

УДК: 599.324.11:616-092.4:616-006.6

## ГОЛЫЕ ЗЕМЛЕКОПЫ КАК МОДЕЛЬНЫЙ ОБЪЕКТ БИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Султанов Л.В., Брылева С.В., Салова А. Ю.

ФГБОУ ВО ВолгГМУ Минздрава Российской Федерации — Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, направление подготовки «Биология», Россия, Волгоград, e-mail: [vladislavovich24@yandex.ru](mailto:vladislavovich24@yandex.ru)

**Аннотация:** В этой статье мы рассмотрели важные особенности строения голых землекопов. Узнали ареал их обитания и особенности колониального устройства их жизни. На основании многочисленных исследований выяснили, как землекопы избегают онкологических заболеваний. Выявили принципиальные различия в работе организма землекопов и человека.

**Ключевые слова:** голый землекоп, модель, онкология, старение, неотения.

## NAKED MOLE RAT AS AN MODEL OBJECT OF BIOLOGICAL RESEARCH

Sultanov L.V., Bryleva S.V., Salova A. Yu.

FSBEI HE VolgSMU Of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation — Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Volgograd State Medical University» Of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, direction of preparation «Biology», Russia, Volgograd, email: [vladislavovich24@yandex.ru](mailto:vladislavovich24@yandex.ru)

**Abstract:** In this article we have considered important features of the structure of naked mole rat. We learned their habitat and the peculiarities of the colonial structure of their life. Based on numerous studies, we found out how mole rat avoids oncological diseases. We have revealed fundamental differences in the work of the body of mole rat and human.

**Keywords:** naked mole rat, model, oncology, aging, neoteny.

Объектом данной работы является организм, относящийся к следующим таксономическим группам:

**Вид:** Землекоп голый

(*Heterocephalus glaber*)

**Род:** Землекопы

(Heterocephalus)

**Семейство:** Землекоповые

(Bathyergidae)

**Отряд:** Землекопообразные

(Bathyergomorpha)

**Подотряд:** Дикобразообразные

(Hystriognatha)

**Порядок:** Грызуны

(Rodentia)

***Внешний вид:***

Маленькие грызуны размерами туловища до 10 см, а хвоста — 3—4 см и весом в районе 35 граммов у самцов и 50-80 граммов у самок. Волосяной покров на теле практически отсутствует. Густые волосы можно найти только между пальцами лап, что увеличивает их поверхность и помогает зверёнышам копать. Их конечности весьма короткие и тонкие. Массивные зубы с задней стороны спрятаны выростами губ, в следствие чего земля во время копания не поступает в ротовую полость. В районе 25% их мышечной массы приходится на челюстные мышцы. Кожа голая и складчатая, розоватая или желтоватая.

Глаза очень маленькие — 0,5 мм, зрение плохое. Органы слуха редуцированы, однако слух остаётся острым. Обоняние развито хорошо, состоит из 2 систем: одна для добычи пищи и опознавания сородичей. Еще голые землекопы имеют и развитое осязание — их морды и хвосты покрывают вибриссы, позволяющие землекопам легко продвигаться через туннели как вперёд головой, так и вперёд хвостом.

У голых землекопов часто встречается асимметрия тела. Так, у самок часто вместо 12 имеется лишь 11 сосков — 5 с одной стороны тела и 6 с другой. Данная асимметрия, по предположениям ученых, является следствием продолжительного инбридинга. [1]

***Обитание:***

Голый землекоп проживает в сухих саваннах и полупустынях Кении, Эфиопии и Сомали. Эти скрытные копающие зверьки, которые в основном питаются подземными элементами растений, в том числе сочными клубнями и луковицами растений. В чистом виде воду они не пьют; жидкость попадает в организм вместе с едой. Пищу запасают в подземных кладовых.

Голые землекопы стараются жить колониями до 80 особей, хотя нередки случаи, когда колонии достигали размеров до 290 особей. Максимальный размер туннелей, занимаемых одной колонией, может достигать до 5 км, а ежегодные выбросы земли при перерывании туннелей могут составлять более 3 т. В основном, диаметр туннеля — 4 см; лежат на глубине примерно 2 м, и соединяют гнездовые камеры и кормовые площади. На поверхность землекопы стараются не выходить. [3]

### ***Питание:***

Основной пищей землекопов являются сочные клубни геофитов. Так же, как и термиты, голые землекопы переваривают целлюлозу при помощи микроорганизмов, находящихся у них в кишечнике, И, подобно термитам, выделяют кал в форме комочков 2-ух разных видов: одни хранятся в особом месте, служащим уборной, а другие поедают самки и детеныши. Эти мягкие фекальные комки весьма питательны, а также, богаты микроорганизмами, нормализующими пищеварение.

