

ОСОБЕННОСТИ АДАПТИВНОГО ПОВЕДЕНИЯ ХРЯЩЕПАЛЫХ ГЕККОНОВ В ОРБИТАЛЬНОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ

ХВАТОВ И. А. *, *Московский гуманитарный университет, Москва, Россия,*
e-mail: ittkrot1@gmail.com

ГУЛИМОВА В. И. **, *ФГБУ НИИ морфологии человека РАМН, Москва, Россия,*
e-mail: gulimova@yandex.ru

БАРАБАНОВ В. М. ***, *ФГБУ НИИ морфологии человека РАМН, Москва, Россия,*
e-mail: barabanov6@rambler.ru

СОКОЛОВ А. Ю. ****, *АНО Лаборатория-студия Живая Земля, Москва, Россия,*
e-mail: arophis-king@mail.ru

САВЕЛЬЕВ С. В. ****, *ФГБУ НИИ морфологии человека РАМН, Москва, Россия,*
e-mail: embrains@hotmail.com

ХАРИТОНОВ А. Н. *****, *Институт психологии РАН, МГППУ, Москва, Россия,*
e-mail: ankhome47@list.ru

В условиях орбитального космического полета исследовались особенности двигательной активности хрящепалых гекконов как объекта, моделирующего адаптивное поведение в невесомости. На основе сравнения движений головы и лап гекконов полетной группы с животными контрольной группы показана специфическая роль поиска контактов лап с поверхностями по типу адгезии («прилипания»), свидетельствующая о вкладе тактильной чувствительности в адаптацию к условиям микрогравитации.

Ключевые слова: хрящепалый геккон, тактильная чувствительность, двигательная активность, адаптивное поведение, микрогравитация, орбитальный эксперимент.

Введение

Исследование поведения животных в условиях космического полета, помимо информации, которая в принципе может быть использована в практике организации полетов пилотируемых человеком аппаратов, представляет большой интерес с точки зрения изучения адап-

Для цитаты:

Хватов И. А., Гулимова В. И., Барабанов В. М., Соколов А. Ю., Савельев С. В., Харитонов А. Н.
Особенности адаптивного поведения хрящепалых гекконов в орбитальном эксперименте // Экспериментальная психология. Т. 7. № 3. С. 44–56.

* *Хватов И. А.* Кандидат психологических наук, доцент кафедры общей психологии и истории психологии, Московский гуманитарный университет. E-mail: ittkrot1@gmail.com

** *Гулимова В. И.* Кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, ФГБУ НИИ морфологии человека РАМН. E-mail: gulimova@yandex.ru

*** *Барабанов В. М.* Кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, ФГБУ НИИ морфологии человека РАМН. E-mail: barabanov6@rambler.ru

**** *Соколов А. Ю.* Кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, АНО Лаборатория-студия «Живая Земля». E-mail: arophis-king@mail.ru

***** *Савельев С. В.* Доктор биологических наук, профессор, заведующий лабораторией развития нервной системы, ФГБУ НИИ морфологии человека РАМН. E-mail: embrains@hotmail.com

***** *Харитонов А. Н.* Кандидат психологических наук, научный сотрудник, Институт психологии РАН, старший научный сотрудник, Центр экспериментальной психологии МГППУ. E-mail: ankhome47@list.ru



тивных возможностей, которыми обладают представители разных видов. В особенности это интересно тем, что на Земле трудно воспроизвести условия невесомости, точнее, микрогравитации, в которых животные находятся в течение орбитальной части полета. Накопленный к настоящему времени опыт свидетельствует о том, что разные животные по-разному переносят такие условия и в процессе адаптации оказываются задействованными различные механизмы, среди которых когнитивные и поведенческие играют существенную роль.

Организация изучения поведения позвоночных на непилотируемых космических аппаратах сопряжена с рядом трудностей, касающихся как адаптации животных к полету, так и их жизнеобеспечения. Основной проблемой адаптации большинства амфибий, рептилий и млекопитающих является флотирование¹ во время полета, которое вызывает стресс у экспериментальных животных. Влияние стрессирующего флотирования невозможно отделить от воздействия невесомости на организм животных, что снижает достоверность и научную ценность любых экспериментов на млекопитающих, рептилиях и амфибиях, а изучение поведения и локомоции делает просто невозможным.

До начала нашей программы представители класса рептилий крайне мало исследовались в продолжительных орбитальных экспериментах. Известны советские эксперименты на среднеазиатских (степных) черепахах *Testudo horsfieldii*. На космических аппаратах «Зонд-5» и «Зонд-7» (СССР) эти черепахи летали всего 7 суток (Sutulov et al., 1971), а из 90,5-суточного полета на «Салюте-5» животные не вернулись, поскольку спускаемый аппарат сгорел при входе в атмосферу. На среднеазиатских черепахах также проводились орбитальные исследования продолжительностью 19, 22, 60 и 90 суток, однако количество животных в полетных группах этих опытов было так мало, что даже при объединении в одну группу черепах после 19-ти и 22-суточного полета и в другую – после 60 и 90 суток полета получились группы всего по 6 и 4 животных (Ступаков и др., 1979).

В 1990–2000 гг. группа исследователей под руководством Р. Вассерзуга активно занимались влиянием кратковременной невесомости на разных рептилий в параболических полетах², однако в этих экспериментах продолжительность пребывания животных в условиях гипогравитации составляла всего 20–25 с (Wassersug, Izumi-Kurotani, 1993; Wassersug et al., 2005). Кроме того, известно, что далеко не все данные, полученные при экспериментировании в параболических полетах, впоследствии подтверждались при продолжительных исследованиях в космосе. Возможно, параболические полеты позволяют исследовать реакцию животных и человека не на невесомость как таковую, а на характерные изменения гравитации (Mori, 1995).

