

2014 • Том 7 • № 3

Экспериментальная психология

Experimental Psychology (Russia)

**Ежеквартальный научный журнал
(основан в 2008 году)**
Quarterly scientific journal
(founded in 2008)

Российская ассоциация экспериментальной психологии
Russian Association of Experimental Psychology

ГБОУ ВПО «Московский городской психолого-педагогический университет»
Moscow State University of Psychology and Education (MSUPE)

СОДЕРЖАНИЕ



ОТ РЕДАКЦИИ

Обращение к читателю 4



ИСТОРИЯ ПСИХОЛОГИИ

Зорина З. А., Мандрико Е. В., Смирнова А. А.

Значение трудов Н. Н. Ладыгиной-Котс для развития современных исследований поведения и психики животных (к 125-летию со дня рождения) 5



КОГНИТИВНАЯ ПСИХОЛОГИЯ

Арутюнова К. Р., Гаврилов В. В., Александров Ю. И.

Научение и поведение в отсутствие зрительного контакта со средой у крыс 31

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 44

Котова Т. Н.

Демонстрация ребенку действий с новым объектом: информирование об устройстве или передача способа употребления? 57



ПСИХОФИЗИКА

Селиванова Л. А.

Хемочувствительность гидробионтов: попытка сравнения 69



ПСИХОЛОГИЯ ВОСПРИЯТИЯ

Дорошева Е. А.

Эволюционный подход к вопросам формирования близорукости: перестройка зрительного анализатора как адаптация к социокультурным условиям 83

Антипов В. Н., Жегалло А. В.

Трехмерное восприятие плоскостных изображений в условиях компьютеризованной среды обитания 97



ТЕОРИЯ И МЕТОДОЛОГИЯ

Резникова Ж. И., Пантелеева С. Н., Левенец Я. В.

Анализ поведенческих стереотипов на основе идей колмогоровской сложности: поиск общего методического подхода в этологии и психологии 112



МЕТОДОЛОГИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА

Самойленко Е. С., Носуленко В. Н.

Экспедиционное исследование когнитивно-коммуникативных процессов у тувинцев-тоджинцев 126

Хватов И. А., Соколов А. Ю., Харитонов А. Н., Куличенкова К. Н.

Методика изучения схемы тела у мелких млекопитающих 137

CONTENTS



EDITORIAL

To our readers 4



HISTORY OF PSYCHOLOGY

Zorina Z.A., Mandriko E.V., Smirnova A.A.
The importance of the works of N.N. Ladygina-Kots for the development of modern studies of the behavior and psychic of animals (to the 125th anniversary of her birth) ... 5



COGNITIVE PSYCHOLOGY

Arutyunova K.R., Gavrilov V.V., Alexandrov Yu.I.
Learning and behaviour in the absence of visual contact with the environment in rats .. 31

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 44

Kotova T.N.
Demonstration of action with a new object to a child: information about the device or about the method of its use? 57



PSYCHOPHYSICS

Selivanova L.A.
Chemical sensitivity of hydrobios: attempt of comparison 69



PSYCHOLOGY OF PERCEPTION

Dorosheva E.A.
Evolutionary approach to the formation of myopia: the restructuring of the visual analyzer as an adaptation to the social and cultural conditions 83

Antipov V.N., Zhegallo A.V.
Three-dimensional perception of flat images in computerized environment 97



THEORY AND METHODOLOGY

Reznikova J.I., Panteleeva S.N., Levenets Y.V.
Analysis of behavioral patterns based on the ideas of Kolmogorov complexity: a search for a common methodological approach in ethology and psychology 112



EXPERIMENTAL METHODOLOGY

Samoylenko E.S., Nosulenko V.N.
Expedition studies of cognitive-communicative processes in Tozhu Tuvans 126

Khvatov I.A., Sokolov A. Yu., Kharitonov A.N., Kulichenkova K.N.
A method of studying body schema in small mammals 137

От редакции

Начиная с 2014 г., журнал «Экспериментальная психология» приступает к публикации специальных тематических выпусков на регулярной основе. Предполагается, что ежегодно один из четырех номеров журнала будет посвящаться теме, связанной с отдельными актуальными направлениями исследований, представляющих интерес с точки зрения перспектив развития экспериментального метода психологических исследований.

Мы будем приветствовать материалы, представляющие нетривиальные и дискуссионные экспериментальные и эмпирические работы по тематике каждого специального выпуска, оригинальные экспериментальные средства и процедуры, новые способы сбора, обработки и интерпретации данных, обсуждение методологических и теоретических проблем экспериментирования в психологии.

Этот номер журнала – первая попытка такого специального выпуска. Его тематика – эволюционная, сравнительная психология и зоопсихология. Мозаика публикуемых статей отражает весьма разнообразные интересы авторов – от исследований, глубоко укорененных в многолетней отечественной и зарубежной научной традиции, до работ, предметом которых выступают редкие психологические феномены, связанные с использованием новейших технологий и техник исследования. В сферу внимания авторов попадают и животные, и люди, обсуждаются вопросы макро- и микроэволюции в традиционном смысле, а также эволюции как социальной преемственности. Некоторые авторы вплотную подходят к сложнейшему вопросу о том, продолжается ли эволюция сегодня, чем она представлена и какие явления могут быть экспериментально идентифицированы как эволюционные.

Последняя проблема была затронута в ходе общей дискуссии на состоявшейся в ноябре 2013 г. конференции «Эволюционная и сравнительная психология в России: традиции и перспективы». Большинство авторов этого выпуска были ее участниками.

В рамках главной темы мы продолжаем начатые с первых номеров нашего журнала публикации материалов по истории экспериментальной психологии: выпуск открывается статьей, посвященной 125-летию со дня рождения выдающегося отечественного зоопсихолога-экспериментатора Н. Н. Ладыгиной-Котс.



ЗНАЧЕНИЕ ТРУДОВ Н.Н. ЛАДЫГИНОЙ-КОТС ДЛЯ РАЗВИТИЯ СОВРЕМЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПОВЕДЕНИЯ И ПСИХИКИ ЖИВОТНЫХ (к 125-летию со дня рождения)¹

ЗОРИНА З. А. *, биологический факультет МГУ имени М. В. Ломоносова, Москва, Россия,
e-mail: zorina_z.a@mail.ru

МАНДРИКО Е. В. **, биологический факультет МГУ имени М. В. Ломоносова, Москва, Россия,
e-mail: pastuchvolk@gmail.com

СМИРНОВА А. А. ***, биологический факультет МГУ имени М. В. Ломоносова, Москва, Россия,
e-mail: annsmirn@mail.ru

Представлен обзор творчества Н. Н. Ладыгиной-Котс (1889–1963) – выдающегося отечественно-го зоопсихолога, которая внесла основополагающий вклад в развитие сравнительной психологии и этологии. Описаны ее исследования поведения и психики детеныша шимпанзе (первые в мировой науке), в которых она дала исчерпывающий анализ его видоспецифического репертуара, а также особенностей восприятия, памяти и т.д. Впоследствии она столь же скрупулезно изучила те же аспекты поведения и психики ребенка и сопоставила эти данные в монографии «Дитя шимпанзе и дитя человека» (1935), которая до сих пор не утратила своего значения и широко цитируется в мировой литературе. В опытах на шимпанзе Ладыгиной-Котс впервые доказала, что у приматов имеется способность к обобщению и абстрагированию, и на протяжении всей жизни она последовательно изучала эти и другие зачатки мышления у животных на разных экспериментальных моделях, рассматривая их как «предпосылки человеческого мышления».

Ключевые слова: зоопсихология, сравнительная психология, когнитивная наука, мышление животных, Ладыгина-Котс, эволюция психики, онтогенез поведения и психики, шимпанзе.

Любое обсуждение как традиций, так и перспектив эволюционной и сравнительной психологии невозможно без упоминания имени Н. Н. Ладыгиной-Котс (1889–1963), которая стояла у истоков этих наук и внесла неопределимый вклад в их развитие. Однако, если обратиться к современному состоянию наук о поведении и психике животных, то оказывает-

Для цитаты:

Зорина З. А., Мандрико Е. В., Смирнова А. А. Значение трудов Н.Н. Ладыгиной-Котс для развития современных исследований поведения и психики животных (к 125-летию со дня рождения) // Экспериментальная психология. 2014. Т. 7. № 3. С. 5–30.

¹Расширенный и переработанный вариант статьи: Зорина З. А. У истоков сравнительной психологии и этологии человека: труды Н. Н. Ладыгиной-Котс // Вестник НГУ. Серия: Психология. 2008. Т. 2, вып. 2. С. 10–27.

* Зорина З.А. Доктор биологических наук, профессор, заведующий лабораторией физиологии и генетики поведения, кафедра высшей нервной деятельности, биологический факультет МГУ имени М. В. Ломоносова, Москва, Россия. E-mail: zorina_z.a@mail.ru

** Мандрико Е.В. Кандидат биологических наук, научный сотрудник, лаборатория физиологии и генетики поведения, кафедра высшей нервной деятельности, биологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия. E-mail: pastuchvolk@gmail.com

*** Смирнова А.А. Кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, лаборатория физиологии и генетики поведения, кафедра высшей нервной деятельности, биологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия. E-mail: annsmirn@mail.ru

ся, что на самом деле она внесла огромный вклад в появление и развитие и ряда других направлений, которые оформились как самостоятельные гораздо позднее, в том числе и после ее кончины. Прежде всего, фундаментальные исследования мышления животных позволяют считать Ладыгину-Котс одной из предшественниц современной когнитивной науки – комплекса разноплановых исследований процесса познания в рамках как гуманитарных, так и естественнонаучных подходов. Это направление мировой науки организационно² оформилось в России на самом рубеже XX и XXI вв. и объединяет специалистов разного профиля. Изучение биологических предпосылок мышления и речи человека, основы которого были заложены Н. Н., занимают важное место в этих исследованиях. Вместе с тем, глубокий анализ видоспецифического поведения ребенка в сравнении с шимпанзе, а также предпринятое Н. Н. сравнительное изучение инстинктов у многих видов позвоночных можно расценивать не только как вклад в сравнительную психологию, но отнести также к истокам этологии человека, которая в тот период просто еще не существовала как наука.

Разговор о творческом наследии Надежды Николаевны тем более актуален, что в 2014 г. исполнилось 125 лет со дня ее рождения. Еще один юбилей – в 2013 г. исполнилось 100 лет с момента приобретения ею детеныша шимпанзе Иони. Этот факт знаменует не только начало ее научной биографии. Фактически это были первые экспериментальные исследования мышления животных, предпринятые как в России, так и в мире и послужившие фундаментом для зоо- и сравнительной психологии первой половины XX в. Напомним также, что в 1914 г. на приматологическую станцию Прусской академии наук на о. Тенерифе приехал В. Келер и приступил к своим экспериментам на шимпанзе. Его работы положили начало доказательству наличия у животных зачатков другой стороны мышления – как способности к решению новых задач не путем проб и ошибок (как следовало из опытов Э. Торндайка), а за счет механизма, получившего название «инсайт».

Краткая биография Н. Н. Ладыгиной-Котс

Надежда Николаевна Ладыгина-Котс – одна из наиболее значительных фигур в отечественной науке о поведении и психике животных (рис. 1), хотя она и не так известна в настоящее время, как это следовало бы. Н. Н. родилась в Пензе 6 (19) мая 1889 г., так что в 2014 г. исполнилось 125 лет со дня ее рождения. Ее дед был крепостным, но грамотным и предприимчивым человеком, который выкупился на волю буквально накануне отмены крепостного права. Отец Надежды Николаевны получил образование и преподавал музыку и пение в Пензенском художественном училище. Так что Н. Н. – интеллигент всего во втором поколении, но ее ученики – наши старшие современники, крупные психологи (С.Л. Новоселова, Д.Б. Богоявленская, Л.И. Анциферова, Л.А. Парамонова и др.) – воспринимали ее как носителя духа русской дореволюционной интеллигенции. Это отношение к Надежде Николаевне очень ярко отразилось в их выступлениях на заседании, которое организовал Дарвиновский музей к ее 110-летию (1999 г.). Все ученики говорили о том, что воспринимали Надежду Николаевну как «продолжение серебряного века», отмечали удивительную силу духа этой женщины, говорили, что «она излучала ауру нравственности, ко-

² На рубеже XX – XXI вв. в России была организована Межрегиональная ассоциация по когнитивным исследованиям (МАКИ), которая объединила специалистов разного профиля, изучающих указанные проблемы. К настоящему времени (2014 г.) состоялось уже шесть международных конференций, которые продемонстрировали плодотворность этого объединения, включающего философов, лингвистов, физиологов высшей нервной деятельности, психологов, в том числе специалистов, связанных с проблемами сравнительной психологии.

торая осеняла всех окружающих», что она «всех перемалывала кремнем своей души». По свидетельству С. Л. Новоселовой (Новоселова, 1997, с. 95), еще не опубликованные «...архивы Н. Н. Ладыгиной-Котс, личные, до поры скрывают от научной общественности замечательные страницы истории дарвинизма в нашей стране и за рубежом; страницы, проливающие свет на судьбы многих отечественных ученых и важные научные и частные эпизоды их жизни. *Главное в этих архивах — это чистота, отсутствие всего суетного, научная и жизненная точность*» (курсив наш. — З.З. и др.).

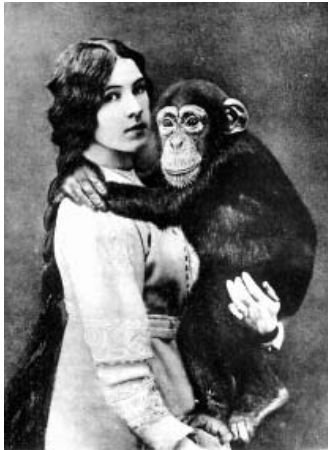


Рис. 1. Н. Н. Ладыгина-Котс и шимпанзе Иони³

Внешность Н. Н. также была совершенно незаурядной (рис. 2). Светлана Леонидовна Новоселова, которая пришла к Н. Н. еще студенткой, пишет: «Сама Надежда Николаевна была настоящей красавицей с одухотворенным лицом, пышной волной прекрасных волос. В молодости и в зрелые годы она романтично одевалась, бывала в обществе. С годами внешний облик Надежды Николаевны становился строже, но простота, грация и особый стиль радушного, но дистанцированного обхождения великолепно воспитанной русской женщины конца XIX — начала XX в. сохранились в ней до конца» (Новоселова, 1997, с. 84).



Рис. 2. Н. Н. Ладыгина (1910 г.)

³Фотографии Н. Н. Ладыгиной-Котс приводятся с любезного разрешения руководства Дарвиновского музея.

В Дарвиновском музее хранится огромный фотоархив, запечатлевший красоту Н. Н. в самых экзотических костюмах, интерьерах и аксессуарах (рис. 3, 4). Это оказалось возможным, в частности, благодаря ее мужу – А. Ф. Котсу, который занимался фотографией на очень высоком, почти профессиональном уровне (см.: Шубина, 2008).



Рис. 3. Н. Н. Ладыгина-Котс с чучелом белого волка, оплаченным деньгами свадебного приданого (1911 г.)



Рис. 4. Н. Н. Ладыгина-Котс с чучелом черного волка (1915 г.)

В 1908 г. Н. Н. с отличием окончила Пензенскую гимназию и поступила на Высшие женские курсы (ВЖК) в Москве, на зоологический цикл естественного отделения физико-математического факультета, который она окончила в 1917 г. Как известно, ВЖК были очень серьезным вузом, где преподавали крупнейшие специалисты, в том числе, профессора МГУ, покинувшие его по политическим соображениям. Среди них Н. Н. выделяла курс экспериментальной биологии, который читал сам Н. К. Кольцов.

Кроме того, уже на первом курсе ярко проявился ее интерес к проблемам развития психики и поведения животных, тесно связанный с интересом к эволюционному учению и дарвинизму. Этому способствовали блестящие лекции молодого профессора-эволюциониста – А. Ф. Котса (рис. 5). Лекции он сопровождал демонстрацией своей уже тогда обширной коллекции экспонатов, иллюстрирующих теорию происхождения видов. Именно эта коллекция составила основу современного Дарвиновского музея, основанного А. Ф. Котсом в 1907 г. В 2007 г. страна отметила 100-летие Дарвиновского музея, который получил в подарок еще одно новое здание – фондохранилище. Это было исполнение мечты и неустанной заботы супругов Котс, которым так и не удалось добиться этого на своем веку, несмотря на их титанические усилия (рис. 6).



Рис. 5. А. Ф. Котс – профессор Высших женских курсов (1910-е гг.)



Рис. 6. Дарвиновский музей. Справа здание, открытое в 1994 г., слева – хранилище и выставочные залы, открытые в 2007 г. к 100-летию музея

В 1911 г. Н. Н. стала женой А. Ф. Котса (рис. 7). Их брак – это одна из поразительных «love story» длиною в полвека (рис. 8). Это была не просто дружная семейная пара, но союз единомышленников, и общим делом их жизни стал Дарвиновский музей. С его организацией, становлением и функционированием тесно и органически связана и вся научная деятельность Н. Н. Супруги отдавали музею все свое время, всю энергию. На пополнение коллекций они тратили все свои скромные средства. Так, чучела волков меланиста и альбиноса были куплены на деньги, подаренные им к свадьбе на устройство дома (рис. 3 и 4).



Рис. 7. А. Ф. Котс и Н. Н. Ладыгина-Котс (1911 г.)



Рис. 8. А. Ф. Котс и Н. Н. Ладыгина-Котс (начало 1960-х гг.)

Кроме огромной работы по организации экспозиции, сбору и анализу коллекций, на протяжении всей жизни, даже будучи уже всемирно известными учеными, супруги Котс проводили экскурсии по музею для самой разной публики. Это могли быть крупные зарубежные ученые (например, Р. Йеркс, Я. Дембовский, Е. Клапаред и др.), могли быть обычные школьники, или же пациенты госпиталя, размещавшегося в здании музея во время войны (рис. 9).



Рис. 9. Н. Н. Ладыгина-Котс и ее сын Р. А. Котс во время чтения лекции тяжело раненым бойцам и медицинскому персоналу в палате госпиталя

Собственная научная деятельность Н. Н. началась еще в студенческие годы. В 1913 г. ей удалось приобрести 1,5-летнего детеныша шимпанзе Иони, жившего в ее семье как приречный ребенок. В течение 2,5 лет (до его смерти от инфекции в 1916 г.) она регулярно, во всех возможных подробностях наблюдала и регистрировала его поведение. Результаты этой работы обобщены в трех монографиях:

1. Исследование познавательных способностей шимпанзе. М., 1923;
2. Дитя шимпанзе и дитя человека в их инстинктах, эмоциях, играх, привычках и выразительных движениях. М., 1935 (2-е изд. М.; Воронеж, 2011);
3. Способность шимпанзе к различению формы, величины, количества, к счету, к анализу и к синтезу. (Опубликовать эту книгу Н. Н. так и не удалось, хотя она придавала ей большое значение. Сейчас эта рукопись утрачена.)

Впоследствии Н. Н. обращалась к разным аспектам поведения животных и использовала для этого разные объекты.

Темы и объекты основных экспериментальных работ Н. Н. Ладыгиной-Котс:

- 1913–1916 гг. – поведение шимпанзе Иони;
- 1917–1919 гг. – приспособительные моторные навыки макаки-резуса;
- 1920-е гг. – онтогенез поведения и инстинкты нескольких видов животных – не-приматов;
- 1925–1930-е гг. – онтогенез поведения и психики ребенка;
- 1940–1950-е гг. – орудийная деятельность шимпанзе Париса и низших обезьян (совместно с Н. Ф. Левыкиной);
- 1950–1960-е гг. – подражательное конструирование у детей и шимпанзе.

Н. Н. не ограничивалась изучением психики антропоидов и других приматов. В 1920-е гг. она вела широкие сравнительные исследования в Московском зоопарке, директором которого был в тот период А. Ф. Котс. В сферу ее интересов входил онтогенез поведения и инстинкты у позвоночных самых разных видов, не только у млекопитающих, но и у птиц. Большая серия исследований была посвящена онтогенезу поведения хищных млекопитающих (волки, лисы, тигры), которых Н. Н. терпеливо выкармливала и приручала (рис. 10). Она обращалась к изучению самых разных аспектов их поведения. Так, она, например, исследовала у волков цветное зрение – вопрос, который только сейчас становится объектом изучения (Я. К. Бадридзе, личное сообщение).



