



Check for updates

Экспериментальные статьи

УДК 612.1/.8

EDN AXQCKZ

<https://doi.org/10.33910/2687-1270-2024-5-1-94-103>

Устойчивые сочетания поведенческих актов у высокоэнтропийных и низкоэнтропийных крыс в процессе адаптации к условиям «открытого поля»

И. В. Червова ^{✉1}, И. И. Шахматов ¹, Л. Е. Обухова ¹, Ю. А. Бондарчук ¹

¹ Алтайский государственный медицинский университет, 656038, Россия, г. Барнаул, пр. Ленина, д. 40

Сведения об авторах

Ирина Васильевна Червова, SPIN-код: 8384-9056, ResearcherID: ICD-4772-2023, ORCID: 0000-0002-0075-2777, e-mail: i021172@yandex.ru

Игорь Ильич Шахматов, SPIN-код: 1574-4980, Scopus AuthorID: 6506703217, ResearcherID: B-4688-2019, ORCID: 0000-0002-0979-8560, e-mail: iish59@yandex.ru

Лариса Евстигнеевна Обухова, SPIN-код: 1391-7675, Scopus AuthorID: 57191927675, ResearcherID: JCN-6285-2023, ORCID: 0000-0001-7569-7656, e-mail: lirisse@yandex.ru

Юлия Алексеевна Бондарчук, SPIN-код: 2332-4170, Scopus AuthorID: 57191927675, ResearcherID: JCO-1270-2023, ORCID: 0000-0002-2661-5965, e-mail: bondarchuk2606@yandex.ru

Для цитирования: Червова, И. В., Шахматов, И. И., Обухова, Л. Е., Бондарчук, Ю. А. (2024) Устойчивые сочетания поведенческих актов у высокоэнтропийных и низкоэнтропийных крыс в процессе адаптации к условиям «открытого поля». *Интегративная физиология*, т. 5, № 1, с. 94–103. <https://doi.org/10.33910/2687-1270-2024-5-1-94-103>
EDN AXQCKZ

Получена 4 сентября 2023; прошла рецензирование 2 февраля 2024; принята 10 февраля 2024.

Финансирование: Исследование осуществлено при финансовой поддержке ООО фирмы «Технология-Стандарт» (г. Барнаул).

Права: © И. В. Червова, И. И. Шахматов, Л. Е. Обухова, Ю. А. Бондарчук (2024). Опубликовано Российским государственным педагогическим университетом им. А. И. Герцена. Открытый доступ на условиях [лицензии CC BY-NC 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

Аннотация. Работа посвящена изучению процессов поведенческой адаптации животных как элементу копинг-стратегии. Исследовательское поведение имеет определенную структуру, предполагающую наиболее эффективный сценарий адаптации животного к стрессогенной ситуации, создаваемой в искусственных условиях эксперимента (открытое поле). Энтропия поведения как мера упорядоченности или неупорядоченности поведения в «открытом поле» предполагает различные варианты присутствия и чередования поведенческих актов. Поведенческие акты «локомоция» и «неподвижность» имеют специфический характер динамики включения в поведенческий сценарий у низкоэнтропийных и высокоэнтропийных животных. Учет отдельно взятых поведенческих актов не является достаточным критерием для определения особенностей существующих в конкретно заданной популяции животных определенных копинг-стратегий. Для этого необходимо учитывать конкретные сочетания поведенческих актов в ходе экспериментальных серий. Такой устойчивой вариативной группой является сочетание некоторых поведенческих актов относительно друг друга. Вариации между поведенческими актами «груминг» и «обнюхивание» с другими актами, включенными в анализ поведения в соответствии с методикой И. Ю. Забродина, приобретают различный вид у животных, включенных в группы, различающиеся по показателю энтропии. Исследование вероятностного присутствия тех или иных поведенческих актов у крыс, отличающихся по показателю энтропии поведения, показывает наличие поведенческих диад, маркеров, характерных для высокоэнтропийных или низкоэнтропийных животных.

Ключевые слова: открытое поле, поведенческая адаптация, паттерны поведения, крысы, энтропия поведения, копинг-стратегии

Stable combinations of behavioral acts in high- and low-entropy rats during adaptation to the 'open field'

I. V. Chervova ^{✉1}, I. I. Shakhmatov ¹, L. E. Obukhova ¹, Yu. A. Bondarchuk ¹

¹ Altai State Medical University, 40 Lenin Ave., Barnaul 656038, Russia

Authors

Irina V. Chervova, SPIN: 8384-9056, ResearcherID: JCD-4772-2023, ORCID: 0000-0002-0075-2777, e-mail: i021172@yandex.ru

Igor I. Shakhmatov, SPIN: 1574-4980, Scopus AuthorID: 6506703217, ResearcherID: B-4688-2019, ORCID: 0000-0002-0979-8560, e-mail: iish59@yandex.ru

Larisa E. Obukhova, SPIN: 1391-7675, Scopus AuthorID: 57191927675, ResearcherID: JCN-6285-2023, ORCID: 0000-0001-7569-7656, e-mail: lirisise@yandex.ru

Yulia A. Bondarchuk, SPIN: 2332-4170, Scopus AuthorID: 57216651382, ResearcherID: JCO-1270-2023, ORCID: 0000-0002-2661-5965, e-mail: bondarchuk2606@yandex.ru

For citation: Chervova, I. V., Shakhmatov, I. I., Obukhova, L. E., Bondarchuk, Yu. A. (2024) Stable combinations of behavioral acts in high- and low-entropy rats during adaptation to the 'open field'. *Integrative Physiology*, vol. 5, no. 1, pp. 94–103. <https://doi.org/10.33910/2687-1270-2024-5-1-94-103> EDN AXQCKZ

Received 4 September 2023; reviewed 2 February 2024; accepted 10 February 2024.