В феврале 2010 г. иранский носитель совершил один оборот вокруг Земли с двумя черепахами на борту, но это событие не имело существенного научного значения.

Все использованные в перечисленных экспериментах представители рептилий в условиях невесомости флотировали так же, как млекопитающие и амфибии, что не давало возможности изучить специфику их локомоции. Таким образом, известные попытки исследования рептилий в невесомости остаются немногочисленными, а их научные результаты в интересующем нас аспекте – весьма скромными.

¹Флотирование, флотация – от англ. flotation = floatation, syn.: buoyancy – способность всплывать, плавучесть. Применительно к космическому или параболическому полету означает свободное перемещение в пространстве при микрогравитации.

²Параболический полет – полет специально оборудованного самолета по так называемой параболе Кеплера, позволяющей достичь 20–25-секундного состояния невесомости (уровня микрогравитации порядка $10^{-2}g$).



Исключением из этого правила являются рептилии, способные эффективно прикрепляться к поверхности контейнеров и избегать постоянного флотирования. Наши предыдущие исследования показали, что наиболее перспективным объектом для космических экспериментов являются гекконы, которые, благодаря микроскопическим выростам эпидермиса на подпальцевых пластинках (ворсинкам, или сетам, англ. – *setae*), обладают способностью к адгезии – фиксации конечностей на поверхностях, ориентированных практически любым образом (Гулимова и др., 2008; Никитин и др., 2007; Никитин и др., 2008; Almeida et al., 2006; Gulimova et al., 2007; Nikitin et al., 2007). Разнообразная биология представителей этой многочисленной группы позволяет подобрать животных оптимального размера и типа питания, что, в свою очередь, дает возможность оптимизировать решение задач организации эксперимента.

Исследование гекконов в орбитальном эксперименте представляет несомненный интерес еще и по той причине, что рептилии относятся к амниотам – группе, объединяющей гекконов с млекопитающими и человеком. Кроме того, недавние генетические исследования продемонстрировали ряд общих черт между рептилиями и однопроходными млекопитающими (Warren et al., 2008). В то же время, накопленный отечественный и зарубежный опыт работы с биологическими объектами в условиях космического полета дает основания считать, что при обеспечении оптимальных условий содержания гекконы представляют собой уникальную модель для продолжительных орбитальных экспериментов. Гекконы, принадлежащие к выбранной нами для эксперимента группе, известны своей малой зависимостью от воды, как во взрослом состоянии, так и в процессе эмбрионального развития внутри яйцевых оболочек. Благодаря способности к адгезии, поведение гекконов в невесомости мало отличается от наземного (Гулимова и др., 2008; Nikitin et al., 2008). Исходно мы предполагали, что это снижает стресс от флотации. Позднее также выяснилось, что гекконы не страдают от деминерализации костей скелета, характерной при продолжительных космических полетах для человека и других млекопитающих (Gulimova et al., 2006). Это позволяет отличить влияние невесомости от последствий жесткого продолжительного стресса и оценить реальное влияние микрогравитации по независимому показателю. Поэтому эксперименты на этих рептилиях позволяют решать многие задачи, актуальные для высших позвоночных, минимизируя при этом затраты на жизнеобеспечение, которые осложняют аналогичные исследования на млекопитающих.

Таким образом, изучение гекконов в условиях невесомости, которое ранее не могло быть проведено на флотирующих животных, дает многочисленные экспериментальные преимущества, включая возможность исследования локомоции. Возможно, именно использование животных этой группы в качестве модельного объекта позволит оценить роль тактильной чувствительности для ориентации и навигации в космических полетах, поскольку гекконы, в отличие от других животных, в условиях микрогравитации не испытывают нехватки тактильных стимулов – точнее, как будет показано далее, активно их получают.

Главной целью проведенного орбитального эксперимента в ходе 12-суточного полета космического аппарата «ФОТОН-М» № 3 было изучение способности гекконов к адгезии в условиях микрогравитации, их поведения и возможных изменений костей скелета. При анализе видеозаписей выяснилось, что гекконы сохраняют в невесомости прикрепленное положение и в целом нормальную локомоцию. Однако был подмечен ряд особенностей, характеризующих поведение гекконов в космосе, что мы и сделали предметом отдельного исследования. Его целью были выявление и анализ особенностей двигательной активности хрящепалых гекконов.



Метод

Объектом исследования были хрящепалые гекконы *Chondrodactylus turneri* (Gray, 1864) (прежнее название толстопалый геккон – *Pachydactylus turneri*; английский эквивалент названия – Turner's thick-toed gecko, немецкий – Turners Dickfingergecko). Хрящепалые гекконы обитают в Центральной и Южной Африке, населяя разнообразные биотопы: от каменной пустыни до увлажненных берегов рек. Общая длина тела животного от кончика носа до кончика хвоста составляет 13–15 см, ширина головы – 2,5–3,0 см, вес тела – 17–25 г, средний вес головного мозга – 95 мг. Эти рептилии были впервые предложены нами и успешно использованы в качестве модельного объекта для изучения амниот на непилотируемых космических аппаратах (далее – КА) серии «ФОТОН-М»: № 2 (16 суток, 2005 г.) и № 3 и (12 суток, 2007 г.), а также в более длительном орбитальном эксперименте на КА «БИОН-М» № 1 (30 суток, 2013 г.).