Рис. 10. Н. Н. Ладыгина-Котс с волчатами

Уже этот краткий перечень дает представление о широте подхода, богатстве и новизне полученного материала. Все это обеспечивало базу для глубоких обобщений, способствовало появлению ряда фундаментальных заключений, в частности, заключения о том, что элементарное мышление у животных является прообразом мышления у человека.

Методология исследований

Плодотворность работ Н. Н. во многом обусловлена оригинальностью использованных ею как общих подходов, так и частных методик. Она считала себя ученицей и последовательницей Дарвина, поэтому в основе ее методологии лежал широкий и разноплановый сравнительный подход. Она применяла его в самых разных комбинациях – высшие и низшие приматы; антропоиды и человек; приматы и остальные млекопитающие и т. д.

Вторым важнейшим фактором было осуществление биологического подхода (или биопсихологического метода, по В. А. Вагнеру) к изучению психики животных. Этот подход предполагал учет биологических особенностей изучаемого вида и выбор биологически адекватного метода исследования. Сейчас это кажется само собой разумеющимся, однако в начале XX в. от исследователя требовалась борьба как против антропоморфизма, так и про-

тив «механизирования психики», против «сведения ее к чисто физико-химическим процессам без учета психических элементов в природных условиях жизни животных» (Ладыгина-Котс, 1923, с. 8). Ладыгина-Котс решительно выступала и против тех, кто, «приклеивая ярлык рефлекса ко всем проявлениям психики (от низших до высших ее форм), низводят животное до роли автомата» (там же). Вслед за Вагнером она отстаивала необходимость внедрения филогенетического и онтогенетического методов в сравнительно-психологические исследования, «возможность плодотворного перенесения основных принципов эволюции из области морфологических наук в пределы зоопсихологии» (там же, с. 22).

Метод обучения «выбору на образец»

Что касается конкретных методик экспериментов, то на протяжении всего XX столетия прочное место в мировой науке занимает метод обучения «выбору на образец» (рис. 11), когда из нескольких предложенных животному объектов оно должно выбрать идентичный образцу. Этот метод был введен в лабораторную практику Н. Н. Ладыгиной-Котс. В Дарвиновском музее сохранились кинокадры, зафиксировавшие опыты с Иони.



Рис. 11. Н. Н. Ладыгина-Котс во время опыта с шимпанзе Иони: выбор на образец буквы А (приводится по: Ладыгина-Котс, 1923)

Этот метод получил широкое распространение и сейчас используется во всем мире для исследования самых разнообразных аспектов познавательной деятельности не только приматов, но и других млекопитающих, а также птиц. Первоначально его применяли для оценки сенсорных способностей – восприятия цвета, формы и т. п. Однако, еще Н. Н. отмечала, что этот метод ориентирован не на анализ отдельных признаков, а на более высокий уровень отражения, на выявление соотношения между образцом и одним из стимулов для выбора. Поэтому постепенно он сделался инструментом для изучения все более сложных когнитивных функций – обобщения, абстрагирования, символизации и т. п.

Именно в этом качестве, например, эта методика применяется в нашей лаборатории физиологии и генетики поведения, основанной Л. В. Крушинским. Благодаря работам А. А. Смирновой удалось обнаружить способность врановых птиц формировать довербаль-

ное понятие «сходство», усваивать символы-числительные. Особый интерес представляет обнаруженная у ворон с помощью этого метода способность к одной из операций логического вывода – к выявлению аналогии в структуре двухкомпонентных стимулов. Эти когнитивные способности ранее были описаны только у антропоидов (Смирнова и др., 2002; Зорина, Смирнова, 2006, 2008, 2013; Smirnova et al., 2000)⁴.

Менялся и дизайн эксперимента. Первоначально опыт происходил при непосредственном контакте экспериментатора с подопытным животным. С годами появлялись новые варианты дизайна, которые исключали возможность прямого контакта испытуемого с экспериментатором. Их приспособляли для разных животных и разных задач. В настоящее время имеются разнообразные автоматические системы обучения, применяют чувствительные к прикосновению дисплеи компьютеров.

Метод воспитания детенышей антропоидов в семье человека

Еще один метод, который прочно утвердился в мировой науке благодаря Н. Н. Ладыгиной-Котс, это воспитание детенышей антропоидов в человеческих семьях, как способ системного изучения их поведения и психики. Он был применен рядом психологов (К. и К. Хейс, Л. и У. Келлог, Р. Йеркс) в 1930–1950-х гг., а особое развитие получил в 1970-е гг. в проектах по обучению обезьян простым незвуковым аналогам человеческой речи (языки-посредники) (подробнее см.: Зорина, Смирнова, 2006). Следует заметить, что авторы «языковых проектов» неизменно ссылались на «Дитя шимпанзе...» даже до перевода книги на английский (Ladygina-Kohts, 2002), поскольку именно Н. Н. первой проанализировала вопрос о возможности коммуникации человека и антропоида. Она описала «условный язык» общения Иони с людьми, подчеркнув, что все изобретенные Иони коммуникативные сигналы связаны с его эмоциями и потребностями, т.е. относятся к первой сигнальной системе. Наличия зачатков второй сигнальной системы (попыток наименования внешних референтов) она у Иони не обнаружила. Это стало возможно только благодаря специальным экспериментам американских психологов.

Научная школа Н. Н. Ладыгиной-Котс

Завершая краткий рассказ о научной биографии Н. Н., хотелось бы упомянуть, что ее труды получили широкую известность и настоящее признание и на родине, и за рубежом. Она была награждена орденом Ленина, ее юбилеи торжественно отмечались при ее жизни. Она оказывала огромное влияние на современников и воспитала несколько крупных исследователей. Ее ученики – К. Э. Фабри, М. А. Герд и С. Л. Новоселова – плодотворно разрабатывали ряд аспектов когнитивной деятельности животных и после кончины Н. Н. в 1963 г.

Так, Светлана Леонидовна Новоселова (1933–2005)⁵ начала работать с Н. Н. (и с ее ассистенткой Н. Ф. Левыкиной) еще в студенческие годы. Она – автор нескольких монографий (Интеллектуальная основа развития деятельности приматов, 2001; Генетически ран-

⁴ Исследования выполнены при поддержке РФФИ, гранты № 01-04-48290, 04-04-48445, № 07-04-01287, № 10-04-00891, 13-04-00747 и др.

⁵ С. Л. Новоселова – доктор психологических наук, действительный член РАЕН, заведующая лабораторией игры и развивающей предметной среды научного Центра «Дошкольное детство» им. А.В. Запорожца, член редколлегии журнала «Развитие личности», Совета Московского отделения Российского психологического общества, Ученого совета Государственного дарвиновского музея, Международного общества изучения развития поведения (ISSD), вице-президент Российской международной организации по дошкольному воспитанию, работающей с 1989 г. под эгидой ЮНЕСКО.

ние формы мышления, 2003), которые можно рассматривать как развитие сравнительных исследований Н.Н. Ладыгиной-Котс. Надо отметить также, что она написала замечательную статью «Н.Н. Ладыгина-Котс – гордость отечественной науки» для сборника «Выдающиеся психологи Москвы» (1997). В этой статье она талантливо нарисовала портрет Н.Н. не только как крупного ученого, но и как выдающейся личности.

К.Э. Фабри (1923–1990) был не учеником, но единомышленником, почитателем и продолжателем работ Н.Н. Ладыгиной-Котс, которая оказывала ему серьезную поддержку в трудные периоды его жизни. Он выполнил многочисленные сравнительные исследования разных аспектов поведения животных (в том числе манипуляционной и игровой активности). Очень важно, что в 1976 г. он опубликовал первый учебник «Основы зоопсихологии», который до последнего времени перерабатывался и переиздавался под редакцией его ученицы кандидата психологических наук Н.Н. Мешковой и используется студентами при изучении поведения и психики животных. Его перу принадлежит глубокий анализ ее творчества и вклада в отечественную зоопсихологию (Фабри, 1969).

Наконец, ряд видных психологов старшего поколения не стали прямыми продолжателями ее работ, но с благодарностью числили Н.Н. Ладыгину-Котс среди своих учителей (например, Д.Б. Богоявленская, В.С. Мухина, Л.А. Парамонова, Л.И. Анциферова, Е.В. Шорохова и др.).

О продолжающемся влиянии Н.Н. Ладыгиной-Котс на современную отечественную науку могут свидетельствовать работы ее так называемых «научных внучек». Так назвали учениц К.Э. Фабри: кандидатов психологических наук Н.Н. Мешкову (1944–2008) и Е.Н. Махмудову, докторов наук М.А. Дерягину (1945–2005), Г.Г. Филиппову, М.Л. Бутовскую, которые на протяжении ряда лет интенсивно работали в разных областях зоо- и сравнительной психологии. Им принадлежит ряд монографий и учебников по зоопсихологии, этологии, приматологии. Перечислим для примера некоторые из них:

- Филиппова Г.Г. «Зоопсихология и сравнительная психология», «Психология материнства»;
- Дерягина М.А. «Манипуляционная активность позвоночных»;
- Бутовская М.Л. «Язык тела», «Тайны пола» и др.;
- Бутовская М.Л., Дерягина М.А. «Систематика и поведение приматов».

Каждая из них имеет своих учеников, которые продолжают исследовать различные аспекты поведения и психики приматов (Филиппович Е.Ю., Хватов И.А. и др.).

Изучение поведения и психики детеныша шимпанзе Иони (1913–1916)

Как уже упоминалось, определяющим событием научной биографии Н.Н. Ладыгиной-Котс была возможность исследовать поведение детеныша шимпанзе. Появление Иони и полученные в наблюдениях за ним факты, по существу, определили и направление научных интересов Н.Н.

Впервые в истории науки поведение и психика нашего ближайшего родственника – шимпанзе – сделались объектом столь систематического и тщательного наблюдения. За 2,5 года жизни Иони был собран огромный материал. Тысячи страниц дневников и протоколов скрупулезно фиксировали все особенности физиологии, а главное, поведения и психики шимпанзенка, или, как иногда писала Н.Н., «обезьянчика». Благодаря этому она описала характеристики его восприятия, обучения и памяти, а также всех возможных проявлений инстинктов, выразительных движений, игровой деятельности. Она не обошла сторо-

ной и чистую анатомию, описав, в частности, дерматоглифику конечностей шимпанзе. Тем самым Н. Н. закрывала сплошное белое пятно, которым были в тот период поведение и психика человекообразных обезьян. Поэтому можно считать, что она стояла и у истоков отечественной приматологии.

Этот огромный материал Н. Н. обрабатывала и осмысливала на протяжении почти двадцати лет. Как упомянуто выше, она обобщила его в трех фундаментальных монографиях, которые составили золотой фонд отечественной зоопсихологии. Первая из них – «Исследование познавательных способностей шимпанзе» – опубликована в 1923 г. Надо сказать, что все в этой книге – новаторство и первопроходство – от объекта исследования и применения особого метода до сделанных автором выводов. В ней в той или иной степени были экспериментально исследованы многие из основных проблем когнитивной науки в ее современном понимании.

В эту первую книгу Ладыгина-Котс отобрала и включила материал о сенсорных способностях шимпанзе. Она впервые сравнила вклад разных анализаторных систем в организацию поведения шимпанзе, доказала превосходство его зрительного анализатора над слуховым. Но самое главное, что в этой книге она впервые констатировала, что шимпанзе не только различает такие зрительные признаки как цвет, форма и величина предметов, но способен и к более сложным когнитивным операциям. Обучая Иони выбирать объект, соответствующий образцу, она обнаружила, что в процессе обучения у него постепенно проявляется способность к обобщению, т.е. к мысленному объединению предметов по общим для них существенным признакам. Или, как писала сама Н. Н. (1923, с. 452), «... в результате многочисленных конкретных опытов, выявляющих наглядно и в результате чувственного познания <...> соотношение вещей, шимпанзе производит практическое обобщение».

Этот важнейший факт научной биографии Н. Н. Ладыгиной-Котс, как правило, остается без внимания. Между тем, это было первое в истории экспериментальное доказательство наличия у животных зачатков мышления, так как обобщение представляет собой важнейшую из мыслительных операций. Вместе с проведенными в тот же период работами В. Келера, который обнаружил способность шимпанзе к инсайту, это составило фундамент для дальнейшего сравнительного изучения этой базовой психической функции у животных. Оно послужило одним из истоков современной когнитивной науки, одним из первых обращений к вопросу о биологических корнях мышления человека.

Изучение мышления животных

Открытие зачатков мышления у шимпанзе определило интересы Н. Н. Ладыгиной-Котс на всю ее жизнь. В начале 1920-х гг. она основала при Дарвиновском музее Зоопсихологическую лабораторию и провела в ней ряд сравнительных исследований мышления (способность к «счету») у нескольких видов млекопитающих и птиц, собак, макаков, попугаев, воронов и др.). В этой малоизвестной работе она впервые выявила превосходство врановых и попугаев над хищными млекопитающими в способности анализировать и обобщать признак «число». Эти данные приводятся только в уже упоминавшемся небольшом фильме о работах Ладыгиной-Котс и в статье 1945 г.⁶ а подробно они были изложены в

⁶Эта статья была опубликована в Грузии (Ладыгина-Котс, 1945) и переведена на английский. Благодаря этому вклад Н. Н. в изучение способности животных к количественным оценкам стал известен за рубежом.

утраченной монографии «Способность шимпанзе к различению формы, величины, количества, к счету, к анализу и к синтезу», публикации которой Н. Н. придавала большое значение, но чего добиться так и не смогла.

На протяжении всей своей жизни Н. Н. последовательно доказывала наличие у животных разных форм элементарного мышления. Следует подчеркнуть, что она употребляла именно слово «мышление». Так, в одной из ранних работ (Ладыгина-Котс, 1925, с. 6) она писала, что при рассмотрении высших когнитивных функций животных «...следует отбрасывать все обычно взаимно перемешиваемые понятия, такие, как ум, разум, рассудок, и заменять их термином “мышление”, <...> подразумевая под этим последним только логическое, самостоятельное мышление, сопровождающееся процессами абстрагирования, образованием понятий, суждений, умозаключений». Характерно, что именно эти операции мышления находятся в сфере внимания и интенсивного изучения с 1970-х гг. и по настоящее время. Вместе с тем, она подчеркивала, что «о наличии интеллекта может свидетельствовать установление животным лишь новых адаптивных связей в новой ситуации» (Ладыгина-Котс, 1963, с. 315).

В 1940-е гг. Н. Н. обратилась и к этому аспекту когнитивной деятельности животных. Один из ее проектов был посвящен вопросу о том, в какой степени приматы способны не только к употреблению, но также к доработке и изготовлению орудий. Для этого она провела 674 опыта с шимпанзе Парисом. Каждый раз ему предлагали какой-то новый предмет для добывания приманки, которую на его глазах помещали в середину небольшой трубки. Оказалось, что Парис решает такие задачи (рис. 12) и использует для этого любые подходящие орудия (ложку, узкую плоскую дощечку, лучину, узкую полоску толстого картона, пестик, игрушечную проволочную лесенку и другие самые разнообразные предметы). Интересно, что при наличии выбора он явно предпочитал предметы, большие по длине, или более массивные, тяжеловесные палки.

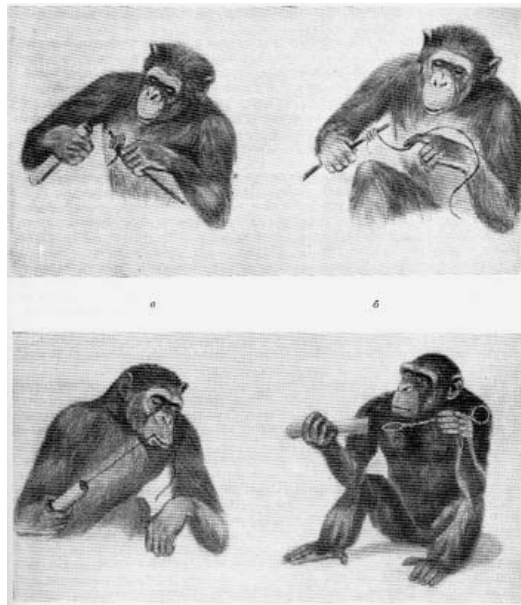


Рис. 12. Изучение орудийной и конструктивной деятельности шимпанзе Париса (приводится по: Ладыгина-Котс, 1959)

Наряду с готовыми подходящими орудиями Парис предпринимал и разного рода манипуляции по «доводке» заготовок до пригодного состояния, т.е. проявил способность к конструктивной деятельности. Он сгибал и разгибал заготовки, отгрызал лишние ветки, развязывал пучки, раскручивал мотки проволоки, вынимал лишние детали, которые не давали вставить палку в трубку (рис. 13). Однако создавать орудие из более мелких элементов шимпанзе практически не мог. В монографии «Конструктивная и орудийная деятельность высших обезьян» (1959) Н.Н. предположила, что это связано не с трудностью выполнения соответствующих манипуляций, а со спецификой и ограниченностью мышления – «с неспособностью шимпанзе оперировать зрительными образами, представлениями, мысленно комбинировать эти представления применительно к решаемой задаче, так как для получения из двух коротких элементов одного длинного надо понимать смысл, т.е. причинно-следственные отношения подобного соединения» (Ладыгина-Котс, 1959, с. 277). Позже она писала о наличии у шимпанзе также и генерализованных образов (представлений), которые во многом определяют ориентировку в практической ситуации при решении конструктивных и орудийных задач.

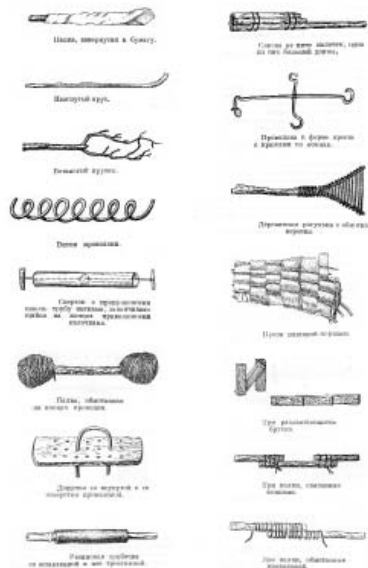


Рис. 13. Примеры «заготовок» (всего 670), предложенных Парису для использования в качестве орудий, которые он видоизменял соответствующим образом (приводится по: Ладыгина-Котс, 1959)

Такое представление об уровне когнитивных способностей антропоидов было достаточно характерно для того периода развития сравнительной психологии, оно прослеживается в большинстве работ того времени. Обобщая эти работы, Н. Н. Ладыгина-Котс (Ладыгина-Котс, 1963, с. 318) писала, что «обезьяны имеют элементарное конкретное образное мышление (интеллект), способны к элементарной абстракции и обобщению, и эти черты приближают их психику к человеческой». При этом автор подчеркивала, что «... их интеллект качественно, принципиально отличен от понятийного мышления человека» (там же).

Высказываясь столь осторожно, Надежда Николаевна в то же время от монографии к монографии последовательно подводила фундаментальную базу под представление о том, что в психике антропоидов наличествуют «предпосылки человеческого мышления» — и именно так она назвала свою последнюю монографию о когнитивной деятельности шимпанзе, опубликованную уже после ее кончины (Ладыгина-Котс, 1965).

Как уже упоминалось, наряду с изучением мышления приматов Н. Н. не теряла интереса и к сравнительному изучению инстинктивного поведения. А в 1925 г. появилась еще одна возможность реализовать эту заинтересованность, потому что у супругов Котс, наконец, родился сын Рудольф Александрович (Руди), и его поведение (до 5-летнего возраста) было изучено и описано столь же скрупулезно и во всех тех же аспектах, как в свое время поведение Иони (рис. 14). Сотни фотографий и рисунков (наряду с тысячами страниц протоколов) запечатлели онтогенез всех форм видоспецифического поведения человека.



