16, no. 2. P. 33–36. doi: 10.1016/S0165-6147(00)88973-7.
11. Пермяков А. А., Елисеева Е. В., Юдицкий А. Д., Исакова Л. С. Факторный анализ поведения экспериментальных животных в тесте «Открытое поле» // *Прикладные информационные аспекты медицины*. Воронеж, 2015. С. 91–97.
12. Mason J. W., Wang S., Yehuda R. Marked lability in urinary cortisol levels in subgroups of combat veterans with posttraumatic stress disorder during an intensive exposure treatment program // *Psychosomatic Medicine*. 2002. Vol. 64, no. 2. P. 238–246. doi: 10.1097/00006842-200203000-00006.
13. Bains R. S., Cater H. L., Sillito R. R. Analysis of individual mouse activity in group housed animals of different inbred strains using a novel automated home cage analysis system // *Frontiers in Behavioral Neuroscience*. 2016. Vol. 10. P. 106. doi: 10.3389/fnbeh.2016.00106.

References

1. Makarova M. N., Makarov V. G. Use of gerbils in preclinical studies. *Laboratornye zhivotnye dlya nauchnykh issledovaniy* = Laboratory Animals for Scientific Research. 2024; 1. 4–17. <https://doi.org/10.57034/2618723X-2024-01-01> (In Russ.).
2. Volodin I. A., Ilchenko O. G., Volodina E. V. Population dynamics and mechanisms of its regulation in laboratory groups of four gerbil species. *Nauchnye issledovaniya v zoologicheskikh parkakh* = Scientific Research in Zoological Parks. 2022; 37: 247–271 (In Russ.).
3. Miroshnikov M. V., Kovaleva M. A., Sultanova K. T., Makarova M. N. Variability of hematological blood parameters and establishment of reference intervals in preclinical studies. *Laboratory animals for scientific research*. 2024. No. 4. P. 35–58 (In Russ.).

4. Krivonosov Y. S., Gulimova V. I., Buzmakov A. V., Zolotov D. A., Cedola A., Bukreeva I., Asadchikov V. E. and Saveliev S. V. Micro-CT Study of Mongolian Gerbil Humeral Bone After Prolonged Spaceflight Based on a New Algorithm for Delimitation of Long-Bone Regions. *Frontiers in Physiology*. 2021; 12: 752893. doi: 10.3389/fphys.2021.752893.
5. Günter A., Belhadj S., Seeliger M. W. and Mühlfriedel R. The Mongolian gerbil as an advanced model to study cone system physiology. *Frontiers in Cellular Neuroscience*. 2024; 18: 1339282. doi: 10.3389/fncel.2024.1339282.
6. Cheal M. L. The gerbil: a unique model for research on aging. *Aging Clinical and Experimental Research*. 1986; 12 (1): 3–21. doi: 10.1080/03610738608259430.
7. Berdyev A. B., Amanguliev A., Babaev Ya., Berdyev A. S., Glebezdin V. S., Erokhin P. I., Meledzhaeva M. A. Species composition of parasitic communities of gerbils. *Parazitologiya = Parasitology*. 1987; 21 (5): 1–8 (In Russ.).
8. Müllner A., Linsenmair K. E., Wikelski M. Exposure to ecotourism reduces survival and affects stress response in hoatzin chicks (*Opisthocomus hoazin*). *Biological Conservation*. 2004; 118: 549–558. doi: 10.1016/j.biocon.2003.10.003.
9. Avaliani T. V., Apraksina N. K., Tsikunov S. G. Bioelectrical activity of the brain and behavior of rats in the late period after vital stress. *Medical Academic Journal*. 2022; 22 (1): 43–50. doi: 10.17816/MAJ90520. EDN: PQZVPT.
10. Dawson G. R., Tricklebank M. D. Use of the elevated plus maze in the search for novel anxiolytic agents. *Trends in Pharmacological Sciences*. 1995; 16 (2): 33–36. doi: 10.1016/S0165-6147(00)88973-7.
11. Permyakov A. A., Eliseeva E. V., Yuditsky A. D., Isakova L. S. Factor analysis of the behavior of experimental animals in the open field test. *Prikladnye informatsionnye aspekty meditsiny = Applied information aspects of medicine*. Voronezh; 2015: 91–97 (In Russ.).
12. Mason J. W., Wang S., Yehuda R. Marked lability in urinary cortisol levels in subgroups of combat veterans with posttraumatic stress disorder during an intensive exposure treatment program. *Psychosomatic Medicine*. 2002; 64 (2): 238–246. doi: 10.1097/00006842-200203000-00006.
13. Bains R. S., Cater H. L., Sillito R. R. Analysis of individual mouse activity in group housed animals of different inbred strains using a novel automated home cage analysis system. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*. 2016; 10: 106. doi: 10.3389/fnbeh.2016.00106.

Информация об авторах

А. Х. Тачмухаммедова, кандидат медицинских наук, проректор по научной работе, Государственный медицинский университет Туркменистана им. Мырата Гаррыева, Ашгабад, Туркменистан, ORCID: 0009-0002-6059-4157, e-mail: tachmuhammedowa@mail.ru;

К. Х. Мавланов, кандидат биологических наук, начальник, Центр профилактики особо опасных инфекций, Ашгабад, Туркменистан, ORCID: 0000-0001-7201-7395, e-mail: spooi2024@sanly.tm;

Ш. Б. Гувалиева, младший научный сотрудник, Центр профилактики особо опасных инфекций, Ашгабад, Туркменистан, ORCID: 0009-0009-6398-6413, e-mail: shasenembabayewa@gmail.com;

М. Д. Атабаев, студент лечебного факультета, Государственный медицинский университет Туркменистана им. Мырата Гаррыева, Ашгабад, Туркменистан, ORCID: 0009-0000-4907-9416, e-mail: muhatadov@gmail.com.

Information about the authors

A. H. Tachmukhammedova, Cand. Sci. (Med.), Vice-Rector for Scientific Affairs, Myrat Garryev State Medical University of Turkmenistan, Ashgabat, Turkmenistan, ORCID: 0009-0002-6059-4157, e-mail: tachmuhammedowa@mail.ru;

K. Kh. Mavlanov, Cand. Sci. (Biol.), Head, Center for the Prevention of Particularly Dangerous Infections, Ashgabat, Turkmenistan, ORCID: 0000-0001-7201-7395, e-mail: spooi2024@sanly.tm;

Sh. B. Guwaliyeva, Junior Researcher, Center for the Prevention of Particularly Dangerous Infections, Ashgabat, Turkmenistan, ORCID: 0009-0009-6398-6413, e-mail: shasenembabayewa@gmail.com;

M. D. Atabaev, student, Myrat Garryev State Medical University of Turkmenistan, Ashgabat, Turkmenistan, ORCID: 0009-0000-4907-9416, e-mail: muhatadov@gmail.com.

Статья поступила в редакцию 19.01.2026; одобрена после рецензирования 31.03.2026; принята к публикации 22.06.2026.

The article was submitted 19.01.2026; approved after reviewing 31.03.2026; accepted for publication 22.06.2026.