Полет КА «ФОТОН-М» № 3 проходил с 14 по 26 сентября 2007 г. Исследовалось поведение двух групп хрящепалых гекконов по пять половозрелых самок в каждой: в полете (экспериментальная группа) и в условиях наземного отложенного синхронного контроля (далее – ОСК). Животные из полетной группы находились на орбите 12 суток в блоке исследования и обеспечения содержания (БИОСе) объемом 1,8 л (рис. 1).

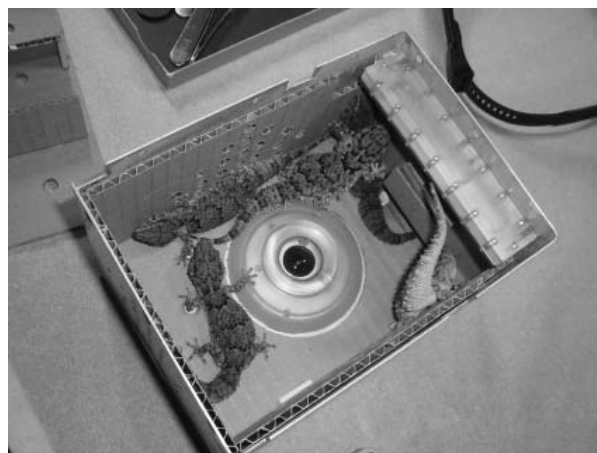


Рис. 1. БИОС, вид снизу (гекконы находятся в крышке контейнера; в центре – видеокамера)

Металлические стенки БИОСа изнутри были облицованы картоном, внутренний объем разделен на 3 части картонными перегородками, не достигающими до потолка. Перегородки служили гекконам местом для прикрепления и укрытиями, но не препятствовали видеозаписи (рис. 2).

Группа ОСК размещалась в БИОСе, идентичном полетному, на протяжении того же срока. Температура в обоих блоках поддерживалась на уровне +21 – +24°C. Как в полете, так и в ОСК блоки были оборудованы капельной поилкой. Таким образом, гекконы в обеих группах на всем протяжении опыта, за исключением периодов старта и посадки, имели доступ к воде. Корма животные не получали. Вентиляция осуществлялась пассивно через отверстия в полу и стенках блоков. Оба БИОСа были также снабжены освещением, и в них производилась виде-

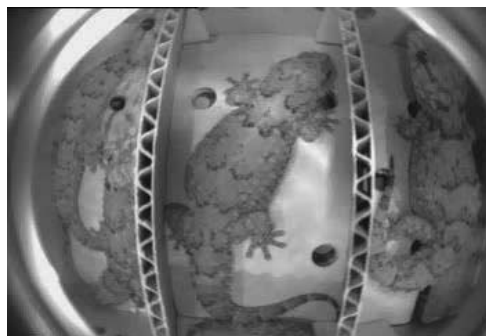


Рис. 2. БИОС с гекконами, вид сверху (кадр видеозаписи)

орегистрация поведения животных. Для видеозаписи использовали видеокамеру внутреннего наблюдения с широкоугольным адаптером (Тайвань), а также видеозаписывающее устройство “МАВР” (Россия). Видеозапись была фрагментарной, ее продолжительность составила около 1,8% от общего времени эксперимента: около семи из 395 часов (табл. 1).

Таблица 1. Циклограмма видеозаписи в полетной группе

Дата	Время	Продолжительность видеосъемки (ч, мин, с)	Примечания
14.09.07	12.31	00.28.40	
	13.30	01.59.19	
	15.00		время старта
15.09.07	13.30	01.59.18	
16.09.07	02.00	00.29.40	
17.09.07	14.00	00.29.41	
20.09.07	14.00	00.29.41	
22.09.07	02.00	00.29.41	
25.09.07	02.00	00.29.41	
26.09.07	13.00		время посадки
	14.00	00.06.21	

ОСК проводился с задержкой на двое суток по отношению к полетному эксперименту (16–28 сентября 2007 г.). С учетом времени транспортировки и подготовки к старту гекконов каждой группы загружали в экспериментальный контейнер за 4 суток до старта и извлекали через 13,5 часов после посадки.

Результаты

Все время наблюдения было разбито на временные интервалы длительностью около 30 минут. В каждом временном интервале фиксировалось количество движений лап, а также количество поворотов головы.

Повороты головы разделялись на два типа:

- поворот в состоянии покоя – перемещение гекконом головы в любом направлении при неподвижности всех конечностей, а также хвоста;



- поворот при локомоции – перемещение головы в ходе осуществления локомоторного акта (совместно с перемещением лап и/или хвоста).

Движения лап также разделялись на типы по двум критериям.

Критерий поверхности, на которую перемещалась лапа:

- «простое» движение лапой – ситуация, когда геккон целиком отрывает лапу от поверхности, к которой она была прикреплена, и, переместив ее в том или ином направлении, снова прикрепляет к этой же поверхности;

- «сложное» движение лапой – ситуация, когда геккон, оторвав лапу от поверхности, перемещает и закрепляет ее не на той же самой поверхности, где она была закреплена изначально, а на другой (например, перемещает лапу с поверхности пола на поверхность разделяющей перегородки).