Рис. 14. Н. Н. Ладыгина-Котс с детенышем шимпанзе (на фото сверху) и с сыном (1925 г.) (на фото внизу)

Сопоставление этих уникальных данных заняло несколько лет и послужило далее основой для развернутого сравнения практически всех сторон онтогенеза поведения и психики антропоида и ребенка человека. Оно легло в основу наиболее известного труда Н. Н. Ладыгиной-Котс, принесшего ей мировую славу — монографии «Дитя шимпанзе и дитя человека в их инстинктах, эмоциях, играх, привычках и выразительных движениях» (1935). Это фундаментальный труд — в объеме 37,5 печатных листов, включающий 22 таблицы с зарисовками различных поз Иони, выполненных знаменитым анималистом В. А. Ватагиным. Самостоятельную ценность представляют сотни фотографий, позволяющих сопоставить

шимпанзе и ребенка, значительная часть которых была мастерски выполнена А. Ф. Котсом. Они объединены в 120 таблиц отдельного, второго тома. Эти таблицы иллюстрируют практически любые стороны поведения Иони и Руди. В сочетании с рисунками Ватагина их можно рассматривать как своего рода этограмму и молодого шимпанзе, и ребенка.

Большие фрагменты этой книги были сразу же переведены на ряд европейских языков и вызвали огромный интерес, который сохраняется в мировой науке все прошедшие с тех пор десятилетия. Об этом свидетельствует полный перевод книги на английский язык, изданный в 2002 г. по инициативе известного американского приматолога Ф. де Ваала с его предисловием (de Waal, 2002), а также с предисловием супругов А. и Б. Гарднер (Gardner, Gardner, 2002) – авторов первой попытки изучения зачатков речи у современных антропоидов (Gardner, Gardner, 1969, 1985, 2002). В книге размещена в качестве послесловия также обширная статья де Ваала с соавторами (Parr et al., 2002), в которой представлены результаты исследований мимики шимпанзе, проведенных в течение 75 лет после выхода книги Ладыгиной-Котс.

Нужно признать, что соотечественники в большом долгу перед Н. Н., так как за полвека, прошедшие после ее кончины в 1963 г., ни одна ее монография не была переиздана. В настоящее время положение начало меняться. Благодаря поддержке ректора МПСИ, академика РАО С. К. Бондыревой, в 2011 г. вышло в свет второе издание давно ставшей библиографической редкостью книги «Дитя шимпанзе и дитя человека». Не менее важное значение имеет проводимая Дарвиновским музеем под руководством А. И. Клюкиной оцифровка архивов супругов Котс⁷, которая была начата по инициативе и при финансовой поддержке П. Р. Котса. Будем надеяться, что это только первые шаги на пути возвращения читателям ее наследия.

Но вернемся к книге Ладыгиной-Котс. По полноте характеристик поведения обоих объектов «Дитя шимпанзе и дитя человека» – практически энциклопедия. Именно в ней Н. Н. опубликовала основные данные о видоспецифическом поведении Иони. Чтобы дать представление о характере и объеме материала, приведу (с небольшими сокращениями) содержание первой части книги.

Часть 1 (описательная). ПОВЕДЕНИЕ ДИТЯТИ ШИМПАНЗЕ

Глава 1. Описание внешнего облика шимпанзе

А. Лицо шимпанзе в статике

Б. Руки шимпанзе

В. Ноги шимпанзе

Г. Тело шимпанзе в статике

Д. Тело шимпанзе в динамике

Е. Лицо шимпанзе в динамике

Глава 2. Эмоции шимпанзе, их внешние выражения и вызывающие их стимулы

А. Эмоция общей возбудимости

Б. Эмоция радости

В. Эмоция печали

Глава 3. Инстинкты шимпанзе

А. Инстинкт самоподдержания у здорового и больного шимпанзе

Б. Инстинкт питания

⁷ В ближайшее время архив будет доступен на сайте Дарвиновского музея. URL: <http://darwinmuseum.ru>.

- В. Инстинкт собственности*
- Г. Инстинкт гнездостроения*
- Д. Половой инстинкт*
- Е. Сон шимпанзе*
- Ж. Свободолюбие и борьба за свободу*
- З. Инстинкт самосохранения (защиты и нападения)*
- И. Инстинкт общения*
- Глава 4. Игры шимпанзе*
 - А. Подвижные игры*
 - Б. Психическая активность шимпанзе*
 - В. Развлечение звуками*
 - Г. Игры экспериментирования*
 - Д. Разрушительные игры*
- Глава 5. Предусмотрительное поведение шимпанзе (обман, хитрость)*
- Глава 6. Употребление орудий*
- Глава 7. Подражание*
- Глава 8. Память шимпанзе (привычки, условно-рефлекторные акты)*
- Глава 9. Условный язык (жестов и звуков)*
- Глава 10. Природные звуки шимпанзе*

Характерно, что описание единственного детеныша шимпанзе, находившегося в весьма далеких от видовой нормы условиях содержания в неволе, оказалось исчерпывающе точным. Отметим, что Н. Н. писала этот свой труд в 1930-е гг., в тот период, когда этология только начала оформляться как самостоятельная наука, причем об этологии человека речи вообще еще не было. И лишь гораздо позднее, в 1960-е гг., видоспецифическое поведение антропоидов в природной среде обитания, а затем и поведение человека сделались объектом пристального внимания этологов. Дж. Гудолл (1992) была первой среди этологов, кто столь же скрупулезно изучал поведение шимпанзе, но уже в природных условиях. За прошедшие с тех пор десятилетия появились еще сотни работ и этологов, и психологов об онтогенезе поведения и психики шимпанзе, в которых данные Ладыгиной-Котс получили подтверждение и развитие. Можно привести массу примеров, когда точность этих данных была подтверждена в современных работах. Ограничимся упоминанием о специальном сопоставлении ее наблюдений за выразительными движениями у шимпанзе и ребенка с современными этологическими работами, которое проводится в статье Part с соавторами (Part et al., 2002) в английском издании книги.

Проведенный нами сравнительный анализ игрового поведения шимпанзе в неволе – по данным Ладыгиной-Котс (1935) – и в природе – по данным Гудолл (1992) и других этологов – показал их полное совпадение (Зорина, 1998). Приведу только один пример: Н. Н. подробно описала у Иони игры, относящиеся к категории «игры экспериментирования», выделенной еще Гроссом. Иони подолгу переливал воду из чашки в чашку, пересыпал крупу из руки в руку и т.п. Можно было предположить, что подобные занятия – нечто искусственное, результат жизни «обезьянчика» в неволе, с людьми, которым он мог со скуки подражать. Однако оказалось, что и в природе детеныши вольных шимпанзе играют очень сходным образом. Дж. Гудолл (1992), например, описывает, как молодая самка шевелила палочкой цепочку муравьев, не пытаясь их есть, а именно наблюдая, как они уклоняются от ее воздействий. Другой пример – игры с воображаемыми предметами, также многократно

описанные этологами у антропоидов в природе, или игра с водой у шимпанзе Тараса в период жизни на озерном острове (Фирсов, 1977). Более поздние исследования современных этологов также содержат подобные наблюдения.

Во 2-й части первого тома с той же подробностью описано и проанализировано поведение ребенка. Но особую ценность составляет проведенное Ладыгиной-Котс в 3-й части детальное «пошаговое» сравнительное описание абсолютно всех форм поведения ребенка и шимпанзе одного возраста. Это описание сопровождается уже упомянутыми таблицами второго тома, которые демонстрируют черты сходства и отличия в строении тела, в основных позах, в эволюции стояния и ходьбы (двуногой), ее усовершенствование у ребенка, преимущества шимпанзе при лазании по высотам, сравнение ухода за собой у ребенка и шимпанзенка (рис. 15). Целый ряд таблиц посвящен иллюстрации сходства в выражении основных эмоций и различия в более тонких эмоциональных сферах, а также сходству элементарной моторики и отставанию шимпанзе в совершенствовании тонких навыков владения приборами и орудиями.



Рис. 15. Таблица 61. Уход за собой у человека и шимпанзе (приводится по: Ладыгина-Котс, 1935)

Этот перечень можно продолжать еще долго, но я приведу лишь отрывки из обобщения, сделанного Ладыгиной-Котс. Она пишет: «Сходство дитяти шимпанзе со сверстником-человеком обнаруживается во многих пунктах, но лишь при поверхностном наблюдении обоих малышей в инстинктивных, игровых, эмоциональных проявлениях; оно особенно велико при сопоставлении их поведения в сравнительно нейтральных сферах действия – в некоторых видах игр (в подвижных, разрушительных, спортивных играх, в играх экспериментирования), во внешнем выражении главных эмоций, в волевых действиях, в некоторых УР навыках, в элементарных интеллектуальных процессах (любопытстве, наблюдательности, узнавании, уподоблении), в нейтральных звуках <...>, но как скоро мы начинаем углублять наш анализ и пытаемся провести знаки равенства между одинаковыми формами по-

ведения у обеих малышей, мы убеждаемся, что не в состоянии этого сделать, и вынуждены поставить знаки неравенства, обращенные развилком то в сторону шимпанзе, то в сторону человека. И в конечном результате мы наблюдаем дивергентное расхождение обоих созданий. И в итоге оказывается, что чем более витально важные биологические черты мы берем для сравнения, тем чаще шимпанзе получает перевес над человеком; чем более высокие и тонкие психические качества входят в центр нашего аналитического внимания, тем чаще шимпанзе уступает в них человеку» (Ладыгина-Котс, 1935, с. 470).

Все это хорошо отражено также в подробной таблице в конце книги (там же, с. 478–490), где все эти обширные сравнительные данные о психике шимпанзе и ребенка четко систематизированы. Н. Н. включила в таблицу «51 черту поведения» и разделила их на следующие VIII категорий:

1. Сравнение поз и телодвижений;
2. Сравнение внешнего выражения эмоций;
3. Сравнение стимулов, вызывающих основные эмоции;
4. Сравнение инстинктивных действий;
5. Сравнение игр;
6. Сравнение волевых черт;
7. Сравнение интеллектуальных черт;
8. Сравнение навыков – условных рефлексов

Для каждого признака она указывает: «Черты поведения, свойственные исключительно или по преимуществу шимпанзе», «Сходные черты поведения у шимпанзе и у сверстника-человека», «Черты поведения, специфично или преимущественно человеческие».

Вот, например, как отражены сходство и различие в характере некоторых игр у ребенка и шимпанзе. В частности, при игре в прятки шимпанзенок маскируется виртуозно, тогда как ребенок прячется чисто символически (рис. 16 и табл. 1).



Табл. 76. Игра ребенка и прятки.

Рис. 16. Таблица 61. Игры ребенка в прятки (приводится по: Ладыгина-Котс, 1935)

Таблица 1. Сравнение игр шимпанзе и человека (приводится по: Ладыгина-Котс, 1935)

	«Черты поведения, свойственные исключительно или гл. обр. шимпанзе»	«Сходные черты поведения у шимпанзе и у сверстника человека»	«Черты поведения, специфично или преимущественно человеческие»
§30. Спортивные игры	Злоба при неудачном финише	Соревнование в беге, ловле, отнимание, борьба, предпочитание убления от сильного, преследование слабого соперника	Плач при неудачном финише
§34. Прятки	Более совершенное прятание	Предпочитают прятаться, а не искать	Мнимое прятание

Такая организация материала не только дает ясное представление об объеме и характере наиболее важных из полученных данных, но для современного исследователя может служить некоей матрицей, своего рода «таблицей Менделеева», в которой время от времени заполняются пустые клетки или уточняются старые.

Так, современные исследования позволяют добавить в графу «Сходные черты поведения у шимпанзе и у сверстника-человека» целый ряд сложных когнитивных функций, которые отсутствуют у низших приматов, но которые в той или иной степени сходны у антропоидов и детей до трех лет. К их числу можно отнести самоузнавание в зеркале, которое формируется у обоих детенышей после проанализированного Н. Н. возраста, а также понимание намерений партнеров (theory of mind); способность к «социальному манипулированию» и «преднамеренному обману»; способность к выявлению аналогий и некоторые другие формы абстрактного мышления (подробнее см.: Зорина, Смирнова, 2013). К этой же категории относится и способность к рисованию, которую впервые описала Ладыгина-Котс. В настоящее время работами Л. А. Фирсова (Фирсов, Чижиков, 2003) и его ученицы и последовательницы М. А. Ванчатовой (Vancatova, 1999; Vancatova, 2008) показано, что склонность к рисованию проявляется у всех видов антропоидов, а их рисунки похожи на рисунки детей до трех лет. Можно упомянуть, что 120-летие со дня рождения Н. Н. Ладыгиной-Котс было отмечено выставкой рисунков антропоидов⁸. На ней были представлены как материалы из фондов Н. Н. Ладыгиной-Котс, так и рисунки, которые собрала и изучила М. А. Ванчатова. Ее публичная лекция на эту тему (см.: Муравьева, 2009) привлекла всеобщее внимание.

Один из наиболее показательных примеров того, как данные Н. Н. Ладыгиной-Котс получают сейчас развитие и дополнение – это вопрос о языковых способностях современных антропоидов. Н. Н. описала «условный язык» ее общения с Иони. Как и другие исследователи тех лет, она не обнаружила у него ни признаков понимания звучащей речи (кроме ограниченного числа специально заученных команд), ни каких-то других намеков на зачатки второй сигнальной системы, что и отметила в своей книге.

Современные американские исследования (Gardner, Gardner, 1985; Fouts, Mills, 1997; Savage-Rumbaugh, Lewin, 1994; см. также: Зорина, Смирнова, 2006) заставляют пересмотреть это заключение. Оказалось, что человекообразные обезьяны, «усыновленные» с более раннего, чем Иони, возраста и растущие в более сложной и полноценной социальной среде, могут овладевать языками-посредниками – простейшими незвуковыми аналогами язы-

⁸ Государственный Дарвиновский музей и Чешский центр в Москве. Выставка «Рисунки приматов: истоки творчества или игра природы?», 2009.

ка человека (амслен, йеркиш) для общения с человеком и друг с другом. Самое поразительное, что они могут спонтанно (так же, как это делают дети) начать понимать и звучащую человеческую речь, причем не только отдельные слова, но и целые предложения, понимают синтаксис звучащей речи человека на уровне 2-летних детей. Тем самым, одна из «пустых» виртуальных клеток в таблице Ладыгиной-Котс – относительно зачатков второй сигнальной системы – была заполнена достоверной информацией.

Многие стороны поведения и психики шимпанзе Ладыгина-Котс исследовала практически первой. Так, она первой сравнила реакцию на собственное отражение в зеркале у антропоида и ребенка, выделила 7 сходных стадий раннего развития этой способности и показала, что до четырех лет шимпанзе себя в зеркале не узнает, что вполне совпадает с современными данными. Она же впервые обнаружила, что шимпанзе использует указательный жест (рис. 17).

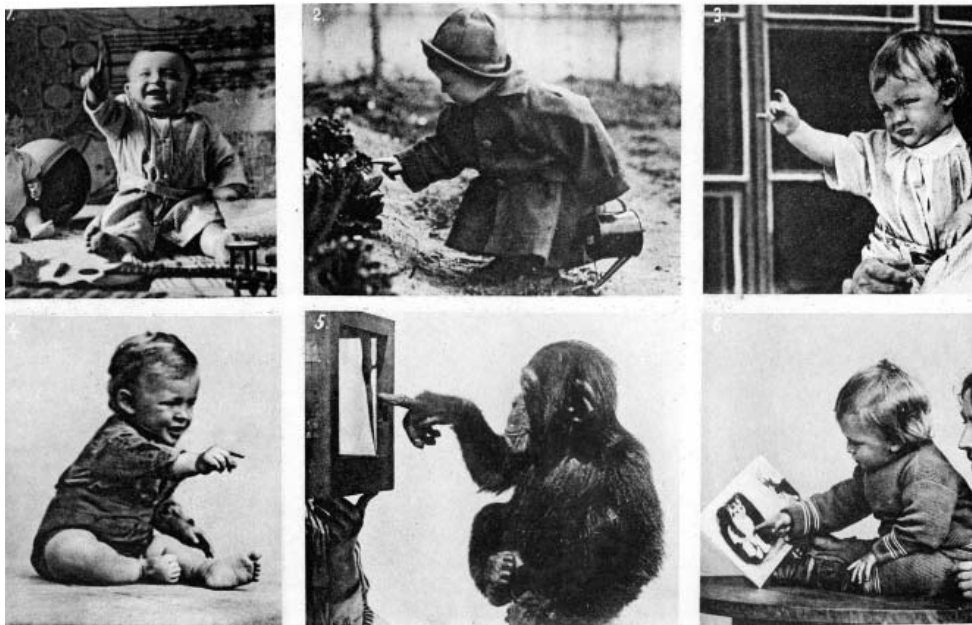


Рис. 17. Таблица 97. Употребление указательного пальца у ребенка и шимпанзе (приводится по: Ладыгина-Котс, 1935)

Нельзя не упомянуть также, что Н. Н. приводит многочисленные свидетельства того, что Иони уже в том своем раннем возрасте (до четырех лет) постоянно учитывал не только поведение окружающих его людей, но и их намерения, их предполагаемые действия. В самых разных ситуациях он проявлял, по ее выражению, «предумышленные действия, обман, наивную хитрость». Н. Н. не пишет о каких-то различиях между ребенком и шимпанзе, тем не менее, важно отметить, что она первой привлекла внимание к этой стороне психики шимпанзе. Как и во многих других случаях, Н. Н. здесь надолго опередила свое время, заглянув далеко вперед, потому что изучение именно этих сторон поведения – модели психического (theory of mind), социального познания (social cognition), макиавеллизма (machia-vellian intelligence) составляет, как известно, одну из самых важных и обширных областей в современных исследованиях приматов как этологами (в природе), так и психологами.

Продолжая сравнительный анализ психики ребенка и шимпанзе, Н. Н. пишет: «И, наконец, мы находим у человека такие специфические черты, которых мы совершенно не можем отыскать у шимпанзе, и которые выпадают из поля нашего сравнения, это: из группы анатомо-физиологических черт – вертикальная походка и ношение в руках; в области инстинктов – звукоподражание человеческому голосу (отсутствие смеха, пения, членораздельной речи, репродукция слов); в области эмоций – моральное, альтруистическое чувство и чувство комического; в области эгоцентрических инстинктов – легкое уступание собственности; в области социальных инстинктов – мирное организованное общение с ниже себя стоящими существами; в области игры – творческие, изобразительные и конструктивные игры; в области интеллекта – воображение, осмысленная логическая речь, счет; в области привычек – усовершенствование жизненно полезных обиходных навыков, присутствие слухо-интеллектуально-звуковых и зрительно-интеллектуально-звуковых условных рефлексов. С другой стороны, замечательно то, что у шимпанзе мы не находим ни одной психической черты, которая не была бы свойственна человеку на той или иной стадии его развития» (Ладыгина-Котс, 1935, с. 471).

Современные исследователи имеют разные точки зрения по этому вопросу (Крушинский, 2009; Панов, 2011). Спор о мере сходства и отличий когнитивных способностей антропоидов и человека еще долго будет продолжаться и вряд ли когда-нибудь кончится. Поэтому в заключение хочется привести слова супругов А. и Б. Гарднер – еще одних первопроходцев когнитивной науки о психике животных, написанные уже в конце XX в.: «Нет барьера, который должен быть разрушен, нет пропасти, через которую нужно перекинуть мост, есть только неизведанная территория, которую нужно исследовать» (Gardner, Gardner, 1985). Приведенный краткий очерк творчества Надежды Николаевны Ладыгиной-Котс свидетельствует о том, что она внесла огромный вклад в исследование «неизведанной территории» – биологических корней психики человека.