Funding: The study was carried out with the financial support of LLC firm *Technologiya-Standart* (Barnaul).

Copyright: © I. V. Chervova, I. I. Shakhmatov, L. E. Obukhova, Yu. A. Bondarchuk (2024). Published by Herzen State Pedagogical University of Russia. Open access under [CC BY-NC License 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

Abstract. This work is devoted to the study of behavioral adaptation in animals as an element of the coping strategy. Our research followed a certain pattern which involved the most effective scenario for the animal's adaptation to stress artificially generated in experimental conditions ('open field'). The entropy of behavior, as a measure of the order or disorder of behavior in the 'open field', implies various options of the presence and alternation of behavioral acts. In particular, 'locomotion' and 'immobility' have specific dynamics of inclusion in the behavioral scenario in low- and high-entropy animals. Considering individual behavioral acts is not sufficient to determine the characteristics of specific coping strategies in a given animal population. To do this, we should factor in specific combinations of behavioral acts during experimental series. Such a stable variable group is a relative combination of a number of behavioral acts. Variations between such behavioral acts as 'grooming' and 'sniffing' along with other acts included in the analysis of behavior in accordance with I. Y. Zaborodin's methodology look different in animals included in groups that vary in entropy. The study of the probabilistic presence of certain behavioral acts in rats that differ in the entropy of behavior shows the presence of behavioral dyads — markers typical of high- or low-entropy animals.

Keywords: open field, behavioral adaptation, behavioral patterns, rats, entropy of behavior, coping strategies

Введение

Изучение процессов высшей нервной деятельности филогенетически развитых позвоночных животных сопряжено с наличием объективных затруднений в интерпретации результатов и необходимости соблюдения множества условий в организации эксперимента. Если человек, при всей сложности организации его мозга, может быть изучен комплексно, включая определение психологического, нейрофизиологического статуса текущих состояний и индивидуально-типологических особенностей, то интерпретация сведений и данных об особенностях функционирования центральной нервной системы (ЦНС) и высшей нервной деятельности (ВНД) животных исходит из детального анализа поведения. По И. П. Павлову (Гиппенрей-

тер 1988; Юдицкий и др. 2014), особенности ВНД животных могут быть определены с помощью демонстрируемых в ходе эксперимента вариаций проявляемых поведенческих актов. Ряд авторов соотносит характеристики ВНД со скоростью выработки условных рефлексов (Забродин и др. 1983), с характером протекающих вегетативных реакций (Маркель 1981). Поведение рассматривается как динамичная и генетически детерминированная система, целью которой является достижение адаптации к стресс-факторам среды (Беяков и др. 2022; Бережной и др. 2015; Кожемякина и др. 2016).

Вместе с тем можно отметить наличие методологических проблем изучения особенностей ВНД животных. Так, Р. Хайнд (Хайнд 1975) предполагает, что для описания поведения на практике применяются два основных подхода: учет

силы, амплитуды, организации физиологических реакций, систем организма и описание так называемого поискового поведения. Метод поискового поведения предполагает нахождение животного в стрессовой ситуации, в замкнутом пространстве с ярким освещением и необходимостью поиска выхода из круга (квадрата) (Калуев 2002). Это позволяет исследователю зафиксировать определенные типологически очерченные комплексы характеристик поведения животного.

Точное определение особенностей ВНД, проявляемых в ходе поведенческой адаптации, остается достаточно проблематичным, поскольку один и тот же поведенческий акт интерпретируется диаметрально противоположными эмоциональными и вегетативными состояниями субъекта (Забродин и др. 1983; Шекунова и др. 2013).

Важно понимать, что сам факт проявления двигательной активности — это общебиологическая особенность животных, связанная с необходимостью добывать пищу, проявление поисковой активности (копинг-стратегии), поэтому в отношении таких мелких млекопитающих, как крысы или мыши, эта двигательная детерминанта может быть связана и с высоким уровнем энергообмена. В связи с вышеизложенным интерпретировать «локомоцию», включая ее как аргумент в обоснование «высокоактивного» поведения, не имеет смысла без подкрепления сведениями, характеризующими работу других систем организма в ситуации стресса у изучаемого биологического вида. Акт «сидение» может, на первый взгляд, означать отсутствие каких-либо реакций и событий, но при детальном рассмотрении неподвижность — это реакция переключения от одного поведенческого акта к другому и вполне может быть активно проявлена у так называемых высокоактивных животных. Сидение может сопровождаться интенсивным вегетативным напряжением, поэтому Ю. А. Александровский трактует эту «пассивность» как диаметрально различные

состояния — от своеобразной защиты до депрессивноподобного состояния (Вальдман, Александровский 1987). Анализ включения в поведение животного тех или иных поведенческих актов, их частоты и вероятности сочетаний друг с другом — это следование фундаментальности в представлениях о поведении. Н. А. Бернштейн (Бернштейн 1990) определяет чередование актов как необходимость сочетания «локомоции» и афферентного синтеза.