### ***Социальная организация:***

Голых землекопов считают эусоциальными животными, что значит то, что они обладают превосходным уровнем социальной организации, а их устроение жизни схоже с муравьями или пчелами. Подземные колонии этих грызунов в основном ограничиваются 80 особями, хотя могут достигать и пары сотен. Количество животных напрямую зависит от достатка питания в месте их обитания.

Землекопы, проживающие в пределах одной колонии, считаются родственниками. Главой их поселений является единственная самка-производительница, которую прозвали маткой или королевой. Процесс размножения у королевы может проходить сразу с несколькими самцами, остальные особи колонии относятся к рабочим, в репродуктивном процессе они участие не принимают. Среди рабочих выделяют строителей, разведчиков, солдат, нянек и др.

### ***Интерес для науки:***

1. Замедленное старение. Смертность землекопов не увеличивается в процессе старения.
2. Долгожительство. Жизнь голого землекопа длится в разы больше, чем у остальных грызунов. Иногда, разница может достигать чуть ли не 10 лет.
3. Эусоциальность: данные животные живут большими колониями.
4. Высокая устойчивость к раку.
5. Отсутствие чувствительности ко многим распространенным видам боли. Например, животные не страдают от термического ожога или воздействия кислотой.
6. Нечувствительность к гипоксии: землекоп сможет жить без кислорода вплоть до 20 минут.
7. Неотения, то есть сохранение многих детских признаков во взрослом возрасте. [4]

### ***Достижения в исследованиях:***

Группа российских учёных под руководством Вадима Гладышева в 2011 году первыми полностью секвенировали геном голого землекопа. (60 хромосом).

С тех пор ведутся работы по выявлению уникальных генетических особенностях этих животных, придающих им такие интересные свойства.

Например, голые землекопы являются единственными известными «хладнокровными» млекопитающими. Это связано с особенностями гена UCP1, который отвечает за терморегуляцию. Считается, что так экономится энергия, а метаболизм сильно замедляется, что так же способствует долгожительству. Стоит отметить, что были найдены такие важные особенности как отсутствие части регуляторной области гена, кодирующего нейропептид P, который играет ключевую роль в ощущении некоторых видов боли; изменения в генах, важных для зрения и образования волосяного покрова. У грызунов выявлено свыше 96 групп уникальных генов, которые и обуславливают особенности этого млекопитающего. С возрастом гены не меняют режима экспрессии, а некоторые даже наоборот увеличивают экспрессию с возрастом.

Нейропептид отвечающий за ощущение боли и зуда не синтезируется в коже, хотя ген присутствует.

При попытках моделирования канцерогенеза получили практически 100% отрицательный результат. Это говорит об очень сильном противоонкологическом иммунитете. Механизмы его изучаются. [2]

### ***Признаки неотении:***

Существенные черты голых землекопов - мелкие размеры и отсутствие волосяного покрова, а также ушных раковин. Детеныши тоже рождаются безволосыми, но такими всю жизнь.

Иные интересные черты обнаруживаются на молекулярном и клеточном уровнях. Нейроны, содержащие в головном мозге у землекопов, устойчивы к аноксии. Такая черта типична для новорожденных млекопитающих (она помогает не задохнуться во время родов), но с возрастом утрачивается. Эта особенность связана с повышенной экспрессией гена, кодирующего одну из субъединиц глутаматного рецептора (GluN2D). У этих зверьков его экспрессия остается высокой всю жизнь, а у детёнышей быстро снижается с возрастом. Мозг голых землекопов оснащён множеством детских и эмбриональных признаков, что говорит об устойчивости голых землекопов к «старческим» нейродегенеративным процессам.

О замедленном развитии говорят такие признаки, как долгая беременность (66–84 дней против 20 дней у мыши), а также позднее наступление полового созревания. Самки мышей начинают плодиться в полуторамесячном возрасте, а самки голых землекопов – самое раннее в 7,5 месяцев, а обычно позже (вплоть до 16 лет). Такая черта зависит от того, когда самка голого землекопа станет «королевой» (маткой). Фертильность у большинства млекопитающих максимальна в начале взрослой жизни и с возрастом снижается, а тем временем плодовитость у голых землекопов – растёт.