Литература

- Гудолл Дж. Шимпанзе в природе: поведение. М.: Мир, 1992. 670 с.
- Зорина З.А. Игра животных // Мир психологии. 1998. № 16. С. 95–117.
- Зорина З.А., Смирнова А.А. История экспериментального изучения мышления животных и роль идей Л. В. Крушинского в формировании современных представлений об элементарном мышлении // Формирование поведения животных в норме и патологии: к 100-летию со дня рождения Л. В. Крушинского (1911-1984) / Сост. И.И. Полетаева, З.А. Зорина. М.: Языки славянских культур, 2013. С. 38–71.
- Зорина З.А., Смирнова А.А. О чем рассказали «говорящие» обезьяны. (Способны ли высшие животные оперировать символами) / Научн. ред. И.И. Полетаева. Смоленск: Языки славянских культур, 2006. 423 с.
- Зорина З.А., Смирнова А.А. Обобщение, умозаключение по аналогии и другие когнитивные способности врановых птиц // Когнитивные исследования: сб. науч. трудов. Вып. 2 / Отв. ред. В.Д. Соловьев, Т.В. Черниговская. М.: Ин-т психологии РАН, 2008. С. 148–165.
- Крушинский Л.В. Биологические основы рассудочной деятельности: Эволюционный и физиолого-генетический аспекты поведения. 3-е изд. / Вступ. ст. А.Ф. Семиохин. М.: URSS, 2009. 270 с.
- Ладыгина-Котс Н.Н. Дитя шимпанзе и дитя человека в их инстинктах, эмоциях, играх, привычках и выразительных движениях: в 2 т. М.: Гос. Дарвиновский музей, 1935. 596 с.
- Ладыгина-Котс Н.Н. Дитя шимпанзе и дитя человека в их инстинктах, эмоциях, играх, привычках и выразительных движениях: в 2 т. 2-е изд.: М.; Воронеж: МПСИ, 2011. 596 с.
- Ладыгина-Котс Н.Н. Исследование познавательных способностей шимпанзе. М.: Пг.: Гос. издат., 1923. 503 с.
- Ладыгина-Котс Н.Н. Конструктивная и орудийная деятельность высших обезьян. М.: АН СССР, 1959. 399 с.



- Ладыгина-Котс Н.Н.* Послесловие // Дембовский Я. Психология обезьян / Под ред. Н.Н. Ладыгиной-Котс. М.: ИЛ, 1963. С. 285–324.
- Ладыгина-Котс Н.Н.* Предисловие // Лютц К.Г. Психология животных (Зоопсихология) / Под ред. Н.Н. Ладыгиной-Котс. Л.; М.: Пучина, 1925. С. 5–13.
- Ладыгина-Котс Н.Н.* Предпосылки человеческого мышления (Подражательное конструирование обезьяной и детьми). М.: Наука, 1965. 110 с.
- Ладыгина-Котс Н.Н.* Различение количества у шимпанзе // Сборник, посвященный Д. Н. Узнадзе. Тбилиси: АН Грузинской ССР, 1945. С. 28–35.
- Муравьева М.* Рисунки приматов как истоки творчества [Электронный ресурс] // Наука и технологии России. STRF.ru. 2009. URL: http://www.strf.ru/material.aspx?CatalogId=222&FullScreen=1&d_no=20264#VDPNLumIrcrct (дата обращения: 22.05.2014).
- Новоселова С.Л.* Генетически ранние формы мышления. М.-Воронеж: МПСИ, НПО «МОДЭК». 2003. 320 с.
- Новоселова С.Л.* Интеллектуальная основа развития деятельности приматов. М.; Воронеж: МПСИ, НПО «МОДЭК», 2001. 288 с.
- Новоселова С.Л.* Н.Н. Ладыгина-Котс – гордость отечественной науки // Выдающиеся психологи Москвы: Сб. / Под ред. В.В. Рубцова, М.Г. Ярошевского. М.: Психологический институт РАО, 1997. С. 76–107.
- Паюв Е. Н.* Знаки, символы, языки: коммуникация в царстве животных и в мире людей. 6-е изд. М.: ЛКИ, 2011. 504 с.
- Смирнова А.А., Лазарева О. Ф., Зорина З.А.* Исследование способности серых ворон к элементам символизации // Журн. высш. нерв. деят. 2002. Т. 52. № 2. С. 241–254.
- Фабри К.Э.* Научное наследие Н.Н. Ладыгиной-Котс и перспективы развития зоопсихологии (к 80-летию со дня рождения) // Бюлл. МОИП, отд. биол. 1969. Т. 74. № 5. С. 134–140.
- Фирсов Л.А.* Поведение антропоидов в природных условиях. Л.: Наука, 1977. 161 с.
- Фирсов Л.А.* Поведение антропоидов в природных условиях / Отв. ред. В.Н. Черниговский; вступ. статья В.Н. Черниговского и З.А. Зориной. 2-е изд. М.: URSS Красанд, 2010. 168 с.
- Фирсов Л.А., Чижиков А.М.* Очерки физиологической психологии. СПб.: Астер-Х, 2003. 220 с.
- Шубина Ю.В.* Век Дарвиновского музея в фактах и фотографиях – The History of the Darwin museum in facts and photographs: альбом / Под ред. А.И. Клюкиной. М.: ULV, 2008. 112 с.
- De Waal F.B.M.* Foreword // N.N. Ladygina-Kohts. Infant chimpanzee and human child. A classic 1935 comparative study of ape emotions and intelligence. N. Y.: Oxford University Press, 2002. P. vii–ix.
- Fouts R.S., Mills S.T.* Next of Kin. My Conversation with Chimpanzees. N. Y.: Avon Books INC, 1997. 420 p.
- Gardner B. T., Gardner R.A.* Signs of intelligence in cross-fostered chimpanzees // Philos. Trans. R. Soc. Lond. Ser. B, Biol. Sci. 1985. Vol. 13. № 308 (1135). P. 159–176.
- Gardner R.A., Gardner B. T.* Introduction to the English edition // N.N. Ladygina-Kohts. Infant chimpanzee and human child. A classic 1935 comparative study of ape emotions and intelligence. N. Y.: Oxford University Press, 2002. P. xi–xv.
- Gardner R.A., Gardner B.T.* Teaching sign language to a chimpanzee // Science. 1969. Vol. 165. № 3894. P. 664–672.
- Ladygina-Kohts N.N.* Infant chimpanzee and human child. A classic 1935 comparative study of ape emotions and intelligence. N. Y.: Oxford University Press, 2002. 549 p.
- Parr L.A., Preuschoft S., de Waal F.B.M.* Afterword: research on facial emotion in chimpanzees, 75 years since Kohts // N.N. Ladygina-Kohts. Infant chimpanzee and human child. A classic 1935 comparative study of ape emotions and intelligence. N. Y.: Oxford University Press, 2002. P. 411–452.
- Savage-Rumbaugh S., Lewin R.* Kanzi. The Ape at the Brink of the Human Mind. N. Y.: J. Wiley and Sons, Inc., 1994/2003. 299 p.
- Smirnova A.A., Lazareva O.F., Zorina Z.A.* Use of number by crows: investigation by matching and oddity learning // Journal of Experimental Analysis of Behavior. 2000. Vol. 73. № 2. P. 163–176.
- Vančatova M. (Ванчатова М.).* Creativity and innovative behaviour in primates on the example of picture-making activity of apes // Вестник НГУ. Сер. Психология. 2008. Т. 2. Вып. 2. С. 50–61.
- Vančatova M. (Ванчатова М.).* The ape picture making activity // Этология человека на пороге XXI века: новые данные и старые проблемы / Под ред. М.Л. Бутовской. М., 1999.



THE IMPORTANCE OF THE WORKS OF N. N. LADYGINA-KOTS FOR THE DEVELOPMENT OF MODERN STUDIES OF THE BEHAVIOR AND PSYCHIC OF ANIMALS (to the 125th anniversary of her birth)

ZORINA Z.A.*, Department of Biology, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia,
e-mail: zorina_z.a@mail.ru

MANDRIKO E.V.**, Department of Biology, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia,
e-mail: pastuchvolk@gmail.com

SMIRNOVA A.A.***, Department of Biology, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia,
e-mail: annsmirn@mail.ru

We present an overview of works of N.N. Ladygina-Kots (1889-1963), an outstanding Russian zoopsychologist, who has made a fundamental contribution to the development of comparative psychology and ethology. We describe her studies of behavior and psychic of a baby chimpanzee (the first in science), in which she gave an exhaustive analysis of its species-specific repertoire, as well as features of perception, memory, etc. Subsequently, she carefully examined the same aspects of child's behavior and mind, and compared these data in her book "Infant chimpanzee and human child" (1935), which still has not lost its significance and is widely cited in the world literature. In experiments on chimpanzees she first proved that the primates has the ability to generalize and abstraction, and during all her life, she consistently studied these and other grounds of thought in animals in different experimental models, considering them as "preconditions of human thought".

Keywords: zoopsychology, comparative psychology, cognitive science, thought in animals, Ladygina-Kots, evolution of psychic, ontogeny of behavior and psychic, chimpanzee.

References

- De Waal F.B.M. Foreword. In N.N. Ladygina-Kohts, *Infant chimpanzee and human child. A classic 1935 comparative study of ape emotions and intelligence*. N.Y., Oxford University Press, 2002, pp. vii–ix.
- Fabri K.E. Nauchnoe nasledie N.N. Ladyginoy-Kots i perspektivy razvitiya zoopsihologii (k 80-letiyu so dnya rozhdeniya) [Scientific heritage of N.N. Ladygina-Kohts and prospects of animal psychology development (on the 80th anniversary)]. *Byull. MOIP, otd. biol. [Bulletin of Moscow Society of naturalists. Biological series]*, 1969, vol. 74, no. 5, pp. 134–140 (In Russ., abstr. in Engl.).

For citation:

Zorina Z.A., Mandriko E.V., Smirnova A.A. The importance of the works of N.N. Ladygina-Kots for the development of modern studies of the behavior and psychic of animals (to the 125th anniversary of her birth). *Ekspierimental'naya psikhologiya = Experimental Psychology (Russia)*, 2014, vol. 7, no. 3, pp. 5–30 (In Russ., abstr. in Engl.).

* Zorina Z.A. Dr. Sci. (Biology), Professor, Head of the Laboratory of Physiology and Genetics of Behavior, Department of Higher Nervous Activity, Faculty of Biology, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia. E-mail: zorina_z.a@mail.ru

** Mandriko E.V. Ph.D. (Biology), Research Associate, Laboratory of Physiology and Genetics of Behavior, Department of Higher Nervous Activity, Faculty of Biology, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia. E-mail: pastuchvolk@gmail.com

*** Smirnova A.A. Ph.D. (Biology), Senior Research Associate, Laboratory of Physiology and Genetics of Behavior, Department of Higher Nervous Activity, Faculty of Biology, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia. E-mail: annsmirn@mail.ru



- Firsov L. A. *Povedenie antropoidov v prirodnykh usloviyakh [Behavior of Apes in the wild]*. Leningrad, Nauka Publ., 1977, 161 p. (In Russian).
- Firsov L. A. *Povedenie antropoidov v prirodnykh usloviyakh [Behavior of Apes in the wild]*. Moscow, URSS Krasand Publ., 2-e izd., 2010, 168 p. (In Russian).
- Firsov L. A., Chizhenkov A. M. *Ocherki fiziologicheskoi psikhologii [Essay for physiological psychology]*. Sankt-Peterburg, Aster-X Publ., 2003, 220 p. (In Russian).
- Fouts R. S., Mills S. T. *Next of Kin. My Conversation with Chimpanzees*. New York, Avon Books INC, 1997. 420 p.
- Gardner B. T., Gardner R. A. Signs of intelligence in cross-fostered chimpanzees. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. Ser. B, Biol. Sci.* 1985, vol. 13, no. 308 (1135), pp. 159–176.
- Gardner R. A., Gardner B. T. Teaching sign language to a chimpanzee // *Science*. 1969, vol. 165, no. 3894, pp. 664–672.
- Gardner R. A., Gardner B. T. Introduction to the English edition. In N. N. Ladygina-Kohts, *Infant chimpanzee and human child. A classic 1935 comparative study of ape emotions and intelligence*. N. Y., Oxford University Press, 2002, pp. xi–xv.
- Goodall J. *The Chimpanzees of Gombe: Patterns of Behavior*. Belknap Press of Harvard University Press, 1986. 673 p. (Russ. ed.: Gudoll Dzh. *Shimpanze v prirode: povedenie [The Chimpanzees of Gombe: Patterns of Behavior]*. Moscow, Mir Publ., 1992, 670 p.).
- Krushinskii L. V. *Biologicheskie osnovy rassudochnoi deyatel'nosti: Evolyutsionnyi i fiziologo-geneticheskii aspekty povedeniya [Experimental studies of elementary reasoning: Evolutionary, physiological, and genetic aspects of behavior]*. Moscow, URSS Publ., 2009, 270 p. (In Russian).
- Ladygina-Kohts N. N. *Infant chimpanzee and human child. A classic 1935 comparative study of ape emotions and intelligence*. N. Y., Oxford University Press, 2002. 549 p.
- Ladygina-Kots N. N. *Issledovanie poznavatel'nykh sposobnostei shimpanze [The study of Chimpanzees Cognitive Abilities]*. Moscow–Petrograd, Gos. izdat. Publ., 1923, 503 p. (In Russian).
- Ladygina-Kots N. N. *Ditya shimpanze i ditya cheloveka v ikh instinktakh, emotsiyakh, igrakh, privychkakh i vyrazitel'nykh dvizheniyakh [Infant Chimpanzee and Human Child in their instincts, emotions, games, habits and expressive movements]*. Moscow, Gos. Darvinovskii muzei Publ., 1935, vol. 1 and 2, 596 p. (In Russian).
- Ladygina-Kots N. N. *Ditya shimpanze i ditya cheloveka v ikh instinktakh, emotsiyakh, igrakh, privychkakh i vyrazitel'nykh dvizheniyakh [Infant Chimpanzee and Human Child in their instincts, emotions, games, habits and expressive movements]*. Moscow–Voronezh, MPSI Publ., 2-e izd., 2011, vol. 1 and 2, 596 p. (In Russian).
- Ladygina-Kots N. N. *Konstruktivnaya i orudiinaya deyatel'nost' vysshikh obez'yan [Tool-making and Tool-using Activities in Apes]*. Moscow, AN SSSR Publ., 1959, 399 p. (In Russian).
- Ladygina-Kots N. N. Posleslovie [Afterword]. In Ladygina-Kots N. N. (ed.), Dembovskii Ya. *Psikhologiya obez'yan [Dembovskii Ya. Psychology of the Apes]*. Moscow, Inostr. Lit. Publ., 1963, pp. 285–324 (In Russian) (Dembovski, Jan. *Psychologia map*. Warszawa, Ksiazka, 1946, 271 s.)
- Ladygina-Kots N. N. Predislovie [Foreword]. In Ladygina-Kots N. N. (ed.), Lyutts K. G. *Psikhologiya zhivotnykh (Zoopsikhologiya) [Lutz K. G. Animal psychology (Zoopsychology)]*. Leningrad-Moscow, Puchina Publ., 1925, pp. 5–13 (In Russian).
- Ladygina-Kots N. N. *Predposylki chelovecheskogo myshleniya (Podrazhatel'noe konstruirovaniye obez'yanoi i det'mi) [Preconditions of human intelligence]*. Moscow, Nauka Publ., 1965. 110 p. (In Russian).
- Ladygina-Kots N. N. Razlichenie kolichestva u shimpanze [Number recognition by chimpanzees]. In *Sbornik, posvyashchennyi D. N. Uznadze [Collected articles devoted to D. N. Uznadze]*. Tbilisi, AN Gruzinskoi SSR Publ., 1945, pp. 28–35 (In Russian).
- Murav'eva M. Risunki primatov kak istoki tvorchestva [Primates's pictures as sources of creativity]. *Nauka i tekhnologii Rossii - STRF.ru [Science and technology in Russia]*, 2009. Available at: http://www.strf.ru/material.aspx?CatalogId=222&FullScreen=1&d_no=20264#.VDPNLumIrct (In Russian).
- Novoselova S. L. Geneticheski rannie formy myshleniya [Genetically earlier forms of cognitive processes]. Moscow–Voronezh, MPSI, NPO «MODEK» Publ., 2003, 320 p. (In Russian).

- Novoselova S. L. *Intellektual'naja osnova razvitija dejatel'nosti primatov* [Cognitive foundation for the development of ape activities]. Moscow-Voronezh, MPSI NPO «MODJeK» Publ., 2001, 288 p. (In Russian).
- Novoselova S. L. N. N. Ladygina-Kots – gordost' otechestvennoj nauki [N. N. Ladygina-Kohts is the pride of the national science]. In Rubtsov V. V., Yaaroshevskii G. M. (eds.), *Vydajushhiesja psikhologi Moskvu* [Famous Moscow psychologists]. Moscow, Psikhologicheskii institut RAO Publ., 1997, pp. 76–107 (In Russian).
- Panov E. N. *Znaki, simvolny, yazyki: kommunikatsiya v tsarstve zhivotnykh i v mire lyudey* [Signs, symbols, languages, communication in the animal kingdom and the people world]. Moscow, LKI Publ., 6-e izd., 2011, 504 p. (In Russian).
- Parr L. A., Preuschoft S., de Waal F. B. M. Afterword: research on facial emotion in chimpanzees, 75 years since Kohts. In N. N. Ladygina-Kohts. *Infant chimpanzee and human child. A classic 1935 comparative study of ape emotions and intelligence*. N. Y., Oxford University Press, 2002. P. 411–452.
- Savage-Rumbaugh S., Lewin R. *Kanzi. The Ape at the Brink of the Human Mind*. N. Y., J. Wiley and Sons, Inc., 1994/2003. 299 p.
- Shubina Yu. V. *Vek Darvinovskogo muzeya v faktakh i fotografiyakh – The History of the Darwin museum in facts and photographs: al'bom* [The History of the Darwin museum in facts and photographs: album]. Klyukina A. I. (ed.), Moscow, ULV Publ., 2008, 112 p. (In Russ., abstr. in Engl.).
- Smirnova A. A., Lazareva O. F., Zorina Z. A. Issledovanie sposobnosti seryh voron k jelementam simvolizacii [Prototype symbolization in hooded crows]. *Zhurn. vyssh. nerv. deiat* [Neuroscience and Behavioral Physiology (Russia)], 2002, vol. 52, no. 2, pp. 241–254. (In Russ., abstr. in Engl.).
- Smirnova A. A., Lazareva O. F., Zorina Z. A. Use of number by crows: investigation by matching and oddity learning. *Journal of Experimental Analysis of Behavior*. 2000, vol. 73, no. 2, pp. 163–176.
- Vančatova M. Creativity and innovative behaviour in primates on the example of picture-making activity of apes. *Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo universiteta, Ser. Psikhologiya* [Bulletin of Novosibirsk State University, Psychological series], 2008, vol. 2, pp. 50–61.
- Vančatova M. The ape picture making activity. In Butovskaya M. L. (ed.), *Etologiya cheloveka na poroge 21 veka: novye dannye i starye problemy* [Human ethology in the 21st century: new data and old problems], Moscow, Staryi sad Publ., 1999.
- Zorina Z. A. Igra zhivotnykh [Animal play]. *Mir psikhologii* [The World of Psychology (Russia)], 1998, no. 16, pp. 95–117 (In Russ., abstr. in Engl.).
- Zorina Z. A., Smirnova A. A. Istoriya eksperimental'nogo izucheniya myshleniya zhivotnykh i rol' idei L. V. Krushinskogo v formirovanii sovremennykh predstavlenii ob elementarnom myshlenii [The history of experimental study of animal reasoning and the contribution of L. V. Krushinsky ideas in development of current concepts of animal cognition]. In I. I. Poletaeva, Z. A. Zorina (eds.), *Formirovanie povedeniya zhivotnykh v norme i patologii: k 100-letiyu so dnya rozhdeniya L. V. Krushinskogo (1911-1984)* [The development of behavior: its normal and abnormal aspects. To the 100 anniversary of L. V. Krushinsky.]. Moscow, Yazyki slavyanskikh kul'tur Publ., 2013, pp. 36–68 (In Russian).
- Zorina Z. A., Smirnova A. A. *O chem rasskazali «govoryashchie» obezyany. (Sposobny li vysshie zhivotnye operirovat' simvolami)* [Told about “Talking” Apes. Are Higher Animals Capable of Symbolization]. Moscow, Yazyki slavyanskikh kul'tur Publ., 2006, 423 p. (In Russian).
- Zorina Z. A., Smirnova A. A. Obobshchenie, umozaklyuchenie po analogii i drugie kognitivnye sposobnosti vranovykh ptits [Concept-Formation, Analogical Reasoning and another Animal Cognitive Capacities]. In Solov'ev V. D., Chernigovskaya T. V. (eds.), *Kognitivnye issledovaniya: sbornik nauchnykh trudov* [Cognitive Studies: Collected papers], vol. 2. Moscow, Institut psikhologii RAN Publ., 2008, pp. 148–165 (In Russ., abstr. in Engl.).