В связи с этим целью настоящего исследования явилось изучение поведенческих паттернов, являющихся маркерами индивидуально-типологических особенностей ВНД, исходя из результатов определения энтропии поведения крыс по методике И. Ю. Забродина в тесте «открытого поля».

Материалы и методы

Эксперимент был проведен на 30 белых крысах-самцах линии Вистар, которых содержали в стандартных условиях вивария в соответствии с правилами содержания и ухода за лабораторными животными. Сессии определения показателя энтропии поведения (на протяжении четырех суток, ежедневно в течение пяти минут) проводили в утреннее время, в освещенном «открытом поле», в условиях, исключающих влияние дополнительных звуковых или визуальных стимулов. Животные были распределены на четыре группы, отличающиеся друг от друга по показателю энтропии поведения (табл. 1). Показатель «энтропии поведения» был рассчитан по формуле:

$$H = - \sum P_i \log_2 P_i - \sum P_{ij} \log_2 P_{ij} - \sum P_{ijk} \log_2 P_{ijk}$$

где H — показатель энтропии, P_i — вероятность появления i -го поведенческого акта; P_{ij} — вероятность появления i -го поведенческого акта за j -м состоянием; P_{ijk} — вероятность следования трех поведенческих актов друг за другом.

Табл. 1. Энтропия поведения крыс в открытом поле в течение экспериментальной серии

Группы животных / количество животных в группе	1/11	2/8	3/6	4/6
Показатель энтропии (E)	1,286 ± 0,098	1,173 ± 0,062	1,019 ± 0,054	0,771 ± 0,115
p-значение при α = 0,05	p < 0,001	p < 0,001	p < 0,001	p < 0,001

Table 1. Entropy of rat behavior in an open field during the experimental series

Animal groups / number of animals in a group	1/11	2/8	3/6	4/6
Entropy index (E)	1.286 ± 0.098	1.173 ± 0.062	1.019 ± 0.054	0.771 ± 0.115
p value at α = 0.05	p < 0.001	p < 0.001	p < 0.001	p < 0.001

Исходя из вероятности проявления тех или иных поведенческих актов (локомоция (движение животного по замкнутому периметру поля), обнюхивание, вертикальная стойка, груминг, неподвижность, движение на месте, норковый рефлекс, вертикальная стойка на стенку) определялась некая поведенческая системность. Автор методики (И. Ю. Забродин) соотносит показатель энтропии с индивидуально-типологическими особенностями ВНД. По полученным результатам в «высокоэнтропийную» группу определены 11 крыс (средний показатель энтропии поведения — 1,286), в «низкоэнтропийную» — 6 (0,771).

Результаты и обсуждение

Подробный анализ вероятностного проявления тех или иных поведенческих форм активности показал, что ряд актов имел преимущественную представленность в ходе экспериментальных серий. Так, вероятность проявления поведенческих актов «локомоция» (средние арифметические показатели представленности данного акта животных двух выделенных по показателю энтропии групп — 0,228/0,237, $\Delta = 0,089/0,105$), «обнюхивание» (0,169/0,159,

$\Delta = 0,078/0,063$), «вертикальная стойка на стенку» (0,19/0,27, $\Delta = 0,035886493/0,01030690$) существенно больше в сравнении с иными поведенческими актами, что показывает определенное их превалирование над другими формами поведения у всех групп животных. Однако показатель вероятности представленности данных поведенческих актов у низкоэнтропийных и высокоэнтропийных особей имел достоверные отличия. Предположительно это может быть связано с тем, что вероятность появления каждого элементарного поведенческого акта связана или упорядочена в соответствии с особой, свойственной каждой отдельной группе адаптивной стратегией к стрессовым условиям «открытого поля» (Забродин и др. 1983). По мнению И. Ю. Забродина, преобладание акта «локомоция» (к примеру, количество пересеченных квадратов) свидетельствует о наличии бедного поведенческого арсенала, когда животное перемещается, проявляя низкую адаптивность в заданных, стрессовых условиях. Это подтверждается полученными нами данными, поскольку и высокоэнтропийные, и низкоэнтропийные животные практически одинаково проявляли присутствие поведенческих актов «локомоция» (пересечение квадратов) и «сидение» (табл. 2).

Табл. 2. Показатели проявления актов «локомоция» и «сидение» в ходе эксперимента группами с высокой и низкой энтропией поведения

	Вероятность проявления акта «локомоция»	Вероятность проявления акта «сидение»
Группа животных с показателем высокой энтропии (H)	0,26 ± 0,006 при p < 0,05	0,056 ± 0,004 при p < 0,02
Группа животных с показателем низкой энтропии (H)	0,29 ± 0,007 при p < 0,05	0,034 ± 0,002 при p < 0,02

Table 2. Indicators of the manifestation of the acts of 'locomotion' and 'sitting' during the experiment with groups with high and low entropy of behavior

	Probability of 'locomotion'	Probability of 'sitting'
Group of animals with a high entropy index (H)	0.26 ± 0.006 at p < 0.05	0.056 ± 0.004 at p < 0.02
Group of animals with a low entropy index (H)	0.29 ± 0.007 at p < 0.05	0.034 ± 0.002 at p < 0.02

Таким образом, и «богатый», и «бедный» поведенческий арсенал включал присутствие двигательных актов, обязательных для поведенческой адаптации данного биологического вида, определявших копинг-стратегию, а не частные особенности ВНД. Первая минута поведенческой адаптации к «открытому полю» и для «высокоэнтропийных», и для «низкоэнтропийных» крыс характеризуется максимальным показателем

вероятности включения акта «локомоция» в поведенческий сценарий. Анализ гистограммы, характеризующей динамику вероятности проявления акта «локомоция» в течение пяти минут эксперимента, показывает снижение включаемости этого акта в поведенческий арсенал в ходе адаптации к «открытому полю» у «высокоэнтропийных» животных на 29,9% (рис. 1А), у «низкоэнтропийных» — на 11% (рис. 1В).