Критерий быстроты закрепления лапы на новой поверхности:

- быстрое (единичное) движение лапой – ситуация, когда геккон закреплялся на новой поверхности за один локомоторный акт данной лапы;

- «поисковое» движение лапой – ситуация, когда геккон не закреплялся на той или иной поверхности за один локомоторный акт и такое закрепление осуществлялось лишь после нескольких взмахов лапой в воздухе при попытке закрепить ее на поверхности, длящихся 0,5 с или более. Эти движения дифференцируются на «простые» (при закреплении на той же поверхности) и «сложные» (на новой поверхности, см. выше). Следует отметить, что большинство «поисковых» движений наблюдались в процессе осуществления «сложных» движений.

В сравнительном анализе (табл. 2, 3, 4, 5) использовались только данные по экспериментальной выборке в полетных условиях и соответствующие им данные по контрольной выборке. Поэтому данные по трем первым интервалам видеорегистрации (при нахождении экспериментальной группы на Земле и во время вывода КА на околоземную орбиту) в таблице не приведены.

Таблица 2. Количество движений головы у животных экспериментальной выборки в условиях микрогравитации

Номер записи	Промежуток времени	Общее количество поворотов	Количество поворотов в покое	Количество поворотов при локомоции
4	6	13	9	4
	7	40	16	24
	8	22	13	9
	9	17	12	5
5	10	84	53	31
6	11	22	12	10
7	12	17	13	4
8	13	9	8	1
9	14	42	29	13
Сумма		266	165	101
Среднее значение		29,6	18,3	11,2

Выявлена значимая корреляционная взаимосвязь между количеством поворотов головы в состоянии покоя и количеством поворотов при локомоции (корреляция Спирмена: $r=0,85$; $p<0,01$).



Таблица 3. Количество движений головы у животных контрольной выборки (ОСК)

Номер записи	Промежуток времени	Общее количество поворотов	Количество поворотов в покое	Количество поворотов при локомоции
4	6	82	44	39
	7	23	7	16
	8	84	26	58
	9	71	29	42
5	10	28	11	17
6	11	126	83	43
7	12	35	22	13
8	13	21	17	4
9	14	18	12	6
Сумма		488	251	238
Среднее значение		54,2	27,9	26,4

Не выявлено значимой корреляционной взаимосвязи между количеством поворотов головы в состоянии покоя и количеством поворотов при локомоции (корреляция Спирмена: $r=0,61$; $p>0,05$).

Доля движений головы, совершенных при локомоции, по отношению к движениям головы, совершенных в покое, в контрольной группе достоверно выше, нежели в экспериментальной ($\chi^2=7,97$; $df=1$; $p<0,01$).

Таблица 4. Количество движений лап у животных экспериментальной выборки в условиях микрогравитации

Номер записи	Промежуток времени	Общее количество движений	Количество сложных движений	Количество поисковых движений	Количество сложных поисковых движений
4	6	13	8	3	3
	7	30	14	8	8
	8	13	9	4	4
	9	11	5	3	3
5	10	33	9	6	6
6	11	15	8	6	6
7	12	12	6	2	2
8	13	11	4	2	2
9	14	16	7	2	2
Сумма		154	70	36	36
Среднее значение		17,1	7,8	4	4

Не выявлено значимой корреляционной взаимосвязи между общим количеством движений лап и количеством «поисковых» движений лап (корреляция Спирмена: $r=0,62$; $p>0,05$).



Таблица 5. Количество движений лап у животных контрольной выборки (ОСК)

Номер записи	Промежуток времени	Общее количество движений	Количество сложных движений	Количество поисковых движений	Количество сложных поисковых движений
4	6	121	45	6	6
	7	12	3	0	0
	8	150	51	4	4
	9	58	17	3	3
5	10	36	9	1	1
6	11	98	28	4	4
7	12	36	7	1	1
8	13	26	9	0	0
9	14	22	10	1	1
Сумма		559	179	20	20
Среднее значение		62,1	19,9	2,2	2,2

Выявлена значимая корреляционная взаимосвязь между общим количеством движений лап и количеством поисковых движений лап (корреляция Спирмена: $r=0,91$; $p<0,01$).

Доля «поисковых» движений лап в соотношении с общим количеством движений лап в экспериментальной выборке достоверно выше ($\chi^2=50,86$; $df=1$; $p<0,01$).

Доля «сложных» «поисковых» движений лап в соотношении с общим количеством «сложных» движений лап в экспериментальной выборке достоверно выше: ($\chi^2=20,38$; $df=1$; $p<0,01$).

Выводы и обсуждение результатов

1. Установлено, что в условиях микрогравитации гекконы чаще двигают головой в покое, чем при локомоции. Это может быть связано с тем, что животные пытаются стимулировать вестибулярный аппарат за счет движений головы.

2. В условиях микрогравитации доля «поисковых» движений лапами в общем количестве движений (как «простых», так и «сложных») значимо больше, чем на Земле.

3. В условиях нормальной гравитации количество «поисковых» движений положительно связано с общей активностью гекконов. В условиях микрогравитации такая связь отсутствует, хотя в целом «поисковых» движений больше.

Полученные различия для доли движений головой и лапами мы относим на счет различия условий: нормальной гравитации (контрольная группа) и микрогравитации (экспериментальная группа). Очевидно, с помощью движений головы животные пытаются компенсировать отсутствие стимуляции вестибулярной системы, а интенсивные «поисковые» движения лап при попытках прикрепления к поверхности одновременно характеризуют и попытки восстановить тактильную стимуляцию. Это тем более вероятно, что с момента, когда стопа фиксируется на поверхности (иногда достаточно одного пальца), «поисковые» движения прекращаются, и животное некоторое время не проявляет признаков беспокойства.