НАУЧЕНИЕ И ПОВЕДЕНИЕ В ОТСУТСТВИЕ ЗРИТЕЛЬНОГО КОНТАКТА СО СРЕДОЙ У КРЫС

АРУТЮНОВА К.Р. *, *Институт психологии, Российская академия наук, Москва, Россия,*
e-mail: arutyunova@inbox.ru

ГАВРИЛОВ В.В. **, *Институт психологии, Российская академия наук, ГБОУ ВПО МГППУ, Москва, Россия,*
e-mail: nvvgav@mail.ru

АЛЕКСАНДРОВ Ю.И. ***, *Институт психологии, Российская академия наук, ГБОУ ВПО МГППУ,*
Москва, Россия,
e-mail: yuraalexandrov@yandex.ru

Целью исследования является выявление особенностей формирования и реализации индивидуального опыта без использования зрения. Для этого крыс (Long Evans) обучали нажимать на педали для получения пищи в кормушках, а затем регистрировали импульсную активность нейронов и ЭЭГ при реализации этого поведения. В данной работе представлены результаты анализа поведенческих особенностей научения инструментальному пищедобывательному поведению и его реализации при исключении зрительного контакта со средой у крыс ($n=47$) с интактной зрительной системой и нормальным зрительным развитием. Животные первой группы обучались новой задаче в незнакомой среде с надетыми на глаза светонепроницаемыми колпачками, а животные второй группы – с открытыми глазами. Показано, что большинство животных, как с открытыми, так и с закрытыми глазами, обучились инструментальному поведению, и различия в скорости и динамике обучения между группами обнаружено не было. Однако динамика реализации поведения (время в актах) на разных этапах эксперимента у животных двух групп различалась. Полученные результаты обсуждаются с позиций системно-эволюционного подхода.

Ключевые слова: индивидуальный опыт, научение, поведение, зрение, крыса.

Введение

Зрению придается исключительное значение в организации отношения индивида со средой (Барабанщиков, Жегалло, 2013). Традиционно под зрением понимаются механизмы переработки зрительной информации о среде в поведении (Marr, 1982; Riesenhuber, Poggio, 2002; Ungerleider, Mishkin, 1982 и др.), однако такой подход в современных исследованиях подвергается критике в силу его ограниченности и при попытках описания общих механизмов взаимодействия индивида с миром (см. обзор в: Cisek, Kalaska, 2010). С позиций системно-эволюционного подхода в психофизиологии (Александров, 1989; Александров и др., 1997; Швырков, 1978, 1986, 1995), мы рассматриваем зрение как сформировавшуюся в эволюции

Для цитаты:

Арутюнова К.Р., Гаврилов В.В., Александров Ю.И. Научение и поведение в отсутствие зрительного контакта со средой у крыс // *Экспериментальная психология.* 2014. Т. 7. № 3. С. 31–43.

* *Арутюнова К.Р.* Аспирант, Институт психологии, Российская академия наук, Москва, Россия. E-mail: arutyunova@inbox.ru

** *Гаврилов В.В.* Кандидат психологических наук, старший научный сотрудник, Институт психологии, Российская академия наук, ГБОУ ВПО МГППУ, Москва, Россия. E-mail: nvvgav@mail.ru

*** *Александров Ю.И.* Доктор психологических наук, заведующий лабораторией, Институт психологии, Российская академия наук, ГБОУ ВПО МГППУ, Москва, Россия. E-mail: yuraalexandrov@yandex.ru



возможность использовать определенные оптические параметры среды для достижения адаптивных поведенческих результатов. Зрение здесь рассматривается не как функция, а как характеристика целостного поведения организма в аспекте его соотношения со «зрительными» свойствами среды. При этом то же самое поведение в зависимости от целей исследования может рассматриваться с другой стороны – в соотношении со «слуховыми», «обонятельными» и другими свойствами этой среды. При нормальном развитии и соответствующей видовой обусловленности зрение является неотъемлемой частью формирования индивидуального опыта – приобретения и фиксации адаптивных моделей взаимодействия индивида с миром. В данной работе изучалось, как наличие и отсутствие контакта с оптическими параметрами среды может проявляться в формировании и реализации индивидуального опыта у крыс при научении новому поведению и его реализации в разных условиях.

Несмотря на то, что, ввиду ночного образа жизни и особенностей естественной среды обитания, экологическое значение зрения для крыс не настолько высоко, как, например, обоняния и слуха, эти животные обладают типичной для млекопитающих зрительной системой и успешно обучаются решению целого ряда сложных зрительных задач (Prusky, Douglas, 2005), в том числе и аналогичных тем, которые используют в исследованиях на приматах и человеке (Prusky et al., 2004; Vermaercke, Op de Beeck, 2012). Показано, что у грызунов скорость обучения некоторым задачам связана с остротой зрения, которая в целом играет значимую роль в пространственном обучении и памяти (Brown, Wong, 2007). При этом известно, что пигментированные крысы, в частности линия *Long Evans*, обладают более острым зрением, чем альбиносные формы лабораторных крыс (Prusky et al., 2002), поэтому первые способны использовать его более эффективно при решении ряда поведенческих задач (Tonkiss et al., 1992). В данной работе применялась модель инструментального поведения, в которой животные, с одной стороны, могли обучиться без зрения, а с другой – имели возможность использовать зрительные ориентиры, если их зрение не ограничивалось условиями эксперимента.

Изучение того, как отсутствие зрительного контакта со средой сказывается на поведении и его мозговой организации, часто связано с исследованием структурных и функциональных изменений при слепоте и долговременной зрительной депривации у животных (см., напр.: Bavelier, Neville, 2002; Hill, Best, 1981; Save et al., 1998; Zernicki, 1979 и др.) и человека (Сергиенко, 1995; Amedi et al., 2003; Bavelier, Neville, 2002; Lambert et al., 2004 и др.) Целью данного исследования, напротив, было выявление поведенческих особенностей научения при исключении зрительного контакта со средой у крыс с интактной зрительной системой и нормальным зрительным развитием. Для этого изучались поведенческие показатели научения животных новой задаче в незнакомой среде с открытыми и с закрытыми глазами, а также его последующая реализация в этих и обратных условиях. Исходя из системно-эволюционных представлений, мы полагаем, что зрительный контакт со средой может быть связан с обеспечением большей степени дифференцированности характеристик структуры индивидуального опыта, тем самым обеспечивая более сложные способы взаимодействия индивида со средой. Исключение возможности использовать оптические параметры среды на поведенческом уровне может проявляться в скорости и динамике научения, а также при реализации актов уже сформированного поведения. Для выявления и анализа возможных особенностей научения и поведения в отсутствие зрительного контакта со средой у крыс в данной работе сопоставляются количественные показатели научения и поведения в двух группах животных, обучающих-



ся одному и тому же инструментальному поведению в разных условиях – с открытыми и с закрытыми глазами.

Методика

Исследование проведено на 47 крысах линии *Long Evans* в возрасте 3–11 месяцев. Крысы содержались в отдельных клетках в вивариуме с 12-часовым циклом смены дня и ночи. Для обучения инструментальному пищедобывательному поведению все крысы были разделены на две группы. Животные первой группы ($n=31$) попадали в комнату, где проводился эксперимент, с уже закрытыми глазами, и до этого они никогда эту комнату не видели. Глаза закрывались специально сконструированными светонепроницаемыми колпачками (рис. 1А). Колпачки надевали лишь на 30–40 мин в день – только на время проведения экспериментальных сессий, в домашних клетках животные находились с открытыми глазами. Животные второй группы ($n=16$) обучались с открытыми глазами. Перед каждой сессией с животными этой группы проводились манипуляции по надеванию колпачков, аналогичные проводившимся с животными первой группы.

Для контроля качества закрытия глаз проверяли наличие вызванных потенциалов (ВП) на ритмические вспышки света в корковых отведениях ЭЭГ (рис. 1Б). Для этого всем животным до начала обучения под общей анестезией (*Zoletil*, внутримышечно) были имплантированы хлорсеребряные электроды (сопротивление – 30 кОм). Электроды располагались эпидурально над моторной (а. 3.0, l. 3.5), ретроспленальной (р. 4.5, l. 1.0) и зрительной (р. 7.5, l. 4.0) областями коры правого полушария мозга. Референтный электрод располагался над носовыми пазухами (а. 11.0, l. 1.0), землей служил электрод, расположенный под затылочной костью. Эксперимент начинали через 7–10 дней после операции, что требовалось для восстановления животных. Генерация вспышек света при регистрации ВП производилась при помощи бесшумной светодиодной лампы, расположенной на потолке клетки, на расстоянии 30–50 см от животного. Вспышки предьявлялись в течение двух мин, при этом крыса находилась в свободном поведении в боксе размером 30х40 см на расстоянии 50 см от источника вспышек. Частота вспышек – 1 Гц, длительность – 30 мс. Для усиления сигнала ЭЭГ использовали четырехканальный усилитель DL304N NBLab. Полоса пропускания – 1 Гц–1 КГц.

Исследование проводилось в экспериментальной клетке, которая представляла собой куб с ребром 60 см. По углам клетки располагались две педали и две автоматически подающиеся кормушки. При нажатии на эффективную педаль порция пищи (кубик сыра) подавалась в соответствующую данной педали кормушку. Эффективной могла быть только одна педаль. Смена эффективной педали производилась экспериментатором. Экспериментальная клетка была оборудована датчиками, позволяющими регистрировать моменты и продолжительность нажатия на педали и опускания головы животного в кормушки.

В экспериментальной клетке животные имели возможность научиться нажимать на педаль для получения пищи в кормушке. До начала сессий обучения животные подвергались пищевой депривации (потеря в весе не превышала 20% от первоначального веса животного). Методом проб и ошибок крысы научались совершать инструментальное пищедобывательное поведение сначала на одной педали, затем на второй. Для этого крысу помещали в экспериментальную клетку на 30 мин ежедневно. Критерием научения служило регулярное циклическое поведение нажатия на педаль и получения пищи в кормушке. Объективным показателем научения служило число нажатий на эффективную педаль с последующими подходами к кормушке. Считали, что животное научилось, когда это число

превышало 30 в одну сессию обучения, и поведение становилось циклическим: нажатие на педаль – побежка к кормушке – залезание в кормушку и захват пищи – побежка к педали и т.д. Когда животное научилось поведению на двух педалях клетки, в отдельных экспериментальных сессиях проводили регистрацию поведенческих показателей.

Поведенческие показатели проанализированы у 18 животных (по 9 животных из каждой группы). У этих животных регистрацию поведения проводили в три этапа. На первом этапе поведение тестировалось в тех же условиях, в которых оно формировалось, с закрытыми или с открытыми глазами. На втором этапе животным, которые обучались с закрытыми глазами, светонепроницаемые колпачки снимали, а животным, которые обучались с открытыми глазами, – колпачки надевали. После восстановления регулярного циклического поведения в новых для животных условиях проводили регистрацию поведенческих показателей. Третьим этапом считали повторное надевание колпачков животным первой группы, которые обучались с закрытыми глазами, и повторное снятие колпачков животным второй группы, которые обучались с открытыми глазами. Регистрировали поведение в тех же условиях, в которых животные обучались изначально.

Для анализа данных использовали программы IBM SPSS Statistics 20 и Statistica 6.0. При сопоставлении скорости научения и времени реализации актов поведения между животными двух групп использовали U-критерий Манна-Уитни. Для анализа времени реализации поведения на разных этапах эксперимента считали медианное значение скорости актов поведения и разброс в квартилях. Сдвиг в показателе времени реализации актов поведения на разных этапах эксперимента оценивали по критерию Т Вилкоксона. Достоверными считали различия с уровнем значимости $p < 0,05$.

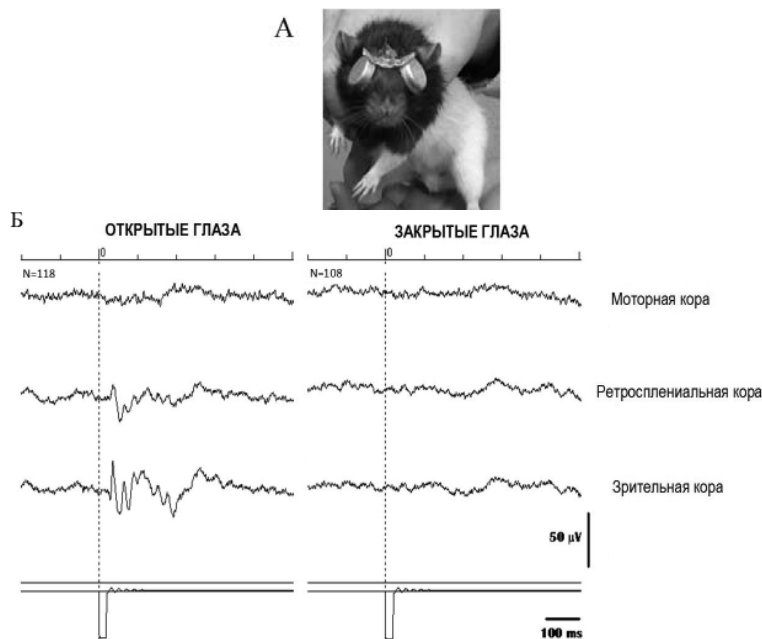


Рис. 1. Исключение зрительного контакта со средой. А. Крыса с надетыми на глаза светонепроницаемыми колпачками. Б. ЭЭГ-потенциалы на ритмические вспышки света. Показаны усредненные потенциалы из отведений в моторной, ретроспленальной и зрительной коре крысы с открытыми (слева) и закрытыми (справа) глазами. С открытыми глазами наблюдались вызванные потенциалы (ВП) в зрительной и ретроспленальной коре. С закрытыми глазами ВП отсутствовали



Результаты

Большинство животных (68%, $n=21$ – в группе с закрытыми глазами и 81%, $n=13$ – в группе с открытыми глазами, см. верхние диаграммы на рис. 2) научились нажимать на педали для получения пищи в кормушках. Число животных, не обучившихся данному поведению за отведённые 15 тридцатиминутных сессий, в двух группах значимо не отличалось (см. верхние диаграммы на рис. 2: $\chi^2(1, N=47)=0,96, p=0,33$).

Для обучения на первой педали животным обеих групп потребовалось от 4-х до 14-и тридцатиминутных сессий, на второй – от 1-й до 4-х. Все животные обучались поведению на второй педали быстрее, чем на первой, продемонстрировав «перенос» навыка. Разницы между двумя группами в скорости научения не было обнаружено ни на первой (критерий Манна-Уитни, $n_1=21, n_2=13, U=123,5, p=0,65$), ни на второй (критерий Манна-Уитни, $n_1=21, n_2=13, U=74,5, p=0,09$) педалях (см. нижние гистограммы на рис. 2).

Хотя животным потребовалось разное количество сессий для освоения задачи на первой стороне экспериментальной клетки, динамика научения была сходной у крыс двух групп (рис. 3). В первую сессию обучения, как правило, наблюдалось активное исследовательское поведение, в процессе которого животные многократно совершали побежки по периметру клетки, несколько раз нажимая на эффективную педаль и затем находя пищу в соответствующей данной педали кормушке. В последующие сессии обучения количество нажатий на педали и активность животных несколько снижались. Значимое повышение эффективности поведения, соответствующее использованному нами объективному критерию научения (см. Методика), как правило, происходило в рамках одной сессии и наступало на 4–14-й день. С животными, не обучившимися за 15 тридцатиминутных сессий, эксперимент прекращали. Зачастую их поведение можно было охарактеризовать как «пассивное ожидание» окончания сессии и возвращения в домашние клетки, их активность была значительно снижена и сводилась к нахождению в одном из углов экспериментальной клетки и грумингу. Тем не менее, это не исключает возможности того, что и эти животные могли бы научиться задаче, если бы им дали возможность находиться в экспериментальной клетке в течение большего количества сессий.

Обучение на второй стороне было значительно динамичнее. После некоторого количества неуспешных попыток нажатия на неэффективную педаль, животные совершали побежки по периметру клетки и довольно быстро находили вторую педаль, которая становилась эффективной и приносила пищу в другой кормушке. При этом, несмотря на быстрое обнаружение эффективности второй педали, животные часто возвращались к первой педали и совершали по несколько проб на неэффективной стороне.

Научившиеся задаче животные обеих групп реализовывали сходное по структуре циклическое поведение, в котором для последующего анализа выделялись следующие акты: нажатие на педаль, побежка к кормушке, поедание пищи в кормушке и побежка к педали. При анализе длительностей актов нажатия на педаль и поедания пищи в кормушке наблюдалась высокая вариативность как между реализациями данных актов разными животными, так и в отдельных циклах, реализуемых одними и теми же животными. Принимая во внимание данную вариативность, для выявления особенностей в скорости реализации поведения с использованием зрения и при его исключении сопоставлялись только длительности побегов от педалей к кормушкам и от кормушек к педалям.

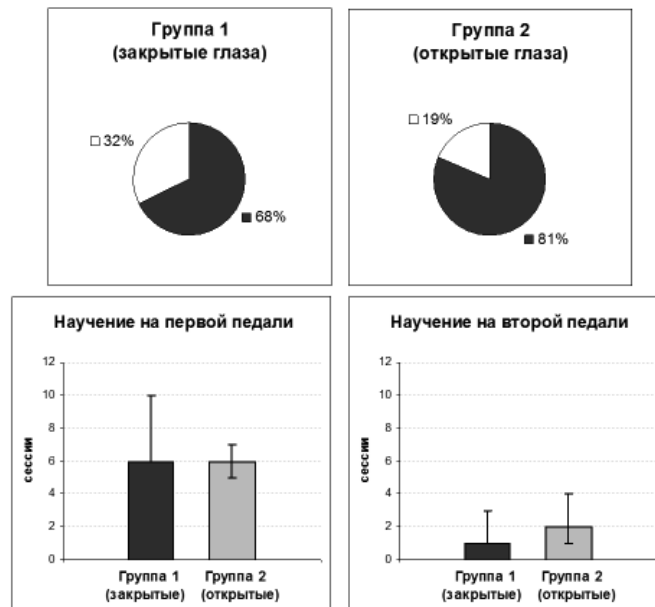


Рис. 2. Научение инструментальному поведению у двух групп животных. На верхних диаграммах отражено процентное соотношение числа животных, научившихся (темно-серым цветом) и не научившихся задаче. Слева – группа, обучавшаяся с закрытыми глазами ($n=31$), справа – с открытыми глазами ($n=16$). Соотношение числа научившихся и не научившихся животных между двумя группами значительно не отличалось (критерий χ^2 , $p>0,05$). На нижних гистограммах указано число тридцатиминутных сессий, потребовавшееся для научения животных поведению на первой (слева) и второй (справа) педалях. Указаны медианные значения и разброс в квартилях. Группа 1 ($n=21$) обозначена темно-серым цветом, группа 2 ($n=13$) – светло-серым цветом. Значимых различий в скорости научения между двумя группами обнаружено не было (критерий Манна-Уитни, $p>0,05$)

Анализ поведенческих показателей в дефинитивном поведении после научения задаче показал, что животные с открытыми глазами (группа 2) совершали побежки к кормушкам и к педалям быстрее, чем животные с закрытыми глазами (группа 1), это наблюдалось как на первой (критерий Манна-Уитни, $n_1=9$, $n_2=9$, $U=18$, $p<0,05$), так и на второй (критерий Манна-Уитни, $n_1=9$, $n_2=9$, $U=16$, $p<0,03$) сторонах экспериментальной клетки (рис. 4). У животных обеих групп скорость реализации поведения на первой и второй сторонах клетки не отличалась (критерий Вилкоксона, $p>0,05$).