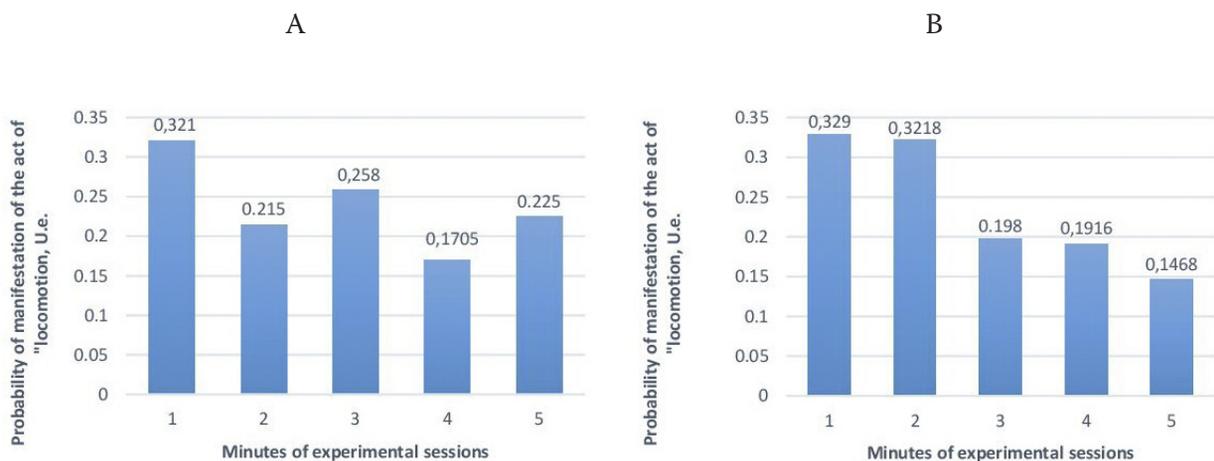


Рис. 1. Динамика вероятностного проявления поведенческого акта «локомоция» в ходе экспериментальных серий. А — крысы с высоким показателем энтропии. В — крысы с низким показателем энтропии

Fig. 1. Dynamics of probabilistic manifestation of the behavioral act of 'locomotion' during experimental series. A — rats with a high entropy score. B — rats with a low entropy score

Достаточно устойчивое нарастание присутствия акта «неподвижность» у двух групп, противоположно различающихся по показателю энтропии поведения, свидетельствует в пользу суждения о том, что показатель двигательной активности не определяется только лишь фактом проявления поведенческой пассивности в эксперименте. Очевидно, что имеет значение наличие неких паттернов поведения, которые позволяют выявить индивидуально-типологические различия в группе, разделив животных по показателю энтропии поведения. Вместе с тем, как было отмечено И. Ю. Забродиним (Забродин и др. 1983), заметные колебания вероятности тех или иных актов свойственны лишь тем формам поведения, которые не играют определяющей роли в структуре поведенческой адаптации. Учет отдельно взятых поведенческих актов не является достаточным критерием для определения особенностей ВНД, поэтому необходимо учитывать конкретные сочетания поведенческих актов в ходе экспериментальных серий. Анализ гистограммы, характеризующей динамику вероятности проявления акта «неподвижность» у «высокоэнтропийных» животных, показывает повышение включаемости этого акта в поведенческий арсенал в ходе адаптации к «открытому полю» на второй минуте по сравнению с первой на 79,2%, на третьей по сравнению со второй — на 35,6%, на четвертой по сравнению с третьей — на 30,08%, на пятой по сравнению с четвертой — на 32,1% (рис. 2А). Вместе с тем у «низкоэнтропийных»

животных в первые две минуты поведенческий акт «неподвижность» не проявляется. На четвертой минуте по сравнению с третьей показатель вероятности акта «неподвижность» снижается на 47,52%, однако с четвертой на пятую повышается на 84,4% (рис. 2В). Динамика вероятности проявления поведенческого акта «неподвижность» имеет характер нарастания в течение опытных серий, однако существенно различается у высокоэнтропийных и низкоэнтропийных крыс.