Различие в общей картине двигательной активности гекконов в условиях полета и на Земле может также свидетельствовать о том, что в условиях микрогравитации животные пытаются выстроить новую схему собственного тела, либо адаптировать прежнюю к новым условиям – если трактовать тело как «универсальный зонд» (ср.: Леонтьев, 1975; Тхостов, 2002). Помимо адгезии, большая стрессоустойчивость в невесомости может быть связана с



еще одной характерной для «прилипающих» гекконов адаптацией. Она обусловлена тем, что в своей наземной среде обитания молодые гекконы иногда ловят насекомых во время прыжка, падения с последующим зацеплением за какой-либо предмет или во время перепрыгивания с одной поверхности на другую.

Полученные нами данные свидетельствуют о том, что механизмы адаптации гекконов к отсутствующим на Земле условиям микрогравитации включают как когнитивные (связанные с фиксацией отсутствия гравитационного воздействия на тело и необычной ориентацией тела в пространстве), так и моторно-исполнительные компоненты (учащенные движения головой в покое, увеличение доли «поисковых» движений лап). При этом представляется, что вклад тактильной чувствительности в возможности адаптации к микрогравитации может оказаться более существенным, чем это обычно принято считать (конкретно речь идет о контактах с разного рода поверхностями по типу адгезии). В частности, наши наблюдения могут быть сопоставлены с известными из опубликованных источников данными по другим животным и людям, согласно которым микрогравитация может непосредственно влиять на движения конечностей, а общий стресс, вызванный космическим полетом, воздействует на когнитивные и другие функции (Ross, 2008). При этом предполагается, что перцептивно-моторные нарушения преобладают над собственно когнитивными (Fowler et al., 2000).

Последнее представлялось бы вполне вероятным, если бы животные и космонавты не испытывали стресса. У большинства космонавтов возникают визуальные реориентационные иллюзии (Oman, 2007), при которых становится трудно различить пол, стены и потолок помещения, из-за чего можно заблудиться в знакомом месте, оказавшись в нем непривычно ориентированным.

Часто считают, что тактильная чувствительность в невесомости играет меньшую роль, чем на Земле, поскольку при микрогравитации уменьшается кожное давление, а также нагрузка на суставы и мышцы (Gentz, Hatwell, 1996). Тем не менее, осязание вносит свой вклад в ориентацию тела при микрогравитации. Визуально индуцированные иллюзии вращения тела усиливаются в космическом полете из-за нехватки тактильных контактов, но эти иллюзии можно ослабить, обеспечив давление на стопы ног с помощью пружинных ремней (bungee straps) (Young, Shelhamer, 1990). Показано, что давление на стопы космонавтов с помощью специальной обуви усиливает нейромышечную активацию и модифицирует ее фазические особенности при подъеме руки (Laune et al., 1998). Давление на руки также обеспечивает большую точность восприятия в космическом полете. Кроме этого, известно, что дайверы под водой могут уменьшить головокружение, связанное с изменением барометрического давления (alternobaric vertigo) – враждебную иллюзию, если ухватятся за скалу или иной неподвижный предмет (Ross, 2008).

Дальнейшее изучение роли тактильной чувствительности в космосе может оказаться тем более важным, что у людей подверженность реориентационным иллюзиям сохраняется даже при продолжительных полетах – возможно потому, что механизмы нашей ориентации и навигации приспособлены эволюцией в основном для двухмерных перемещений (Oman, 2007).

Фундаментальное значение имеют исследования и сбор информации по адаптивному поведению в необычных условиях. Рассмотренные с точки зрения возможных преадаптаций, такие данные могут пролить свет на эволюционный потенциал представителей разных видов, на «нащупывание» путей и закономерностей эволюции.

Финансирование

Исследование поддержано грантом РФНФ, проект № 14-06-00669а.