При анализе поведения на трех этапах эксперимента у животных, обучавшихся с открытыми и с закрытыми глазами, наблюдалась разная динамика. У крыс из группы 2, изначально обучавшихся с открытыми глазами, закрывание глаз на втором этапе эксперимента приводило к значимому замедлению поведения (рис. 5, критерий Вилкоксона, первая сторона: $n=9$, $Z=2,55$, $p<0,02$; вторая сторона: $n=9$, $Z=2,67$, $p<0,01$). При этом, после открывания глаз на третьем этапе скорость реализации побегов снова увеличивалась до прежнего уровня (критерий Вилкоксона, первая сторона: $n=9$, $Z=2,55$, $p<0,02$; вторая сторона: $n=9$, $Z=2,67$, $p<0,01$). В группе 1 наблюдалась менее выраженная динамика скорости реализации поведения на протяжении трех этапов эксперимента. У животных, обучавшихся с закрытыми глазами, открывание глаз на втором этапе эксперимента привело к небольшому ускорению поведения, и этот эффект достиг уровня значимости только на первой стороне экспериментальной клетки (критерий Вилкоксона, $n=9$, $Z=2,31$, $p<0,03$). Повторное закрывание глаз не приводило к значимым сдвигам в скорости поведения по сравнению с первым и вторым этапами (критерий Вилкоксона, $p>0,05$).

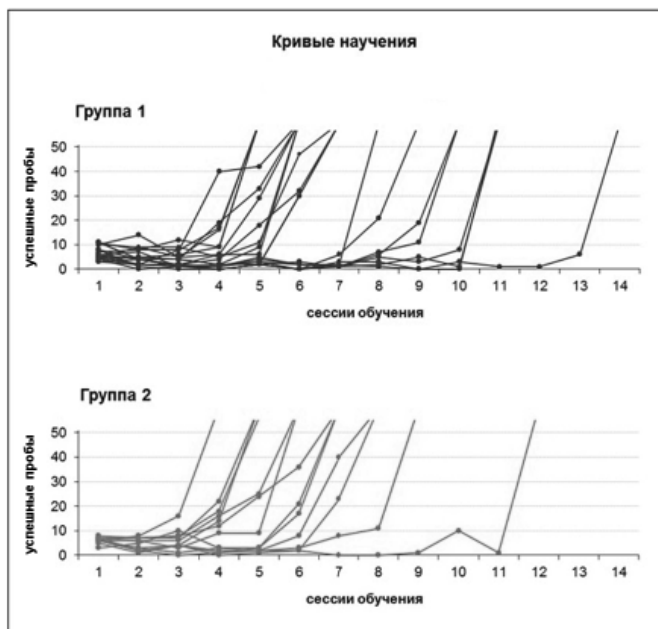


Рис. 3. Кривые научения задаче для животных двух групп. Показано число успешных проб – нажатий на эффективную педаль с последующим захватом пищи – в сессиях научения на первой стороне экспериментальной клетки. Животным потребовалось разное количество сессий для освоения задачи – от 4-х до 14-и, однако динамика научения была сходной у крыс двух групп: значимое повышение эффективности поведения, как правило, происходило в рамках одной сессии. Объективный показатель научения – число нажатий на эффективную педаль с последующими подходами к кормушке. Считали, что животное научилось, когда это число превышало 30 в одну сессию обучения, и поведение становилось цикличным

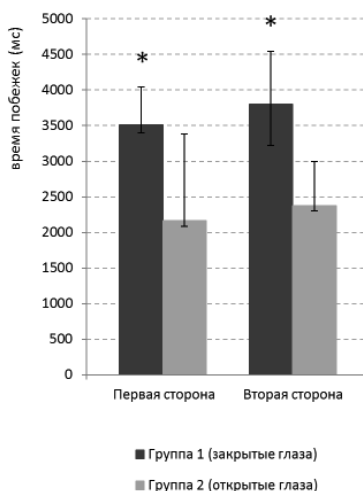


Рис. 4. Скорость реализации поведения после научения. Время побегов к педалям и кормушкам клетки (в мс) после обучения на обеих сторонах экспериментальной клетки. Темно-серые столбцы – поведение животных с закрытыми глазами (группа 1). Светло-серые столбцы – с открытыми глазами (группа 2). На обеих сторонах клетки животные с открытыми глазами совершают поведение быстрее, чем животные с закрытыми глазами, критерий Манна-Уитни, * $p < 0,05$

При анализе поведения на трех этапах эксперимента у животных, обучавшихся с открытыми и с закрытыми глазами, наблюдалась разная динамика. У крыс из группы 2, изначально обучавшихся с открытыми глазами, закрывание глаз на втором этапе эксперимента приводило к значимому замедлению поведения (рис. 5, критерий Вилкоксона, первая сторона: $n=9$, $Z=2,55$, $p<0,02$; вторая сторона: $n=9$, $Z=2,67$, $p<0,01$). При этом, после открывания глаз на третьем этапе скорость реализации побегов снова увеличивалась до прежнего уровня (критерий Вилкоксона, первая сторона: $n=9$, $Z=2,55$, $p<0,02$; вторая сторона: $n=9$, $Z=2,67$, $p<0,01$). В группе 1 наблюдалась менее выраженная динамика скорости реализации поведения на протяжении трех этапов эксперимента. У животных, обучавшихся с закрытыми глазами, открывание глаз на втором этапе эксперимента привело к небольшому ускорению поведения, и этот эффект достиг уровня значимости только на первой стороне экспериментальной клетки (критерий Вилкоксона, $n=9$, $Z=2,31$, $p<0,03$). Повторное закрывание глаз не приводило к значимым сдвигам в скорости поведения по сравнению с первым и вторым этапами (критерий Вилкоксона, $p>0,05$).

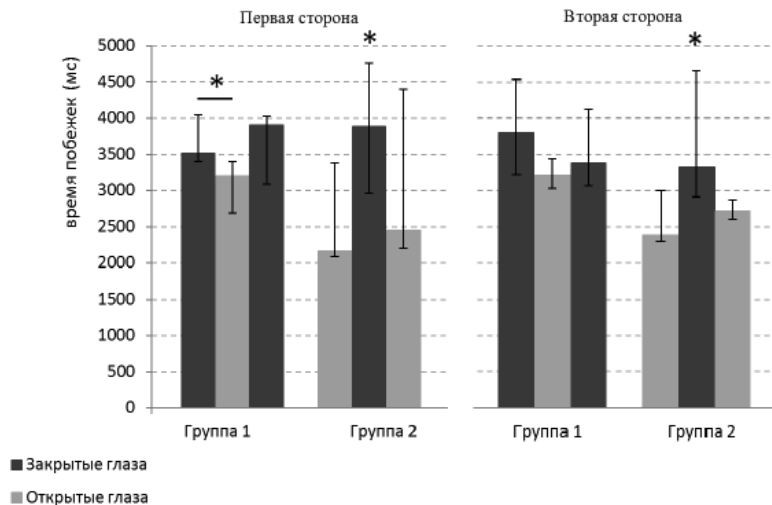


Рис. 5. Динамика реализации поведения на трех стадиях эксперимента. Гистограммы времени побегов от педалей к кормушкам и обратно для двух групп животных на трех стадиях эксперимента, показаны медианные значения и разброс в квартилях. Темно-серые столбцы – закрытые глаза, светло-серые – открытые. Критерий Манна-Уитни, различия при $*p<0,05$

Обсуждение результатов

Полученные результаты показали, что исключение зрительного контакта со средой не влияет значимо на успешность научения крыс новому инструментальному поведению в незнакомой среде. По скорости и динамике научения животные с закрытыми глазами не отличались от животных, обучавшихся с открытыми глазами. В условиях отсутствия возможности использовать оптические параметры среды крысы могут эффективно решать поведенческие задачи через другие способы взаимодействия со средой – осязание, обоняние, слух и пр. (Prusky, Douglas, 2005). Кроме того, показано, что в темноте топографическая организация исследовательского поведения крыс не отличается от таковой на свету (Whishaw et al., 2001). В используемой нами задаче при научении животных без помощи экспериментатора исследовательское поведение,



особенно в первые сессии нахождения в новой экспериментальной среде, играет основополагающую роль для последующего формирования навыка нажатия на педали для получения пищи в кормушках. Поэтому сходство исследовательских стратегий данного вида вне зависимости от возможности использовать оптические параметры среды, а также присутствие множества других средовых ориентиров – слуховых (звуки кормушек и педалей), обонятельных (запах кормушек и собственных меток), проприоцептивных (ощущения собственных движений в пространстве экспериментальной клетки) и др. – может обуславливать отсутствие значимых различий в скорости и динамике научения крыс инструментальному поведению.

Однако, при общем сходстве процесса научения задаче, были показаны некоторые различия при реализации актов уже сформированного поведения: на первом этапе животные с закрытыми глазами выполняли побежки к педалям и кормушкам медленнее, чем животные с открытыми глазами, а затем, на последующих этапах эксперимента при смене условий наблюдалась разная динамика скорости реализации актов у животных, обучавшихся одному и тому же поведению с закрытыми и с открытыми глазами. С одной стороны, полученные данные согласуются с литературой о том, что скорость движений и перемещений крыс в темноте в целом ниже, чем на свету (Whishaw et al., 2001). С другой стороны, показано, что у животных в одной и той же экспериментальной среде при совершении одного и того же по структуре поведения в двух разных условиях – при неограниченной возможности использовать зрение и при его исключении – у части нейронов наблюдаются схожие активации, а у других нейронов – значимые различия в паттернах активаций (Александров, Александров, 1981; Quirk et al., 1990) и др. Эти данные могут свидетельствовать о том, что одно и то же поведение с использованием зрения и без него обеспечивается перекрывающимися составами систем нейронов, где сходные активации связаны с актуализацией элементов опыта, обеспечивающих реализацию общей структуры поведения, а отличающиеся – с элементами опыта, лежащими в основе особенностей реализации актов поведения в специфических условиях, т.е. с использованием зрения или без него. Таким образом, особенности в системной организации индивидуального опыта, которая связана, в том числе, и с историей обучения данной задаче (с открытыми или с закрытыми глазами), также могут лежать в основе наблюдаемых различий в скорости и динамике реализации актов поведения.

Исходя из системно-эволюционных представлений, можно предположить, что даже в ситуации, когда оптические параметры среды не являются определяющими для обучения задаче и ее успешного выполнения, они, тем не менее, являются важным аспектом формирования и реализации индивидуального опыта. Мы полагаем, что в норме зрительный контакт со средой представляет собой одно из условий формирования любого нового опыта у организмов, обладающих соответствующими физиологическими структурами. При исключении данного условия формирование нового опыта будет происходить на основе уже имеющегося опыта, включающего «зрительный компонент». Однако этот новый опыт будет отличаться от всего предыдущего, и природа данного отличия может быть связана с особенностями отношений между элементами нового и старого опыта. Для изучения этих особенностей на системном уровне необходим анализ активности нейронов при формировании и реализации поведенческих актов в нормальных условиях и в отсутствие зрительного контакта со средой.

Финансирование

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (проект №14-08-00229 «Системная дифференциация как основа биологического и социокультурного развития»).



Литература

- Александров Ю.И. Психофизиологическое значение активности центральных и периферических нейронов в поведении. М.: Наука, 1989. 240 с.
- Александров Ю.И., Александров И.О. Активность нейронов зрительной и моторной областей коры мозга при осуществлении поведенческого акта с открытыми и с закрытыми глазами // Журнал высшей нервной деятельности им. И.П. Павлова. 1981. Т. 31. № 6. С. 1179–1189.
- Александров Ю.И., Греченко Т.Н., Гаврилов В.В., Горкин А.Г., Шевченко Д.Г., Гринченко Ю.В., Александров И.О., Максимова Н.Е., Безденежных Б.Н., Бодунов М.В. Закономерности формирования и реализация индивидуального опыта // Журнал высшей нервной деятельности им. И.П. Павлова. 1997. Т. 47. № 2. С. 243–260.
- Барабанищikov В.А., Жегалло А.В. Регистрация и анализ направленности взгляда человека. М.: Изд-во Института Психологии РАН, 2013.
- Сергиенко Е.А. Влияние ранней зрительной депривации на интерсенсорное взаимодействие // Психологический журнал. 1995. Т. 16. № 5. С. 32–49.
- Швырков В.Б. Нейрофизиологическое изучение системных механизмов поведения. М.: Наука, 1978.
- Швырков В.Б. Изучение активности нейронов как метод психофизиологического исследования поведения // Нейроны в поведении: системные аспекты / Отв. ред. В.Б. Швырков. М.: Наука, 1986. С. 6–25.
- Швырков В.Б. Введение в объективную психологию: нейрональные основы психики. М.: Изд-во Института Психологии РАН, 1995. 241 с.
- Amedi A., Raz N., Pianka P., Malach R., Zohary E. Early 'visual' cortex activation correlates with superior verbal memory performance in the blind // Nature Neuroscience. 2003. Vol. 6. № 7. P. 758–776. doi:10.1038/nn1072.
- Bavelier D., Neville H.J. Cross-modal plasticity: where and how? // Nature Reviews Neuroscience. 2002. V. 3. P. 443–452. doi:10.1038/nrn848.
- Brown R.E., Wong A.A. The influence of visual ability on learning and memory performance in 13 strains of mice // Learning and Memory. 2007. Vol. 14. P. 134–144. doi: 10.1101/lm.473907.
- Cisek, P., Kalaska, J.F. Neural mechanisms for interacting with a world full of action choices // Annual Review of Neuroscience. 2010. Vol. 33. P. 269–298. doi: 10.1146/annurev.neuro.051508.135409.
- Hill A.J., Best P.J. Effects of deafness and blindness on the spatial correlates of hippocampal unit activity in the rat // Experimental Neurology. 1981. Vol. 74. P. 204–217. doi: 10.1016/0014-4886(81)90159-X.
- Lambert S., Sampaio E., Mauss Y., Scheiber C. Blindness and brain plasticity: contribution of mental imagery? An fMRI study // Cognitive Brain Research. 2004. Vol. 20. P. 1–11.
- Marr D.C. Vision: A computational investigation into the human representation and processing of visual information. N. Y.: Freeman, 1982. 432 с.
- Prusky G.T., Douglas R.M. Vision // The behaviour of the laboratory rat: a handbook with tests / Whishaw I. Q., Kolb B. (Eds.) N. Y.: Oxford University Press, 2005. P. 49–59.
- Prusky G. T., Douglas R. M., Nelson L., Shabanpoor A., Sutherland J. R. Visual memory task for rats reveals an essential role for hippocampus and perirhinal cortex // PNAS. 2004. Vol. 101(14). P. 5064–5068. doi: 10.1073/pnas.0308528101.
- Prusky G.T., Harker K.T., Douglas R.M., Whishaw I.Q. Variation in visual acuity within pigmented, and between pigmented and albino rat strains // Behavioural Brain Research. 2002. Vol. 136. P. 339–348.
- Quirk G.J., Muller R.U., Kubie J.L. The firing of hippocampal place cells in the dark depends on the rat's recent experience // The Journal of Neuroscience. 1990. Vol. 10. № 6. P. 2008–2017.
- Riesenhuber M., Poggio T. Neural mechanisms of object recognition // Current Opinion in Neurobiology. 2002. Vol. 12. P. 162–168.
- Save E., Cressant A., Thinus-Blanc C., Poucet B. Spatial firing of hippocampal place cells in blind rats // The Journal of Neuroscience. 1998. Vol. 18. № 5. P. 1818–1826.
- Tonkiss J., Shultz P., Galler J.R. Long-Evans and Sprague-Dawley rats differ in their spatial navigation performance during ontogeny and at maturity // Dev. Psychobiol. 1992. Vol. 25. № 8. P. 567–579.
- Ungerleider L.G., Mishkin M. Two cortical visual systems // Analysis of visual behavior / D.J. Ingle, M.A. Goodale, R.J.W. Mansfield (Eds.). Cambridge, MA: MIT Press. 1982. P. 549–586.



Vermaercke B., Op de Beeck H. A multivariate approach reveals the behavioral templates underlying visual discrimination in rats // *Current Biology*. 2012. Vol. 22. № 1. P. 50–55. doi: 10.1016/j.cub.2011.11.041.

Whishaw I. Q., Hines D. J., Wallace D. G. Dead reckoning (path integration) requires the hippocampal formation: evidence from spontaneous exploration and spatial learning tasks in light (allothetic) and dark (idiothetic) tests // *Behavioural Brain Research*. 2001. Vol. 127. P. 49–69.

Zernicki B. Effects of binocular deprivation and specific experience in cats: behavioural, electrophysiological, and biochemical analysis. // *Brain mechanisms in memory and learning: from single neuron to man* / Blazier M. (Ed.). N. Y.: Raven Press. 1979. P. 179–195.

LEARNING AND BEHAVIOUR IN THE ABSENCE OF VISUAL CONTACT WITH THE ENVIRONMENT IN RATS

ARUTYUNOVA K. R. *, *Institute of Psychology, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia,*
e-mail: arutyunova@inbox.ru

GAVRILOV V. V. **, *Institute of Psychology, Russian Academy of Sciences, Moscow State University of Psychology & Education, Moscow, Russia,*
e-mail: nvvgav@mail.ru

ALEXANDROV YU. I. ***, *Institute of Psychology, Russian Academy of Sciences, Moscow State University of Psychology & Education, Moscow, Russia,*
e-mail: yuraalexandrov@yandex.ru

This work is focused on studying the formation and realisation of individual experience in the absence of vision. Rats (Long Evans) were trained to press levers in order to get food. After the training, neural activity and EEG were recorded during this behaviour. In this article we present the results of behaviour analysis of learning and performing the instrumental lever-press task in the absence of visual contact with the environment in rats ($n=47$) with an intact visual system and normal visual development. Group 1 was trained to perform the task in a new unfamiliar environment with eyes covered by light-proof spectacles, and Group 2 – with open eyes. It has been shown that the majority of the animals both, with closed and open eyes, learnt the task successfully, and no difference in the speed or dynamics of learning was observed. However, the dynamics of task performance (duration of acts in ms) during three experimental stages was different between the groups. These results are discussed in terms of system-evolutionary approach.

Keywords: individual experience, learning, behaviour, vision, rat.

Funding

The study was supported by the Russian Scientific Foundation (project № 14-08-00229 «Systemic differentiation as the basis of the biological and socio-cultural development»).

For citation:

Arutyunova K. R., Gavrilov V. V., Alexandrov Yu. I. Learning and behaviour in the absence of visual contact with the environment in rats. *Eksperimental'naya psikhologiya = Experimental Psychology (Russia)*, 2014, vol. 7, no. 3, pp. 31–43 (In Russ., abstr. in Engl.).