По результатам наших исследований такой устойчивой вариативной группой является следование некоторых поведенческих актов относительно друг друга. Так, частота такого поведенческого акта, как «груминг», определяет частоту проявления актов «вертикальная стойка» ($r = 0,4705$), «вертикальная стойка на стенку» ($r = 0,138$), «неподвижность» ($r = 0,181$). В то же время «груминг» определяется проявлением актов «движение на месте» ($r = 0,477$), «обнюхивание» ($r = 0,432$), «локомоция» ($0,327$). Иными словами, устойчивые сочетания поведенческих актов «груминг — вертикальная стойка», «груминг — вертикальная стойка на стенку», «груминг — неподвижность», «движение на месте — груминг», «обнюхивание — груминг», «локомоция — груминг» являются наиболее встречающимися «диадами», переходящими друг в друга и определяющими условный поведенческий «рисунок» конкретного животного (Юдицкий и др. 2014). Учитывая, что многие исследователи определяют «груминг»

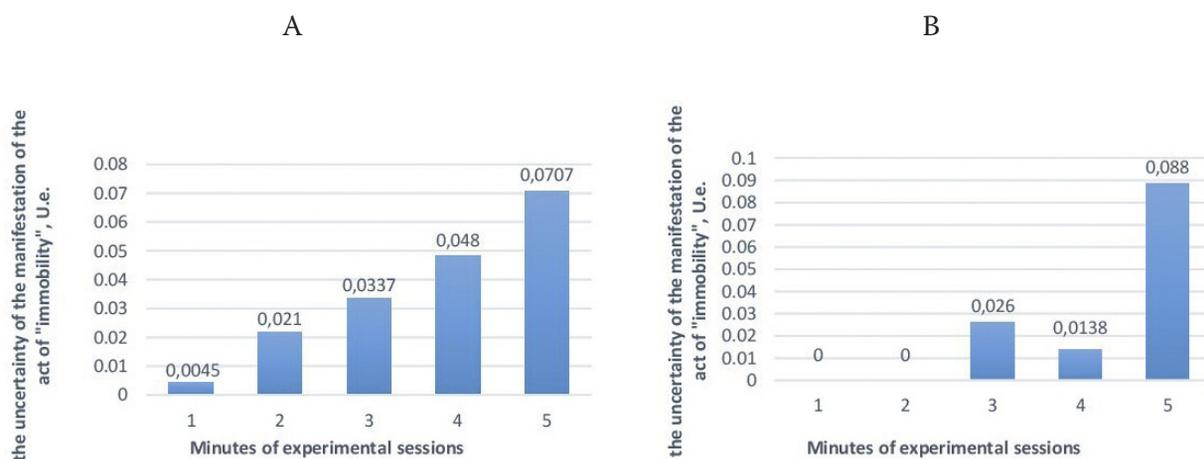


Рис. 2. Динамика вероятностного проявления поведенческого акта «неподвижность» в ходе экспериментальных серий. А — крысы с высоким показателем энтропии. В — крысы с низким показателем энтропии

Fig. 2. Dynamics of probabilistic manifestation of the behavioral act of 'immobility' during experimental series. A — rats with a high entropy score. B — rats with a low entropy score

как некое состояние, обратно пропорционально отражающее наличие уровня тревожности, как внешний маркер наличия интенсивных эмоциональных переживаний в ходе адаптации к стресс-факторам (Ахмадеев и др. 2015; Геворкян 2017; Калуев 2002) или проявление «смещенной активности» (Бережной и др. 2015), когда животное не может исключить обстановочные факторы и не имеет возможности их преодолеть, данный поведенческий акт служит некой предпосылкой для следования другого поведенческого акта, или животные заканчивают какой-либо локомоторный компонент исследования поля.

Другими поведенческими диадами являются «обнюхивание — движение на месте» ($r = 0,343$), «вертикальная стойка — обнюхивание» ($r = 0,466$), «вертикальная стойка на стенку — обнюхивание» ($r = 0,458$), «локомоция — обнюхивание» ($r = 0,216$). «Обнюхивание» можно охарактеризовать как поведенческий акт, свидетельствующий о перцептивной активности животного, которая идет на смену поисковой активности, выражаемой в виде локомоции. Это подтверждает отсутствие коррелятивных связей между актами «обнюхивание — локомоция», а также «обнюхивание — норковый рефлекс». Эти акты являются яркими маркерами поисковой активности (Апратин и др. 2021; Симонов 1987), выражаемой в движении во всех возможных плоскостях (включая «вертикальные стойки»), основой которых является изучение пространства через локомоцию. Изучение пространства

через сенсорные каналы имеет иной характер, поскольку оглядывание, обнюхивание пространства — это дистантные способы осуществить сбор сигналов об окружающей среде. Вместе с тем характер связей между поведенческими актами в диадах имеет различный вид у крыс, отличающихся по показателю энтропии поведения (H) (табл. 3). Так, у высокоэнтропийных животных «вертикальная стойка» определяет вероятность проявления акта «обнюхивание» ($r = -0,491$), вместе с тем у низкоэнтропийных животных, напротив, «обнюхивание» определяет возникновение диады «обнюхивание — вертикальная стойка» ($r = 0,15$). «Движение на месте» определяется предшествующим актом «обнюхивание» ($r = 0,411$) у высокоэнтропийных животных, этот же поведенческий акт предшествует «обнюхиванию» у низкоэнтропийных животных ($r = 0,152$). «Обнюхивание» является или причиной, или следствием поведенческих актов так называемой поисковой активности, характеризуя состояние перехода от движения как такового (причем зачастую в вертикальной плоскости) к сенсорной перцепции сигналов извне. Однако высокая энтропия поведения предполагает большее включение акта «движения на месте» как способности оперативно переключить поведенческую стратегию с одной направленности (сенсорная перцепция) на другую («локомоция»). У низкоэнтропийных животных акт «обнюхивание» не проявляет подобной прочной связи с актом «движение на месте».