Уровень важнейшего антиоксидантного фермента митохондрий, супероксиддисмутазы 2, у мышей снижается с возрастом, а у голых землекопов – нет. Это справедливо и для других ферментов с подобными функциями (супероксиддисмутаза 1, каталаза). Более того, у голых землекопов, в отличие от других млекопитающих, с возрастом не растёт уровень свободных радикалов в митохондриях. Клетки этих зверьков более устойчивы к оксидантам, таким как H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Все это может быть связано с задержкой старения.

У голых землекопов имеет ещё одна интересная черта – слабая способность к поддержанию постоянной температуры тела, это также характерно для новорожденных млекопитающих. Признаки замедленного развития отмечены также в строении легких, костей, кровеносных сосудов, митохондрий скелетных мышц.

До недавнего времени до конца было не ясно, каким же образом этому зверёнку удаётся избегать такого тяжелого и ужасного заболевания, как рак.

В 2013 году группа российских генетиков из Университета Рочестера, Вера Горбунова и Андрей Селуянов, вместе с их коллегами сделали феноменальное открытие - в клетках соединительной ткани голого землекопа, фибробластах, высокое содержание гиалуроновой кислоты. Оказалось, что в клетках человека в 5 раз меньше данного вещества, чем у голого землекопа. Гиалуроновая кислота большой молекулярной массы накапливалась в огромных количествах в тканях голого землекопа из-за того, что ферменты, которые должны были не разрушать были подавлены. А фермент, синтезирующий эту кислоту, гиалуронансинтаза-2 (HAS2), наоборот, демонстрировал у землекопов повышенную активность.

Выяснилось, что гиалуронаны человека и голого землекопа из-за разницы в молекулярной массе проявляют разное воздействие на организм. Оказалось, что крупные гиалуронаны голого землекопа подавляют процессы клеточного деления и воспаления, что препятствует возникновению онкологических заболеваний.

Нахождение гиалуроновой кислоты в тканях грызуна объяснило сверх устойчивость этих грызунов к воздействию активных форм кислорода (АФК). АФК вырабатываются среди множества организмов как побочный продукт использования кислорода и при высоких концентрациях могут вредить клеточные мембраны и ДНК, убивая клетку. [2]

### ***Особенности содержания:***

Голые землекопы довольно чувствительны к условиям обитания.

1. Важно поддерживать нужную температуру, т.к. процесс терморегуляции отсутствует
2. Проживают они в колониях
3. В России используют аналог пищи для землекопов - чертополох. Также они питаются различными овощами и фруктами.
4. Особенностью их среды обитания является повышенное содержание CO<sub>2</sub>
5. Загон в виде системы нор.
6. Место хранения должно быть идеально ровным, чтобы не за что было зацепиться.
7. опыты проводятся строго над специальными колониями
8. Для манипуляций может использоваться красное освещение, но землекопы должны проживать в темноте.
9. Грызуны должны сами строить жилище, поэтому нужно обеспечить их необходимыми материалами

**Список литературы :**

1. Гольй землекоп *Heterocephalus glaber* // Зоогалактика URL: <https://zoogalaktika.ru/photos/mammalia/rodentia/heterocephalus-glaber> (дата обращения: 13.01.2023).
2. Гольй землекоп: животное, которое не стареет // Элементы URL: [https://elementy.ru/nauchno-populyarnaya\\_biblioteka/433121/Golyy\\_zemlekor\\_zhivotnoe\\_kotoroe\\_ne\\_stareet](https://elementy.ru/nauchno-populyarnaya_biblioteka/433121/Golyy_zemlekor_zhivotnoe_kotoroe_ne_stareet) (дата обращения: 13.01.2023).
3. Гольй землекоп // Zoo-ekzo URL: <https://www.zoo-ekzo.com/node/5335> (дата обращения: 12.01.2023).
4. Wilson, E. O. Sociobiology: The New Synthesis. - Cambridge: The Belknap Press of Harvard University Press, 1975. - 663 с.
5. Xiao Tian X., Jorge Azpurua J., Christopher Hine C. [et. al.] High-molecular-mass hyaluronan mediates the cancer resistance of the naked mole rat // Nature. - 2013. - №499. - С. 346–349.