Литература

- Гулимова В. И., Никитин В. Б., Барабанов В. М., Савельев С. В. Адаптация толстопалых гекконов к условиям орбитального эксперимента на спутниках серии «Фотон»: Материалы докладов IX конгресса МАМ // Морфология. 2008. Т. 133. № 2. С. 37.
- Леонтьев А. Н. Деятельность, сознание, личность. М.: Политиздат. 1975. 304 с.
- Никитин В. Б., Гулимова В. И., Макаров А. Н. и др. Толстопалый геккон (*Pachydactylus turneri*) – новый объект для исследований космических экосистем // Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию Астраханского государственного университета «Экология биосистем: проблемы изучения, индикации и прогнозирования». Астрахань: Изд. дом «Астраханский университет», 2007. Ч. 2. С. 265–266.
- Никитин В. Б., Гулимова В. И., Харламова А. С. и др. Ящерицы как объект космических исследований и потенциальный компонент орбитальных экосистем // Тезисы докладов международной конференции SPREXP 2008 «Научные и технологические эксперименты на автоматических космических аппаратах и малых спутниках». Самара, Издательство СНЦ РАН, 2008. С. 133.
- Ступаков Г. П., Воложин А. И., Корженяниц В. А. и др. Влияние факторов длительного космического полета на состояние скелета черепах // Патологическая физиология и экспериментальная терапия. 1979. № 6. С. 9–14.
- Тхостов А. Ш. Психология телесности. М.: Смысл. 2002. 287 с.
- Almeida E.A.C., Roden C., Phillips J.A. et al. Development of the gecko (*Pachydactylus turneri*) animal model during Foton M-2 to study comparative effects of microgravity in terrestrial and aquatic organisms // Journal of Gravitational Physiology. 2006. Vol. 13. № 1. P. 193–196.
- Fowler B., Comfort D., Bock O. A review of cognitive and perceptual-motor performance in space // Aviation, Space and Environmental Medicine. 2000. Vol. 71. № 9. Section 11. P. 66–68.
- Gentz E., Hatwell Y. Role of gravitational cues in the haptic perception of orientation // Perception and Psychophysics. 1996. № 58. P. 1278–1292.
- Gulimova V.I., Nikitin V.B., Asadchikov V.E. et al. Effect of 16-day spaceflight on the morphology of thick-toed geckos (*Pachydactylus turneri* Gray, 1846) // J. Gravitational Physiology. 2006. Vol. 13. № 1. P. 197–200.
- Gulimova V.I., Nikitin V.B., Barabanov V.M., Saveliev S.V. Olfactory organs of thick-toed geckos after 16-day spaceflight // Conference on Mission to Mars: African Perspective Subtheme on Brain Neuroplasticity, October 22-23, 2007. Book of abstracts. Owerri, Nigeria, 2007. P. 27.
- Layne C.S., Mulavara A.P., Pruett C.J. et al. The use of in-flight foot pressure as a countermeasure to neuromuscular degradation // Acta Astronautica 1998. Vol. 42. № 1–8. P. 231–246.
- Mori S. Disorientation of animals in microgravity // Nagoya J. Med. Sci. 1995. № 58. P. 71–81.
- Nikitin V., Gulimova V., Asadchikov V. et al. African reptile *Pachydactylus turneri* Gray, 1864 as a model object for the study of mineral metabolism in microgravity // Conference on Mission to Mars: African Perspective Subtheme on Brain Neuroplasticity October 22-23, 2007. Book of abstracts. Owerri, Nigeria. 2007. P. 26.
- Nikitin V.B., Proshchina A.E., Saveliev S.V. Comparative studies of the thick-toed geckoes after the 16 and 12 days spaceflights in “Foton-M” experiments // Journal of Gravitational Physiology. 2008. Vol. 15. № 1. P. 285–288.
- Oman C. Spatial Orientation and Navigation in Microgravity // Spatial Processing in Navigation, Imagery and Perception / Eds. F. Mast and L. Jancke. N.Y.: Springer, 2007. P. 209–247.
- Ross H.E. Haptic perception in space travel // Human Haptic Perception: Basics and Applications / Ed. G. M. Birkhauser. Basel-Boston-Berlin: Verlag, 2008. P. 273–280.
- Sutulov L.S., Kulkin S.G., Saxonov J.L. et al. Post-flight histological analysis of turtles aboard Zond 7 // Life Sci Space Res. 1971. № 9. P. 125–128.
- Warren W.C., Hillier L.W., Marshall Graves J.A. et al. Genome analysis of the platypus reveals unique signatures of evolution // Nature. 2008. № 453. P. 175–183. <http://www.nature.com/nature/journal/v453/>



n7192/full/nature06936.html - a13

Wassersug R., Izumi-Kurotani A. The behavioral reactions of a snake and a turtle to abrupt decreases in gravity // *Zoolog. Sci.* 1993. Vol. 10. P. 505–509.

Wassersug R.J., Roberts L., Gimian J., Hughes E., Saunders R., Devison D., Woodbury J., O'Reilly J.C. The behavioral responses of amphibians and reptiles to microgravity on parabolic flights // *Zoology (Jena)*. 2005. Vol. 108. № 2. P. 107–120.

Young L.R., Shelhamer M. Microgravity enhances the relative contribution of visually induced motion sensation // *Aviation, Space, and Environmental Medicine*. 1990. Vol. 61. P. 525–530.

PECULIAR FEATURES OF THE ADAPTIVE BEHAVIOR OF THICK-TOED GECKOS IN THE ORBITAL SPACEFLIGHT EXPERIMENT

KHVATOV I.A. *, *Moscow University for the Humanities, Moscow, Russia*,
e-mail: ittkrot1@gmail.com

GULIMOVA V.I. **, *Institute of Human Morphology, Russian Academy of Medical Sciences, Moscow, Russia*,
e-mail: gulimova@yandex.ru

BARABANOV V.M. ***, *Institute of Human Morphology, Russian Academy of Medical Sciences, Moscow, Russia*,
e-mail: barabanov6@rambler.ru

SOKOLOV A. YU. ****, *Living Earth Laboratory and Studio, Moscow, Russia*,
e-mail: apophis-king@mail.ru

SAVELIEV S. V. *****, *Institute of Human Morphology, Russian Academy of Medical Sciences, Moscow, Russia*,
e-mail: embrains@hotmail.com

KHARITONOV A. N. *****, *Institute of Psychology, Russian Academy of Sciences, MCUPE, Moscow, Russia*,
e-mail: ankhome47@list.ru

Peculiar features of locomotion of thick-toed geckos as model object of adaptive behavior in weightlessness were studied under the conditions of orbital space flight. A comparison of geckos' head and feet movements in the flight group with those in the control group reveals the specific role of the paw

For citation:

Khvatov I.A., Gulimova V.I., Barabanov V.M., Sokolov A. Yu., Saveliev S. V., Kharitonov A.N. Peculiar features of the adaptive behavior of thick-toed geckos in the orbital spaceflight experiment. *Экспериментальная психология = Experimental psychology (Russia)*, 2014, vol. 7, no. 3, pp. 44–56 (in Russ., abstr. in Engl.).