Табл. 3. Взаимозависимость проявления акта «обнюхивание» с другими поведенческими актами в ходе экспериментальных серий

Группы крыс, отличающиеся по показателю Н (энтропия поведения)	Коэффициенты корреляции между показателем вероятности проявления поведенческого акта «обнюхивание» и вероятностью появления актов			
	Неподвижность	Вертикальная стойка	Движение на месте	Вертикальная стойка на стенку
Высокоэнтропийные крысы	-0,374*	-0,491**	0,411**	-0,202
Низкоэнтропийные крысы	-0,219	0,150	-0,152	-0,525**

Примечание: * — при $p < 0,005$, ** — при $p < 0,001$.

Table 3. Interdependence between the manifestation of 'sniffing' and other behavioral acts during the experimental series

Groups of rats that differ by the H indicator (entropy of behavior)	Coefficients of correlation between the probabilities of 'sniffing' and other acts			
	Immobility	Vertical stand	Movement on the spot	Vertical rack on the wall
High-entropy rats	-0.374*	-0.491**	0.411**	-0.202
Low-entropy rats	-0.219	0.150	-0.152	-0.525**

Note: * — $p < 0.005$, ** — $p < 0.001$.

«Груминг» (табл. 4) у высокоэнтропийных животных является скорее «следствием», чем «причиной» следования других поведенческих актов за данным поведенческим актом. Низкоэнтропийные животные, проявляя в ряде случаев данную особенность в своей копинг-стратегии, демонстрируют значительную зависимость между вероятностью проявления поведенческого акта «груминг» и актами «неподвижность» ($r = -0,655$), «вертикальная

стойка» ($r = -0,708$), «движение на месте» ($r = -0,211$). Данные поведенческие особенности имеют более стойкий вид у низкоэнтропийных животных и говорят в пользу версии о том, что «груминг» — это своеобразный способ сместить поисковую активность на заместительный акт, обращенный, вследствие присутствующей тревожности животного, на себя, а не на исследование пространства (Бернштейн 1990; Геворкян 2017).

Табл. 4. Взаимозависимость проявления акта «груминг» с другими поведенческими актами в ходе экспериментальных серий

Группы крыс, отличающиеся по показателю Н (энтропия поведения)	Коэффициенты корреляции между показателем вероятности проявления поведенческого акта «груминг» и вероятностью появления актов			
	Неподвижность	Вертикальная стойка	Движение на месте	Вертикальная стойка на стенку
Высокоэнтропийные крысы	-0,140	0,050	-0,604**	-0,005
Низкоэнтропийные крысы	-0,655**	-0,708**	-0,211*	0,630**

Примечание: * — при $p < 0,005$, ** — при $p < 0,001$.

Table 4. Interdependence between the manifestation of 'grooming' and other behavioral acts during the experimental series

Groups of rats that differ by the H indicator (entropy of behavior)	Coefficients of correlation between the probabilities of 'grooming' and other acts			
	Immobility	Vertical stand	Movement on the spot	Vertical rack on the wall
High-entropy rats	-0.140	0.050	-0.604**	-0.005
Low-entropy rats	-0.655**	-0.708**	-0.211*	0.630**

Note: * — $p < 0.005$, ** — $p < 0.001$.

Заключение

Таким образом, исследование вероятностного присутствия тех или иных поведенческих актов у крыс, отличающихся по показателю энтропии поведения, показывает наличие поведенческих диад, маркеров, характерных для высокоэнтропийных или низкоэнтропийных животных. В частности, у животных, отличающихся по показателю энтропии поведения, проявляется различный поведенческий «рисунок». Проявление различных копинг-стратегий животными характеризуется включением конкретных сочетаний поведенческих актов (диад) животными, имеющими определенную адаптивную функцию к стрессовым факторам окружающей среды.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии потенциального или явного конфликта интересов.

Conflict of Interest

The authors declare that there is no conflict of interest, either existing or potential.

Соответствие принципам этики

Проведенное исследование соответствует стандартам Хельсинкской декларации, одобрено независимым этическим комитетом Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Алтайский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации. Все лица, вошедшие в исследование, подписали письменное информированное добровольное согласие.

Ethics Approval

This study complies with the standards of the Declaration of Helsinki and has been approved

by the Independent Ethics Committee of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education ASMU of the Ministry of Health Care of the Russian Federation. All the parties involved in the study have signed a written voluntary informed consent.

Вклад авторов

- a. Червова Ирина Васильевна — разработка концепции, проведение исследования;
- б. Шахматов Игорь Ильич — проведение исследования, подготовка и редактирование текста, утверждение окончательного варианта статьи;
- в. Обухова Лариса Евстигнеевна — разработка концепции, подготовка и редактирование текста;
- г. Бондарчук Юлия Алексеевна — проведение исследования.

Author Contributions

- a. Irina V. Chervova — concept development, research;
- б. Igor I. Shakhmatov — conducting the research, preparing and editing the text, approving the final version of the article;
- с. Larisa E. Obukhova — concept development, text preparation and editing;
- d. Yulia A. Bondarchuk — conducting the study.

Благодарности

Авторы выражают благодарность руководству кафедры нормальной физиологии АГМУ за существенную помощь в организации эксперимента.