* Arutyunova K. R. Postgraduate Student, Institute of Psychology, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia. E-mail: arutyunova@inbox.ru

** Gavrilov V. V. Ph.D. (Psychology), Senior Research Associate, Institute of Psychology, Russian Academy of Sciences, Moscow State University of Psychology & Education, Moscow, Russia. E-mail: nvvgav@mail.ru

*** Alexandrov Yu. I. Dr. Sci. (Psychology), Head of Laboratory, Institute of Psychology, Russian Academy of Sciences, Moscow State University of Psychology & Education, Moscow, Russia. E-mail: yuraalexandrov@yandex.ru



References

- Aleksandrov Yu. I. *Psikhofiziologicheskoe znachenie aktivnosti tsentral'nykh i perifericheskikh neuronov v povedenii* [Psychophysiological effects of central and peripheral neural activity in behavior]. Moscow, Nauka Publ., 1989 (In Russian).
- Aleksandrov Yu. I., Aleksandrov I. O. Aktivnost' neuronov zritel'noi i motornoi oblasti kory mozga pri osushchestvlenii povedencheskogo akta s otkrytymi i s zakrytymi glazami [Neuron activity in the visual and motor areas of the cerebral cortex during performance of a behavioral act with open and closed eyes]. *Zhurnal vysshei nervnoi deyatel'nosti im. I. P. Pavlova* [I. P. Pavlov Journal of Higher Nervous Activity (Russia)], 1981, vol. 31, no. 6, pp. 1179–1189 (In Russ., abstr. in Engl.).
- Aleksandrov Yu. I., Grechenko T. N., Gavrilov V. V., Gorkin A. G., Shevchenko D. G., Grinchenko Yu. V., Aleksandrov I. O., Maksimova N. E., Bezdenezhnykh B. N., Bodunov M. V. Zakonomernosti formirovaniya i realizatsiya individual'nogo opyta. *Zhurnal vysshei nervnoi deyatel'nosti im. I. P. Pavlova* [I. P. Pavlov Journal of Higher Nervous Activity (Russia)], 1997, vol. 47, no. 2, pp. 243–260 (In Russ., abstr. in Engl.).
- Amedi A., Raz N., Pianka P., Malach R., Zohary E. Early 'visual' cortex activation correlates with superior verbal memory performance in the blind. *Nature Neuroscience*, 2003, vol. 6, no. 7, pp. 758–776. doi:10.1038/nm1072.
- Barabanshchikov V. A., Zhegalo A. V. *Registratsiya i analiz napravlenosti vzora cheloveka* [Recording and analysis of eye-tracking in human]. Moscow, Institut Psikhologii RAN Publ., 2013 (In Russian).
- Bavelier D., Neville H. J. Cross-modal plasticity: where and how? *Nature Reviews Neuroscience*, 2002, vol. 3, pp. 443–452. doi:10.1038/nrn848.
- Brown R. E., Wong A. A. The influence of visual ability on learning and memory performance in 13 strains of mice. *Learning and Memory*, 2007, vol. 14, pp. 134–144. doi: 10.1101/lm.473907.
- Cisek, P., Kalaska, J. F. Neural mechanisms for interacting with a world full of action choices. *Annual Review of Neuroscience*, 2010, vol. 33, pp. 269–298. doi: 10.1146/annurev.neuro.051508.135409.
- Hill A. J., Best P. J. Effects of deafness and blindness on the spatial correlates of hippocampal unit activity in the rat. *Experimental Neurology*, 1981, vol. 74, pp. 204–217. doi: 10.1016/0014-4886(81)90159-X.
- Lambert S., Sampaio E., Mauss Y., Scheiber C. Blindness and brain plasticity: contribution of mental imagery? An fMRI study. *Cognitive Brain Research*, 2004, vol. 20, pp. 1–11.
- Marr D. C. *Vision: A computational investigation into the human representation and processing of visual information*. N. Y.: Freeman, 1982.
- Prusky G. T., Douglas R. M. Vision. In Whishaw I. Q., Kolb B. (eds.), *The behaviour of the laboratory rat: a handbook with tests*. N. Y.: Oxford University Press, 2005, pp. 49–59.
- Prusky G. T., Douglas R. M., Nelson L., Shabanpoor A., Sutherland J. R. Visual memory task for rats reveals an essential role for hippocampus and perirhinal cortex. *PNAS*, 2004, vol. 101, no. 14, pp. 5064–5068. doi: 10.1073/pnas.0308528101.
- Prusky G. T., Harker K. T., Douglas R. M., Whishaw I. Q. Variation in visual acuity within pigmented, and between pigmented and albino rat strains. *Behavioural Brain Research*, 2002, vol. 136, pp. 339–348.
- Quirk G. J., Muller R. U., Kubie J. L. The firing of hippocampal place cells in the dark depends on the rat's recent experience. *The Journal of Neuroscience*, 1990, vol. 10, no. 6, pp. 2008–2017.
- Riesenhuber M., Poggio T. Neural mechanisms of object recognition. *Current Opinion in Neurobiology*, 2002, vol. 12, pp. 162–168.
- Save E., Cressant A., Thinus-Blanc C., Poucet B. Spatial firing of hippocampal place cells in blind rats. *The Journal of Neuroscience*, 1998, vol. 18, no. 5, pp. 1818–1826.
- Sergienko E. A. Vliyanie rannei zritel'noi deprivatsii na intersensornoe vzaimodeistvie [Effects of early visual deprivation on intersensory interaction]. *Psikhologicheskii zhurnal* [Psychology Journal (Russia)], 1995, vol. 16, no. 5, pp. 32–49 (In Russian).
- Shvyrkov V. B. *Neirofiziologicheskoe izuchenie sistemnykh mekhanizmov povedeniya* [Neurophysiological study of system mechanisms of behaviour]. Moscow, Nauka Publ., 1978 (In Russian).



Shvyrkov V. B. Izuchenie aktivnosti neuronov kak metod psikhofiziologicheskogo issledovaniya povedeniya [The study of neural activity as a method of psychophysiological behavior research]. In *Neirony v povedenii: sistemnye aspekty* [*Neurons during behaviour: the system aspects*]. Moscow, Nauka Publ., 1986, pp. 6–25 (In Russian).

Shvyrkov V. B. *Vvedenie v ob'ektivnuyu psikhologiyu: neuronal'nye osnovy psikhiki* [*Introduction into objective psychology: neuronal bases of mind*]. Moscow, IP RAN Publ., 1995.

Tonkiss J., Shultz P., Galler J. R. Long-Evans and Sprague-Dawley rats differ in their spatial navigation performance during ontogeny and at maturity. *Dev. Psychobiol.*, 1992, vol. 25, no. 8, pp. 567–579.

Ungerleider L. G., Mishkin, M. Two cortical visual systems. In D. J. Ingle, M. A. Goodale, R. J. W. Mansfield (eds.), *Analysis of Visual Behavior*. Cambridge, MA, MIT Press, 1982, pp. 549–586.

Vermaercke B., Op de Beeck H. A multivariate approach reveals the behavioral templates underlying visual discrimination in rats. *Current Biology*, 2012, vol. 22, no. 1, pp. 50–55. doi: 10.1016/j.cub.2011.11.041.

Whishaw I. Q., Hines D. J., Wallace D. G. Dead reckoning (path integration) requires the hippocampal formation: evidence from spontaneous exploration and spatial learning tasks in light (allothetic) and dark (idiothetic) tests. *Behavioural Brain Research*, 2001, vol. 127, pp. 49–69.

Zernicki B. Effects of binocular deprivation and specific experience in cats: behavioural, electrophysiological, and biochemical analysis. In Blazier M. (ed.), *Brain mechanisms in memory and learning: from single neuron to man*. N. Y., Raven Press, 1979, pp. 179–195.

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).

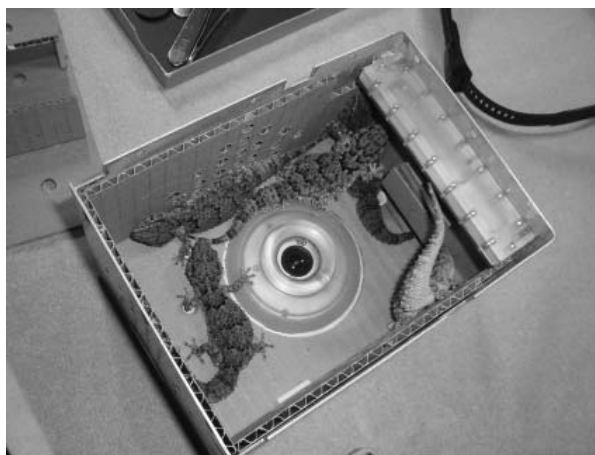


Рис. 1. БИОС, вид снизу (гекконы находятся в крышке контейнера; в центре – видеокамера)

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-

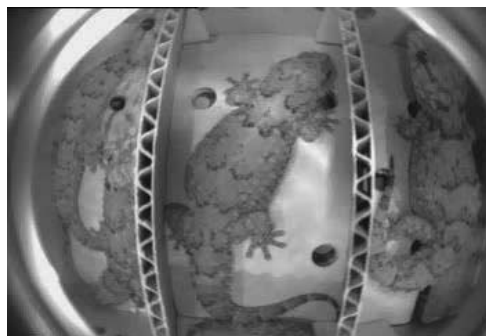


Рис. 2. БИОС с гекконами, вид сверху (кадр видеозаписи)

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 СНИЦ 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., Jentzsch 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.

ДЕМОНСТРАЦИЯ РЕБЕНКУ ДЕЙСТВИЙ С НОВЫМ ОБЪЕКТОМ: ИНФОРМИРОВАНИЕ ОБ УСТРОЙСТВЕ ИЛИ ПЕРЕДАЧА СПОСОБА УПОТРЕБЛЕНИЯ?

КОТОВА Т.Н.*, *Лаборатория когнитивных исследований, РАНХиГС, Москва, Россия,*
e-mail: tkotova@gmail.com

Исследование посвящено изучению роли наблюдаемых ребенком действий взрослого по отношению к объекту в последующем построении ребенком собственного поведения и проводится на материале эффекта чрезмерного подражания. Основная задача исследования состояла в анализе особенностей влияния фактора манипуляций взрослого с предметом, которые наблюдает ребенок, на его дальнейшие действия в отношении того же предмета. Рассматривались два варианта объяснения этого влияния: как фактора наблюдения события, происходящего с объектом, или как социального фактора, приводящего к особому виду знаний об объекте – конвенции по поводу способа применения объекта. В исследовании приняло участие 39 детей 4-6-летнего возраста. Согласно условиям эксперимента, испытуемые были поделены на экспериментальную и контрольную группы: в случае экспериментальной группы экспериментатор выполнял новый набор действий со стимульным объектом при повторном его предъявлении; испытуемым контрольной группы никаких изменений в действиях со стимульным объектом продемонстрировано не было. Результаты исследования свидетельствуют о воспроизведении испытуемыми экспериментальной группы нового набора действий экспериментатора, в то время как у испытуемых контрольной группы такого воспроизведения не наблюдалось. На основании полученных данных можно сделать вывод о том, что образ действий взрослого в отношении нового предмета является, прежде всего, социальным фактором, способствующим формированию у ребенка представлений и понятий о предметах – конвенции по поводу способа их применения, а не только ситуацией наблюдения за происходящей в связи с действиями взрослого трансформацией предмета.

Ключевые слова: феномен чрезмерного подражания, социальное научение, освоение способа действия с объектом, дошкольный возраст

Изучение процессов социального научения, передачи способов использования предметов и знаковых систем привлекает в последние десятилетия особое внимание специалистов в области психологии когнитивного развития, которое во многом определяется необходимостью исследования и анализа специфики познания на разных возрастных этапах.

Одним из ярких феноменов научения, исследование которого позволит внести существенный вклад в психологию развития и эволюционную психологию, является *эффект чрезмерного подражания* (overimitation effect; Nagell, Olguin & Tomasello, 1993; Call, Carpenter, Tomasello, 2005; Carpenter, Call, Tomasello, 2002; Horner, Whiten, 2005; Whiten, 2005; Whiten, Custance, Gomez, Texidor, Bard, 1996). Если ребенку дошкольного возраста взрослый предъявляет незнакомый предмет с находящейся внутри него игрушкой, производя с ним не только действия, направленные на извлечение находящейся внутри предмета игрушки, но и дополнительные, ненужные для извлечения игрушки действия, то ребенок при извлечении игрушки из данного предмета повторяет все действия взрослого, как необходимые, так и «лишние».

Для цитаты:

Котова Т.Н. Демонстрация ребенку действий с новым объектом: информирование об устройстве или передача способа употребления? // *Экспериментальная психология.* 2014. Т. 7. № 3. С. 57–68.

* *Котова Т.Н.* Кандидат психологических наук, старший научный сотрудник, Лаборатория когнитивных исследований, РАНХиГС. E-mail: tkotova@gmail.com



Подобный эффект можно наблюдать и в ситуации, когда экспериментатор покидает помещение, предварительно предложив ребенку извлечь игрушку из незнакомого предмета самостоятельно (Lyons et al., 2007). Но если тот же незнакомый предмет предъявляется ребенку без предварительной демонстрации действий взрослого, просто с сообщением о наличии в нем игрушки, ребенок достает ее, не совершая лишних манипуляций, т. е. его подражание нельзя объяснить непониманием устройства объекта. В некотором роде, в этом феномене мы видим «бескорыстное» социальное научение: подражание происходит вне зависимости от эффективности и необходимости действий взрослого и вне зависимости от того, понимал ли ребенок до этого, как достичь этой цели самостоятельно.

Аналогичное положение дел многие возрастные психологи фиксируют, в целом, в ситуациях усвоения культурно-закрепленного способа употребления того или иного предмета: например, освоения умения есть с помощью ложки – первое употребление ложки не дает ребенку возможности овладеть этим навыком, и овладеть им он может, видимо, лишь путем сравнения собственных действий с действиями и поведением взрослого (Эльконин, 1997).

Результаты проведенного нами ранее исследования показали, что дети значительно реже подражают взрослому, если он действует с предметом так, словно видит его впервые – если манипуляции взрослого сопровождаются проявлением неуверенности, пробующего поведения, реакциями удивления (Котова, Преображенская, 2009). Данный факт оказался достаточно неожиданным, поскольку полученные нами данные не согласуются с результатами аналогичных исследований, в которых варьирование различного рода социальных влияний, не приводило к снижению чрезмерного подражания ребенка взрослому.

Так, в исследовании Д. Лайонса и соавт. был подтвержден факт чрезмерной имитации ребенком действий взрослого даже в тех случаях, когда сам взрослый называл подобные манипуляции «глупыми» и излишними (Lyons et al., 2007). Более того, ребенок имитировал действия демонстрировавшего ему предмет взрослого даже в случае, когда менялся общий контекст извлечения игрушки из предмета: по окончании стандартной ситуации предъявления предмета в помещение, где находились экспериментатор и ребенок, входил ассистент, сам собирал объект, укладывая в него обратно игрушку, затем выходил. Экспериментатор в это время делал вид, что эксперимент закончен: собирал бумаги, благодарил ребенка, ссылаясь на спешку, просил его перед приходом следующего испытуемого, проверить, «правильно ли ассистент убрал игрушку». Тем самым авторы исследования пытались нивелировать влияние ситуации эксперимента, возможно, приводящей ребенка к мысли о том, что взрослый, демонстрирующий предмет, ожидает от него воспроизведения своих действий, и заменить ее на ситуацию «использования» объекта по его прямому назначению – емкости для хранения игрушки. Но даже в этом случае дети воспроизводили излишние действия взрослого (Lyons et al., 2007).

В связи с неоднозначным характером результатов исследований возникает необходимость изучения роли поведения взрослого в детерминации поведения ребенка. Все множество социальных факторов, оказывающих значительное влияние на обучение и поведение ребенка, а также на возникновение эффекта чрезмерного подражания можно разделить на *нерелевантные* – вербальная инструкция не повторять излишние действия, предварительное обсуждение возможной неэффективности действий взрослого, изменение ситуативно-определенных ожиданий взрослого, и *релевантные* – возраст демонстрирующего (Zmuj et al., 2012), демонстрация действий с предметом непосредственно ребенку, а не с помощью



видеозаписи (Carpenter, Nielsen, 2008), осведомленность, проявляющаяся в поведении демонстрирующего взрослого (Котова, Преображенская, 2009). Исходя из этого, можно сделать вывод о том, что именно поведение взрослого, демонстрирующего объект, метод обращения его с объектом оказывают влияние на воспроизведение ребенком излишних действий взрослого.

При этом речь не идет и об автоматическом копировании любых манипуляций взрослого с объектом, о чем свидетельствует не только факт отсутствия подражательного поведения со стороны ребенка по отношению к неуверенно ведущему себя взрослому (Котова, Преображенская, 2009), но также тот факт, что в типичной ситуации возникновения чрезмерного подражания ребенок повторяет действия взрослого, не воспроизводя все его движения (к примеру, вынимает палочку не указательным и средним пальцами, как показал взрослый, а указательным и большим – как ему, видимо, удобнее).

То есть, детерминирующим поведение ребенка фактором выступает «внутренняя логика» поведения взрослого по отношению к новому объекту – действия, которые он делает целенаправленно и с ожиданием определенного результата, в той мере, конечно, в которой ребенок эту целенаправленность распознает. В этом случае можно высказать предположение о том, что такая закономерность свидетельствует о возникновении у ребенка новых представлений о физическом устройстве объекта *после* того, как он увидел уверенные и целенаправленные действия взрослого в отношении данного объекта. Однако это предположение вступает в противоречие с общей концепцией развития данного эффекта, заключающейся в том, что эффект чрезмерного подражания является частным случаем процессов социального научения, и, как и в любом процессе социального научения, в нем усваиваются конвенциональные способы употребления тех или иных объектов, т.е. способы применения, ограниченные не столько объективным устройством объекта, сколько намерениями участников совместной деятельности.

Таким образом, возникает задача проверки сформулированного предположения о том, является ли детерминация действий ребенка с предметом со стороны намерений взрослого просто фактором наблюдения события, который приводит к формированию знания о предмете у ребенка, или социальным фактором, приводящим к особому виду знаний о предмете, «социальному» знанию, конвенции по поводу способа его использования. В последнем случае намеренное действие взрослого по отношению к предмету уже не просто событие, которое видит ребенок в окружающем мире, а социальное действие, и в то же время, не прямая коммуникация, требующая совершения действий с предметом в текущей ситуации, а информация о данном предмете.

Если при чрезмерном подражании ребенок непосредственно наблюдает некое явление и получает представление о каузальных отношениях между предметом и действиями с ним, то сделанные ребенком умозаключения могут характеризовать, предсказывать его поведение и действия в отношении предмета в дальнейшем. Поскольку осуществление взрослым излишних действий с хорошо знакомым ребенку предметом (например, с кувшином) (см.: Lyons et al., 2007) не приводит к повторению ребенком аналогичных действий, то можно предполагать, что имеющаяся у ребенка каузальная схема связи предмета и действий с ним препятствует чрезмерному подражанию.

В таком случае контрольной ситуацией будет такая ситуация манипуляции с предметом, в которой будет изменяться намеренное поведение взрослого и его действия по отношению к предмету. Если намеренное поведение взрослого совпадает с наблюдаемым ребен-



ком событием обращения с предметом, представляющимся ребенку свидетельствующим о его физических качествах, то при изменении этого поведения ребенок будет придерживаться уже полученного знания или, по крайней мере, демонстрировать замешательство. Если же намеренное поведение взрослого является по своему характеру социальным действием, приглашающим ребенка разделить со взрослым способ употребления предмета (стать носителями одного способа), то изменение поведения взрослого будет воспринято ребенком как приглашение разделить новый способ употребления предмета. Поскольку предмет демонстрирует только этот взрослый, и он же изменяет способ действия с ним, у ребенка не будет оснований усомниться в осведомленности этого взрослого, как это могло бы происходить с заранее знакомым ребенку объектом. На основании изложенного выше подхода к анализу процесса научения и феномена чрезмерного подражания нами была разработана отвечающая задачам исследования экспериментальная процедура.

Методика

Испытуемые: в эксперименте приняли участие 39 испытуемых (22 девочки и 17 мальчиков) в возрасте от 4 до 6 лет (средний возраст составил 5 лет и 1 мес.). Все испытуемые посещали муниципальный детский сад (от родителей было получено разрешение на участие их детей в эксперименте).

Подготовка *стимульного материала* осуществлялась в соответствии с задачами исследования и отвечала требованиям к конструированию объекта в парадигме исследования феномена чрезмерного подражания. Объект был выполнен в виде контейнера с вложенным в него элементом и внешними деталями, допускающими возможность производить с ними различные манипуляции, при наличии открытого доступа к внутренней части контейнера. Таким образом, было сконструировано 2 объекта, каждый из которых имел по шесть деталей для излишних действий (выдвижение поршня, поворот круглой рукоятки, извлечение карточки из щели, передвижение цилиндрической рукоятки в паз, поворот шестеренки, извлечение палочки из двух колец) и деталь для необходимого действия (например, откручивание крышки).

Каждый из объектов был подвергнут предварительной проверке, призванной подтвердить, что ребенок данного возраста при первой же встрече с объектом сможет понять, что для доступа к его внутренней емкости не нужны другие действия, кроме необходимого. Объекты предъявлялись экспериментатором отдельной группе детей 4–6-летнего возраста (6 человек) без демонстрации каких-либо действий с ними. Предъявления сопровождался следующим комментарием: «Смотри, что у меня есть. Внутри есть маленькая игрушка, ты можешь достать ее и поиграть с ней». Все участники проверочной группы после этой инструкции выполнили необходимое действие и нашли игрушку, не манипулируя с деталями для излишних действий.