* *Khvatov I.A.* Cand. Sci. in Psychology, Associate Professor, Department of General Psychology and History of Psychology, Moscow University for the Humanities, Moscow, Russia. E-mail: ittkrot1@gmail.com

** *Gulimova V.I.* Cand. Sci. in Biology, Senior Researcher, FSBI Institute of Human Morphology, RAMS, Moscow, Russia. E-mail: gulimova@yandex.ru

*** *Barabanov V.M.* Cand. Sci. in Biology, Leading Research Associate, Institute of Human Morphology, RAMS, Moscow, Russia. E-mail: barabanov6@rambler.ru

**** *Sokolov A. Yu.* Cand. Sci. in Biology, Senior Research Associate, Living Earth Laboratory and Studio, Moscow, Russia. E-mail: apophis-king@mail.ru

***** *Saveliev S. V.* Dr. Sci. in Biology, Professor, Head of the Laboratory of Nervous System Development, Institute of Human Morphology, RAMS, Moscow, Russia. E-mail: embrains@hotmail.com

***** *Kharitonov A. N.* Cand. Sci. in Psychology, Research Associate, Institute of Psychology, RAS, Senior Research Associate, MCUPE, Moscow, Russia. E-mail: ankhome47@list.ru



adhesion-type contact to the surfaces (“sticking”) that characterizes the contribution of tactile sensitivity into adaptation to microgravity conditions.

Keywords: thick-toed gecko, tactile sensitivity, motor activity, adaptive behavior, microgravity, orbital experiment

Funding

The study was supported by a grant from the Russian Foundation for Humanities, project No. 14-06-00669a.

References

- Almeida E. A. C., Roden C., Phillips J. A., Yusuf R., Globus R. K., Searby N., Vercoutere W., Fowler B., Comfort D., Bock O. A review of cognitive and perceptual-motor performance in space. *Aviation, Space and Environmental Medicine*. 2000, vol. 71, no. 9, Section 11, pp. 66–68.
- Gentz E., Hatwell Y. Role of gravitational cues in the haptic perception of orientation. *Perception and Psychophysics*, 1996, no. 58, pp. 1278–1292.
- Gulimova V. I., Nikitin V. B., Asadchikov V. E., Buzmakov A. V., Okshtein I. L., Almeida E. A. C., Ilyin E. A., Tairbekov M. G., Saveliev S. V. Effect of 16-day spaceflight on the morphology of thick-toed geckos (*Pachydactylus turneri* Gray, 1846). *J. Gravitational Physiology*, 2006, vol. 13, no. 1, pp. 197–200.
- Gulimova V. I., Nikitin V. B., Barabanov V. M., Saveliev S. V. Adaptatsiya tolstopalykh gekkonov k usloviyam orbital'nogo eksperimenta na sputnikakh serii “Foton” [Adaptation of thick-toed geckos to the conditions of orbital experiment aboard the “Foton” satellites]. *Proceedings of the IX Congress of MAM. Morphology*, 2008, vol. 133, no. 2, p. 37. (In Russian).
- Gulimova V. I., Nikitin V. B., Barabanov V. M., Saveliev S. V. Olfactory organs of thick-toed geckos after 16-day spaceflight. *Conference on Mission to Mars: African Perspective Subtheme on Brain Neuroplasticity, October 22-23, 2007. Book of abstracts*. Owerri, Nigeria, 2007, p. 27.
- Layne C. S., Mulavara A. P., Pruett C. J., McDonald P. V., Kozlovskaya I. B., Bloomberg J. J. The use of in-flight foot pressure as a countermeasure to neuromuscular degradation. *Acta Astronaut.*, 1998, vol. 42, no. 1–8, pp. 231–246.
- Leontiev A. N. *Deyatel'nost', soznaniye, lichnost'* [Activity, consciousness, personality]. Moscow, Politizdat, 1975 (in Russian). 304 p.
- Morey-Holton E., Gulimova V., Saveliev S., Tairbekov M., Iwaniec U. T., McNamra A. J., Turner R. T. Development of the gecko (*Pachydactylus turneri*) animal model during Foton M-2 to study comparative effects of microgravity in terrestrial and aquatic organisms. *Journal of Gravitational Physiology*, 2006, vol. 13, no. 1, pp. 193–196.
- Mori S. Disorientation of animals in microgravity. *Nagoya J. Med. Sci.*, 1995, no. 58, pp. 71–81.
- Nikitin V. B., Gulimova V. I., Kharlamova A. S., Okshtein I. L., Saveliev S. V. Yashcheritsy kak ob'ekt kosmicheskikh issledovaniy i potentsial'nyi komponent orbital'nykh ekosistem [Lizards as an object of spaceflight studies and a potential component of the orbital of ecosystems]. *Abstracts of International Conference SPEXP-2008 Scientific and technological experiments on unmanned space vehicles and small satellites*. Samara, 2008, p. 133 (in Russian).
- Nikitin V. B., Gulimova V. I., Makarov A. N., Krivova Yu. S., Saveliev S. V. Tolstopalyi gekkon (*Pachydactylus turneri*) – novyi ob'ekt dlya issledovaniya kosmicheskikh ekosistem [Thick-toed gecko (*Pachydactylus turneri*) as a new object for studies in spaceflight ecosystems]. *Proceedings of the International Scientific-Practical Conference “Ecology of biological systems: problems in the study, indicating and forecasting”*



dedicated to the 75th anniversary of Astrakhan State University. Astrakhan University Publ., 2007, vol. 2, pp. 265–266 (in Russian).