Acknowledgements

The authors express their gratitude to the leadership of the Department of Normal Physiology, ASMU, for significant assistance in organizing the experiment.

Литература

- Апрятин, С. А., Жуков, И. С., Манасян, А. П. и др. (2021) Влияние высокофруктозной диеты на физиологические и морфологические показатели самок крыс нокаутной линии TAAR9-KO. *Российский физиологический журнал им. И. М. Сеченова*, т. 107, № 10, с. 1235–1249. <https://doi.org/10.31857/S0869813921100022>
- Ахмадеев, А. В., Галиева, Л. Ф., Леушкина, Н. Ф. (2015) Половые различия грумिंगа и уровней тревожности у предпочитающих алкоголь крыс. *Современные проблемы науки и образования*, № 5. [Электронный ресурс]. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=21495> (дата обращения 13.08.2023)
- Беяков, В. И., Громова, Д. С., Попова, Н. Р., Мякишева, Ю. В. (2022) Современные методы изучения поведения грызунов в модельных биомедицинских исследованиях (обзор проблемы). *Современные вопросы*

- биомедицины, т. 6, № 4. [Online]. URL: https://doi.org/10.51871/2588-0500_2022_06_04_1 (дата обращения 02.09.2023).
- Бережной, Д. С., Киселев, Н. А., Новоселецкая, А. В. и др. (2015) Влияние акустических воздействий высокой интенсивности на поведение крыс. *Вестник Московского университета. Серия 16. Биология*, № 2, с. 3–7.
- Бернштейн, Н. А. (1990) *Физиология движений и активность*. М.: Наука, 495 с.
- Вальдман, А. В., Александровский, Ю. А. (1987) *Психофармакотерапия неврологических расстройств*. М.: Медицина, 287 с.
- Геворкян, В. С. (2017) Исследование воздействия одних и тех же стресс-факторов на поведение крыс разных видов и линий. *Электронное научное издание Альманах Пространство и Время*, т. 15, № 1. [Электронный ресурс]. URL: http://j-spacetime.com/actual%20content/t15v1/PDF/2227-9490e-aprovr_e-ast15-1.2017.15.pdf (дата обращения 02.09.2023).
- Гиппенрейтер, Ю. Б. (1988) *Введение в общую психологию*. М.: Изд-во МГУ, 412 с.
- Забродин, И. Ю., Петров, Е. С., Варганиян, Г. А. (1983) Анализ свободного поведения животных на основе его вероятностных характеристик. *Журнал высшей нервной деятельности им. И. П. Павлова*, т. 33, № 1, с. 71–80. PMID: [6837161](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/6837161/)
- Калуев, А. В. (2002) *Груминг и стресс*. М.: Авикс, 161 с.
- Кожемякина, Р. В., Коношенко, М. Ю., Сахаров, Д. Г. и др. (2016) Сравнительный анализ поведения в тесте открытого поля диких серых крыс (*Rattus norvegicus*) и серых крыс, прошедших длительный отбор на толерантное и агрессивное поведение. *Журнал высшей нервной деятельности им. И. П. Павлова*, т. 66, № 1, с. 92–102. <https://doi.org/10.7868/S0044467716010093>
- Маркель, А. Л. (1981) К оценке основных характеристик поведения крыс в тесте открытого поля. *Журнал высшей нервной деятельности им. И. П. Павлова*, т. 31, № 2, с. 301–307. PMID: [7269779](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7269779/)
- Симонов, П. В. (1987) *Мотивированный мозг*. М.: Наука, 105 с.
- Хайнд, Р. (1975) *Поведение животных. Синтез этологии и сравнительной психологии*. М.: Мир, 855 с.
- Шекунова, Е. В., Кашкин, В. А., Макарова, М. Н., Макаров, В. Г. (2013) Влияние условий содержания и повторности тестирования на поведение крыс линии Вистар в тесте «открытое поле». *Международный вестник ветеринарии*, № 4, с. 80–88.
- Юдицкий, А. Д., Пермяков, А. А., Елисеева, А. Е. и др. (2014) Паттерны поведения и мотивации у крыс с различной прогностической устойчивостью к стрессу. *Вестник Удмуртского университета. Биология. Науки о Земле*, № 4, с. 83–90.

References

- Akhmadeev, A. V., Galieva, L. F., Leushkina, N. F. (2015) Polovye razlichiya gruminga i urovnej trevozhnosti u predpochitayushchikh alkogol' kryis [Sex differences in grooming and levels of anxiety in alcohol-preferring rats]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya — Modern Problems of Science and Education*, no. 5. [Online]. Available at: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=21495> (accessed 13.08.2023). (In Russian)
- Apryatina, S. A., Zhukov, I. S., Manasyan, A. P. et al. (2021) Vliyaniye vysokofruktoznoj diety na fiziologicheskie i morfologicheskie pokazateli samok kryis nokautnoj linii TAAR9-KO [Investigation of a high-fructose diet on physiological, biochemical and morphological parameters of TAAR9-KO female knockout rats]. *Rossiiskij fiziologicheskij zhurnal im. I. M. Sechenova — Russian Journal of Physiology*, vol. 107, no. 10, pp. 1235–1249. <https://doi.org/10.31857/S0869813921100022> (In Russian)
- Belyakov, V. I., Gromova, D. S., Popova, N. R., Myakisheva, Yu. V. (2022) Sovremennye metody izucheniya povedeniya gryzunov v model'nykh biomeditsinskikh issledovaniyakh (obzor problemy) [Modern methods for studying rodent behavior in model biomedical studies (problem review)]. *Sovremennye voprosy biomeditsiny — Modern Issues of Biomedicine*, vol. 6, no. 4. [Online]. Available at: https://doi.org/10.51871/2588-0500_2022_06_04_1 (accessed 02.09.2023). (In Russian)
- Berezhnoj, D. S., Kiselev, N. A., Novoseletskaia, A. V. et al. (2015) Vliyaniye akusticheskikh vozdeystvij vysokoi intensivnosti na povedeniye kryis [The influence of high-intensity sound vibration on the rats' behavior]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 16. Biologiya — Lomonosov Biology Journal*, no. 2, pp. 3–7. (In Russian)
- Bernstein, N. A. (1990) *Fiziologiya dvizhenij i aktivnost' [Physiology of movements and activity]*. Moscow: Nauka Publ., 495 p. (In Russian)
- Gevorkyan, V. S. (2017) Issledovanie vozdeystviya odnih i tekhn zhe stress-faktorov na povedeniye kryis raznykh vidov i liniy [Study of impact of same stress factors on behavior of rats of different species and lines]. *Elektronnoe nauchnoe izdanie Al'manakh Prostranstvo i Vremya — Electronic Scientific Edition Almanac Space and Time*, vol. 15, no. 1. [Online]. Available at: http://j-spacetime.com/actual%20content/t15v1/PDF/2227-9490e-aprovr_e-ast15-1.2017.15.pdf (accessed 02.09.2023). (In Russian)
- Gippenreiter, Yu. B. (1988) *Vvedenie v obshchuyu psikhologiyu [Introduction to general psychology]*. Moscow: Moscow State University Publ., 412 p. (In Russian)
- Hinde, R. (1975) *Povedeniye zhivotnykh. Sintez etologii i sravnitel'noj psihologii [Animal behaviour: A synthesis of ethology and comparative psychology]*. Moscow: Mir Publ., 855 p. (In Russian)

- Kaluev, A. V. (2002) *Gruming i stress [Grooming and stress]*. Moscow: Aviks Publ., 161 p. (In Russian)
- Kozhemyakina, R. V., Konoshenko, M. Yu. Sakharov, D. G. et al. (2016) Sravnitel'nyj analiz povedeniya v teste otkrytogo polya dikikh serykh krysv (*Rattus norvegicus*) i serykh krysv, proshedshikh dlitel'nyj otbor na tolerantnoe i agressivnoe povedenie [Comparative analysis of behavior in the open-field test in wild grey rats (*Rattus norvegicus*) and grey rats subjected to prolonged selection for tame and aggressive behavior]. *Zhurnal vysshej nervnoj deyatel'nosti im. I. P. Pavlova — I. P. Pavlov Journal of Higher Nervous Activity*, vol. 66, no. 1, pp. 92–102. <https://doi.org/10.7868/S0044467716010093> (In Russian)
- Markel', A. L. (1981) K otsenke osnovnykh kharakteristik povedeniya krysv v teste otkrytogo polya [Evaluation of the basic characteristics of rat behavior in the “open field” test]. *Zhurnal vysshej nervnoj deyatel'nosti im. I. P. Pavlova — I. P. Pavlov Journal of Higher Nervous Activity*, vol. 31, no. 2, pp. 301–307. PMID: 7269779 (In Russian)
- Shekunova, E. V., Kashkin, V. A., Makarova, M. N., Makarov, V. G. (2013) Vliyanie uslovij soderzhaniya i povtornosti testirovaniya na povedenie krysv linii Vistar v teste “otkrytoe pole” [Influence of contents and retesting behavior Wistar rats in the test “open field”]. *Mezhdunarodnyj vestnik veterinarii — International Bulletin of Veterinary Medicine*, no. 4, pp. 80–88. (In Russian)
- Simonov, P. V. (1987) *Motivirovannyj mozg [A motivated brain]*. Moscow: Nauka Publ., 105 p. (In Russian)
- Valdman, A. V., Aleksandrovskij, Yu. A. (1987) Psikhofarmakoterapiya nevroticheskikh rasstrojstv [Psychopharmacotherapy of neurotic disorders] Moscow: Meditsina Publ., 287 p. (In Russian)
- Yuditskij, A. D., Permyakov, A. A., Eliseeva, A. E. et al. (2014) Patterny povedeniya i motivatsii u krysv s razlichnoj prognosticheskoj ustojchivost'yu k stressu [Patterns of behavior and motivation for rats with various prognostic resistance to stress]. *Vestnik Udmurtskogo universiteta. Seriya Biologiya. Nauki o Zemle — Bulletin of Udmurt University. Series Biology. Earth Sciences*, no. 4, pp. 83–90. (In Russian)
- Zabrodin, I. Yu., Petrov, E. S., Vartanyan, G. A. (1983) Analiz svobodnogo povedeniya zhivotnykh na osnove ego veroyatnostnykh kharakteristik [Analysis of the free behavior of an animal based on its probabilistic characteristics]. *Zhurnal vysshej nervnoj deyatel'nosti im. I. P. Pavlova — I. P. Pavlov Journal of Higher Nervous Activity*, vol. 33, no. 1, pp. 71–80. PMID: 6837161 (In Russian)