Nikitin V.B., Proshchina A.E., Kharlamova A.S., Barabanov V.M., Krivova J.S., Godovalova O.S., Savelieva E.S., Makarov A.N., Gulimova V.I., Okshtein I.L., Naidenko S.V., Souza K.A., Almeida E.A.C., Ilyin E.A., Saveliev S.V. Comparative studies of the thick-toed geckoes after the 16 and 12 days spaceflights in “Foton-M” experiments. *Journal of Gravitational Physiology*, 2008, vol. 15, no. 1, pp. 285–288.

Nikitin V., Gulimova V., Asadchikov V., Buzmakov A., Saveliev S. African reptile *Pachydactylus turneri* Gray, 1864 as a model object for the study of mineral metabolism in microgravity. *Conference on Mission to Mars: African Perspective Subtheme on Brain Neuroplasticity October 22-23, 2007. Book of abstracts.* Owerri, Nigeria, 2007, p. 26.

Oman C. Spatial Orientation and Navigation in Microgravity. In F. Mast and L. Jancke (eds.), *Spatial Processing in Navigation, Imagery and Perception*. Springer, N. Y., 2007, pp. 209–247.

Ross H.E. Haptic perception in space travel. In G. M. Birkhauser (ed.), *Human Haptic Perception: Basics and Applications*. Verlag, Basel-Boston-Berlin, 2008, pp. 273–280.

Stupakov G.P., Volozhin A.I., Korzhenyants V.A., Yagodovskii V.S., Polyakov A.N., Korolev V.V., Elivanov V.A. Vliyanie faktorov dlitel'nogo kosmicheskogo poleta na sostoyanie skeleta cherepakh [Influence of long space flight factors on skeletal status in turtles]. *Patologicheskaya fiziologiya i eksperimental'naya terapiya [Pathological physiology and experimental therapy]*, 1979, no. 6, pp. 9–14 (in Russian).

Sutulov L.S., Kulkin S.G., Saxonov J.L., Sutulov J.L., Konnova N.I., Trushina L.V., Severgina E.S., Samsonova L.L., Sonina S.N., Selivanova T.V., Solovyev V.I. Post-flight histological analysis of turtles aboard Zond 7. *Life Sci Space Res.*, 1971, no. 9, pp. 125–128.

Tkhostov A.S. *Psikhologiya telesnosti [Psychology of corporeality]*. Moscow, Smysl, 2002 (In Russian). 287 p.

Warren W.C., Hillier L.W., Marshall Graves J.A., Birney E., Ponting C.P., Grützner F., Belov K., Miller W., Clarke L., Chinwalla A.T., Yang S., Heger A., Locke D.P., Miethke P., Waters P.D., Veyrunes F., Fulton L., Fulton B., Graves T., Wallis J., Puente X.S., López-Otín C., Ordonez G.R., Eichler E.E., Chen L., Cheng Z., Deakin J.E., Alsop A., Thompson K., Kirb Y.P., Papenfuss A.T., Wakefield M.J., Olender T., Lancet D., Huttley G.A., Smit A.F.A., Pask A., Temple-Smith P., Batzer M.A., Walker J.A., Konkel M.K., Harris R.S., Whittington C.M., Wong E.S.W., Gemmell N.J., Buschiazzi E., Jentsch I.M.V., Merkel A., Schmitz J., Zemann A., Churakov G., Kriegs J.O., Brosius J., Murchison E.P., Sachidanandam R., Smith C., Hannon G.J., Tseng-Ayush E., McMillan D., Attenborough R., Rens W., Ferguson-Smith M., Lefevre C.M., Sharp J.A., Nicholas K.R., Ray D.A., Kube M., Reinhardt R., Pringle T.H., Taylor J., Jones R.C., Nixon B., Dacheux J., Niwa H., Sekita Y., Huang X., Stark A., Kheradpour P., Kellis M., Flicek P., Chen Y., Webber C., Hardison R., Nelson J., Hallsworth-Pepin K., Delehaunty K., Markovic C., Minx P., Feng Y., Kremitzki C., Mitreva M., Glasscock J., Wylie T., Wohldmann P., Thiru P., Nhan M.N., Pohl C.S., Smith S.M., Hou S., Renfree M.B., Mardis E.R., & Wilson, R.K. Genome analysis of the platypus reveals unique signatures of evolution. *Nature*, 2008, no. 453, pp. 175–183. <http://www.nature.com/nature/journal/v453/n7192/full/nature06936.html> - a13

Wassersug R., Izumi-Kurotani A. The behavioral reactions of a snake and a turtle to abrupt decreases in gravity. *Zoolog. Sci.*, 1993, vol. 10, pp. 505–509.

Wassersug R.J., Roberts L., Gimian J., Hughes E., Saunders R., Devison D., Woodbury J., O'Reilly J.C. The behavioral responses of amphibians and reptiles to microgravity on parabolic flights. *Zoology (Jena)*, 2005, vol. 108, no. 2, pp. 107–120.

Young L.R., Shelhamer M. Microgravity enhances the relative contribution of visually induced motion sensation. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 1990, vol. 61, pp. 525–530.