Процедура: основной эксперимент проходил в 2 этапа с перерывом между этапами в 7 календарных дней.

Этап 1 (Э1). Первый этап исследования представлял собой реализацию классической экспериментальной процедуры, предназначенной для демонстрации эффекта чрезмерного подражания.

В ходе такой процедуры экспериментатор предъявляет испытуемому объект, сообщая: «Смотри, что у меня есть. С этим можно по-разному играть: можно сделать вот так. Можно вот так и вот так». При последних фразах экспериментатор выполняет 3 излишних



для извлечения игрушки действия. Затем он говорит: «А еще можно сделать вот так. И, смотри, у нас здесь игрушка». При этих словах он совершает необходимое действие и извлекает игрушку. После этого он убирает игрушку снова в объект и собирает детали в обратном порядке: «А теперь ты можешь достать игрушку и поиграть с ней. Ты можешь сделать это любым способом, как тебе хочется. Я пока выйду по делам и скоро вернусь». Экспериментатор выходит, чтобы своим присутствием не создавать у ребенка впечатление, что от него ждут повторения способа, использованного экспериментатором. Экспериментатор возвращается спустя 1-2 минуты, когда ребенок уже, вероятнее всего, извлек игрушку из коробочки.

Таким образом, первый этап позволяет замерить количество излишних действий, повторенных ребенком вслед за взрослым.

Этап 2 (Э2). Спустя неделю после участия в первом этапе все испытуемые приняли участие во втором этапе эксперимента, однако были разделены на 2 группы – экспериментальную (20 чел.) и контрольную (19). Для испытуемых экспериментальной группы процедура предъявления и работы со стимульным материалом в целом совпадала с процедурой первого этапа, за тем исключением, что три варианта излишних действий, использованных экспериментатором во время первого этапа, были заменены на три оставшихся варианта, для которых были предусмотрены детали на объектах (как мы указывали ранее, таких вариантов было шесть). Порядок предъявления наборов излишних действий варьировался; в дальнейшем мы будем называть набор из трехизлишних действий, использовавшихся первыми, – Н1, а набор из трех излишних действий, использовавшихся на втором этапе эксперимента, – Н2.

Для испытуемых контрольной группы второй этап эксперимента представлял собой повторное предъявление стимульного объекта, но уже без демонстрации действий взрослому. Экспериментатор ставил перед испытуемым объект и говорил: «Смотри, что у меня есть. Помнишь, там внутри игрушка? Ты можешь достать игрушку и поиграть с ней. Ты можешь сделать это любым способом, как тебе хочется. Я пока выйду по делам и скоро вернусь».

Полученные на втором этапе данные позволяют оценить, с одной стороны, степень повторения испытуемыми экспериментальной группы первого, увиденного ими неделю назад, набора излишних действий (Н1) и, с другой стороны, степень повторения только что увиденного ими набора действий (Н2). Что касается результатов работы испытуемых контрольной группы на втором этапе исследования, то их анализ позволяет оценить вероятность воспроизведения испытуемыми набора излишних действий, который им был продемонстрирован в ходе первого этапа эксперимента (Н1) в ситуации отсутствия влияния новых условий предъявления стимульного объекта и работы с ним.

Таким образом, испытуемым экспериментальной группы (20 испытуемых) предъявлялся один и тот же стимульный объект в сопровождении разного набора излишних действий: на первом этапе (Э1) испытуемым были продемонстрированы действия из первого набора излишних действий (Н1), а на втором этапе (Э2) – действия из второго набора излишних действий (Н2). В итоге в экспериментальной группе были получены следующие показатели:

- результаты первого этапа исследования: а) повторение действий первого набора излишних действий (Э1Н1); б) случайное осуществление того или иного действия с деталями стимульного объекта, входивших в состав второго набора излишних действий (Э1Н2).
- результаты второго этапа исследования: а) повторение первого набора излишних действий (Э2Н1); б) повторение второго набора излишних действий (Э2Н2).



Испытуемым же контрольной группы (19 испытуемых) на первом этапе (Э1) были продемонстрированы действия из первого набора излишних действий (Н1), а на втором этапе (Э2) стимульный объект был предъявлен без демонстрации действий взрослого.

В итоге в контрольной группе были получены следующие показатели:

- результаты первого этапа исследования: а) повторение действий первого набора излишних действий (Э1Н1); б) случайное осуществление того или иного действия с деталями стимульного объекта, входившего в состав второго набора излишних действий (так как объекты были теми же, что и в экспериментальной группе) (Э1Н2).
- результаты второго этапа исследования: а) показатели повторения первого набора излишних действий (Э2Н1); б) показатели случайного выполнения второго набора излишних действий (Э2Н2).

Результаты

Для каждого испытуемого подсчитывались показатели Э1Н1, Э1Н2, Э2Н1 и Э2Н2 (см. раздел Процедура) как сумма выполненных испытуемым излишних действий из соответствующего набора. Значения показателей случайного использования деталей, действия с которыми не демонстрировались испытуемым (для экспериментальной группы Э1Н2, а для контрольной Э1Н2 и Э2Н2), были пренебрежимо малы. Значения остальных показателей приведены в табл. 1.

Таблица 1. **Количество выполненных испытуемыми излишних действий в разных условиях предъявления стимульного объекта**

Условия предъявления объекта	Среднее количество выполненных лишних действий	Стандартное отклонение
Без демонстрации	0,2	0,14
Э1Н1 (эксп. гр.)	2,15	1,05
Э2Н1 (эксп. гр.)	1,03	1,24
Э2Н2 (эксп. гр.)	2,56	0,79
Э2Н1 (контр. гр.)	2,19	1,07

Для ответа на вопрос исследования мы сравнили показатели повторения испытуемыми из экспериментальной группы первого и второго набора излишних действий на втором этапе (Э2Н1 и Э2Н2). Если испытуемые воспринимали предъявление излишних действий на первом этапе эксперимента как событие, демонстрирующее каузальные связи в объекте, то на втором этапе они должны воспроизвести излишние действия, осуществленные экспериментатором на первом этапе (соответственно, показатель Э2Н1 должен быть более высоким, чем показатель Э2Н2). Если же испытуемые воспринимали действия экспериментатора как предложение взрослым способа использования данного объекта, то на втором этапе они должны воспроизвести излишние действия из второго набора (соответственно, показатель Э2Н2 должен быть более высоким, чем показатель Э2Н1). Результаты статистической обработки полученных данных (здесь и далее мы использовали непараметри-



ческий критерий Вилкоксона) свидетельствуют о значимо более высоких значениях показателя Э2Н2 по сравнению с показателем Э2Н1 в экспериментальной группе испытуемых, $T = -2,20, p < 0,05$.

Возможно, однако, что, хотя испытуемые экспериментальной группы и не повторяли первый набор излишних действий на втором этапе эксперимента, они все же воспринимали осуществление таких действий как некое знание о каузальной связи структуры объекта и действий с ним, а низкие показатели воспроизведения таких действий могут быть связаны с общим замешательством испытуемых. В таком случае показатель воспроизведения испытуемыми на втором этапе излишних действий из второго набора должен быть более низким, чем показатель воспроизведения первого набора излишних действий экспериментатора на первом этапе эксперимента. Однако сравнение показателей Э1Н1 и Э2Н2 в экспериментальной группе не выявило значимых различий, $T = -1,48, p > 0,1$. То есть, испытуемые экспериментальной группы действовали со стимульным объектом на втором этапе эксперимента так, словно не принимали участия в первом этапе исследования – они воспроизвели только те излишние действия экспериментатора со стимульным объектом, которые наблюдали в ходе второго этапа эксперимента, т. е. продемонстрировали типичное для эффекта чрезмерного подражания поведение. Ни устойчивого повторения усвоенного ранее набора действий, ни замешательства и отказа от предоставляемого нового набора мы не наблюдали.

Учитывая полученные данные, можно предположить, что имело место полное забывание опыта действий со стимульным объектом, полученного детьми на первом этапе эксперимента, в силу особенностей памяти дошкольников: 7 дней – довольно длительный срок, кроме того, предъявление стимульного объекта на первом этапе производилось в течение весьма ограниченного времени; и поскольку объект был довольно новым, то испытуемые могли не связать объект, предъявленный им в ходе первого этапа эксперимента, с тем же объектом, но предъявленным им семи днями позже в ходе второго этапа эксперимента. Для проверки этого предположения нами было проведено сравнение показателей воспроизведения первого набора излишних действий на первом и втором этапах эксперимента испытуемыми контрольной группы. Статистический анализ, свидетельствующий о статистически незначимых различиях между показателями Э1Н1 и Э2Н1 в контрольной группе, $T = -1,85, p > 0,05$, позволяют сделать вывод о том, что испытуемые помнили набор излишних действий, продемонстрированный экспериментатором на первом этапе эксперимента, и воспроизводили его без напоминания со стороны экспериментатора.

Обсуждение результатов

Как мы уже отмечали ранее, одной из важных задач данного исследования было изучение специфики формирования знания о предмете и обучения способам действий с ним в процессе совместной со взрослым деятельности в том числе и навыков в рамках процедуры, используемой для выявления эффекта чрезмерного подражания: играет ли демонстрация взрослым действий с объектом такую же роль, как любое другое событие, происходящее с объектом на глазах у ребенка, или, скорее – роль сообщения о способе использования данного объекта? Результаты исследования свидетельствуют о том, что дети готовы с легкостью изменить выполняемые с объектом действия с предметом, их последовательность и вид, когда взрослый, демонстрирующий предмет, их меняет. Если бы ребенок воспринимал поведение взрослого лишь как событие, свидетельствующие о каузальных связях меж-



ду манипуляциями с деталями объекта, изменения в этом поведении обесмыслили бы полученное ребенком знание, или хотя бы вызвали у ребенка сомнение в их правильности. Но такого мы не наблюдали; более того, на основании наблюдения за поведением детей можно предположить, что у них были основания для выбора модели поведения, так как в одинаковых условиях они вели себя сходно, как правило, полностью реализуя предложенный способ, и, по-видимому, опираясь на авторитет его носителя, взрослого человека, впервые и намеренно познакомившего их с этим объектом. Таким образом, мы предлагаем рассматривать созданную в эксперименте ситуацию как ситуацию принятия ребенком способа употребления предмета в качестве некоей специфической формы знания об этом предмете.

С нашей точки зрения, необходимо сделать особый акцент на том, что знание, полученное ребенком в процессе социального научения в целом, и чрезмерного подражания, в частности, представляет собой именно знание о предмете, несмотря на его социальное происхождение. Во многих исследованиях эффекта чрезмерного подражания приводятся факты, указывающие на то, что ребенок связывает полученное знание именно с данным определенным объектом. Так, например, результаты исследования Д. Лайонса с соавт. (Lyons et al., 2007) свидетельствуют об отсутствии чрезмерного подражания в ситуации осуществления взрослым излишних действий с предметом, пространственно-отделенном от того предмета, с которым производится необходимое действие и из которого извлекается игрушка (в контрольном условии излишние действия выполнялись на таком же предмете, соединенном непрозрачной трубкой с предметом, на котором выполнялось необходимое действие, что приводило к эффекту чрезмерного подражания). На основании полученных в своем исследовании данных они делают вывод о том, что в ситуации чрезмерного подражания ребенок получает некоторую информацию о конкретном предмете, а не о манипуляциях взрослого, и таким образом, он считает необходимым воспроизводить эти действия (или манипуляции) для извлечения игрушки только в том случае, если увиденные им действия взрослому увязываются в цепочку действий с данным конкретным предметом.

Выделение и описание феномена чрезмерного подражания было осуществлено в исследованиях, посвященных изучению различий между имитацией и эмуляцией у человека и человекообразных обезьян (Hogner, Whiten, 2005). Под имитацией подразумевают полное воспроизведение чего-либо, копирование действий образца, а под эмуляцией – достижение того же результата, что получен в наблюдаемом действии, пусть и другим способом. Хотя эмуляция представляется более рациональным и гибким поведением, и в этом смысле, более ожидаемым от человека, тем не менее результаты проведенных в данной области сопоставительных исследований свидетельствуют о том, что эмуляция как поведенческая стратегия чаще встречается у человекообразных обезьян. Таким образом, существование феномена чрезмерного подражания указывает на то, что человек склонен скорее к имитации и готов повторять не столько результат, сколько способ достижения этого результата (по крайней мере, в детском возрасте) (о возрастной динамике феномена чрезмерного подражания – см.: McGuigan et al., 2011; Kotova, Shaginyan, 2012). Однако, основываясь на результатах ранее упомянутого исследования Лайонса и коллег (2007), в котором взрослый производил действия с деталями предмета несколько неудобными для задуманных действий движениями (откручивал крышку, захватив ее внешними ребрами ладоней) и которое показывает, что вариации операционального состава действий экспериментатора с объектом не влияют на операциональный состав действий ребенка, можно сделать вывод о том, что, хотя действия ребенка нельзя назвать эмуляцией, они также не являются и чистой имитацией.



То есть подражание ребенка зависит не столько от соответствия действий и поведения взрослому условиям задачи и достигаемой цели, сколько от намеренности этого поведения и демонстрации ребенку этой намеренности; с таким выводом согласуются результаты проведенного нами эксперимента, в котором испытуемые повторяют тот способ, который последним им намеренно продемонстрирован.

В эксперименте М. Карпентер с соавт. (Carpenter et al., 2005) было показано, что дети, начиная уже с 12-месячного возраста не повторяли способ выполнения взрослым манипуляции с игрушкой в том случае, когда цель таких действий очевидна и понятна ребенку, однако ее достижение, по опыту ребенка, не требует обязательного выполнения действия тем способом, который был продемонстрирован взрослым. Если дети видели, как взрослый брал игрушечную мышку и скачками либо скольжением перемещал ее в один из игрушечных домиков, то они не повторяли способ действия взрослого (т. е. не осуществляли ни скачкообразных, ни скользящих движений), а если домиков на столе не было, и мышка просто пересекала стол с помощью скачков либо скольжения, дети воспроизводили этот способ действий. Учитывая, что в эксперименте М. Карпентер с соавт. использовались знакомые детям объекты, мы можем сделать вывод, что дети, также как и человекообразные обезьяны, в конечном итоге совершают эмуляцию, но способны воспринимать как результат, к которому стоит стремиться и которому стоит подражать, даже промежуточные операции в цепи действий взрослого, если взрослый намеренно производит их с новым объектом.

Таким образом, на основании полученных нами и рядом других исследователей данных можно сделать вывод о том, что ребенок, в отличие от человекообразных обезьян, формирует представление об особом типе результатов действий с предметами: об ожидаемых другим человеком результатах, о результатах, представляемых другим человеком. И достижение таких результатов подчас имеет для ребенка даже большую ценность, чем достижение ожидаемого им самим наглядного результата (Carpenter et al., 2005; Kotova, Shaginyan, 2012). Наши данные показывают особую ценность для ребенка таких результатов, поскольку для их достижения он готов менять способ действия с объектом, даже несмотря на то, что прежде усвоенный способ действия способствовал эффективному достижению наглядного, привлекательного для самого ребенка результата.

То есть, система предметных представлений и каузальных связей предметов и действий с ними, формирующаяся у ребенка, система его представлений о достижении того или иного результата, а также деятельность по усвоению навыков и овладению предметным миром включают в себя не только наглядные изменения самих предметов, но также и изменения в представлении об этих предметах, имеющихся у других людей.

Вывод о важной роли ожиданий окружающих людей относительно производимых субъектом действий с различными предметами не является оригинальным, поскольку мы часто наблюдаем изменения в поведении того и иного человека в присутствии окружающих. Но в данном случае речь идет не о столь поверхностном воздействии. Приведенные нами выше результаты исследований влияния социальных факторов на поведение и действия ребенка с предметом указывают на то, что ни один из них (ни выход взрослого из экспериментального помещения во время манипуляций ребенка с предметом, ни прямое указание на возможную неэффективность действий взрослого, ни смена социальной ситуации его применения) (Lyons et al., 2007) не привел к исчезновению чрезмерного подражания. Таким образом, исследования чрезмерного подражания указывают на наличие специфического для человека представления об объектах как способах употребления этих объектов.



По крайней мере, до конца дошкольного возраста эта разновидность представления об объектах используется ребенком как единое целое со всем объективным знанием, полученным на прямом и наглядном опыте использования данных объектов.

Финансирование

Исследование выполнено при поддержке Российского гуманитарного научного фонда, проект 12-36-01280 и при поддержке Совета по грантам при Президенте РФ, проект МК-3824.2014.6

Литература

- Котова Т.Н., Преображенская А.Д. Роль намерения взрослого в эффекте чрезмерного подражания // «Психология. Журнал ВШЭ». 2009. Т. 6. № 1. С. 152–158.
- Эльконин Д.Б. Психическое развитие в детских возрастах / Под ред. Д.И. Фельдштейна. 2-ое изд. М.: Изд-во «Институт практической психологии», Воронеж: НПО «МОДЭК», 1997. 416 с.
- Call J., Carpenter M., Tomasello M. Copying results and copying actions in the process of social learning: Chimpanzees (*Pan troglodytes*) and human children (*Homo sapiens*) // *Animal Cognition*. 2005. Vol. 8. P. 151–163.
- Carpenter M., Nielsen M. Tools, TV, and trust: Introduction to the special issue on imitation in typically developing children // *Journal of Experimental Child Psychology*. 2008. Vol. 101. P. 225–227.
- Carpenter M., Call J., Tomasello M. Understanding 'prior intentions' enables 2-year-olds to imitatively learn a complex task // *Child Development*. 2002. Vol. 73. P. 1431–1441.
- Carpenter M., Call J., Tomasello M. Twelve- and 18-month-olds copy actions in terms of goals // *Developmental Science*. 2005. Vol. 8. P. F13-F20.
- Horner V., Whiten A. Causal knowledge and imitation/emulation switching in chimpanzees (*Pan troglodytes*) and children (*Homo sapiens*) // *Animal Cognition*. 2005. Vol. 8. P. 164–181.
- Kotova T., Shaginyan S. Is it resulting or intentional action that young children tend to imitate? Budapest CEU Conference on Cognitive Development. 2012, January, 12–14. P. 80.
- Lyons D.E., Young A.G., Keil F.C. The hidden structure of overimitation // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2007. Vol. 104. P. 19751–19756.
- McGuigan N., Makinson J., Whiten A. From over-imitation to super-copying: adults imitate causally irrelevant aspects of tool use with higher fidelity than young children // *British Journal of Psychology*. 2011. Vol. 2. № 102 (1). P. 1–8.
- Nagell K., Olguin K., Tomasello M. Processes of social learning in the tool use of chimpanzees (*Pan troglodytes*) and human children (*Homo sapiens*) // *Journal of Comparative Psychology*. 1993. Vol. 107. P. 174–186.
- Whiten A. The second inheritance system of chimpanzees and humans // *Nature*. 2005. Vol. 437. P. 52–55.
- Whiten A., Custance D.M., Gomez J.-C. et al. Imitative learning of artificial fruit processing in children (*Homo sapiens*) and chimpanzees (*Pan troglodytes*) // *Journal of Comparative Psychology*. 1996. Vol. 110. P. 3–14.
- Zmyj N., Daum M.M., Prinz W., Nielsen M. and Aschersleben G. Fourteen-Month-Olds' Imitation of Differently Aged Models // *Inf. Child Develop.* 2012. Vol. 21. P. 250–266.



DEMONSTRATION OF ACTION WITH A NEW OBJECT TO A CHILD: INFORMATION ABOUT THE DEVICE OR ABOUT THE METHOD OF ITS USE?

KOTOVA T.N.*, *Laboratory for Cognitive Research, Russian Academy for National Economy and Public Administration, Moscow, Russia,*
e-mail: tkotova@gmail.com

This study examines the role of social learning in the formation of the elementary concepts of objects and methods of action with them in children. The analysis of influence of adult's manipulative activity of an with new object, observed by a child, on his further actions regarding the same subject in the conditions of formation of the child's over imitation behavior was the main task of this research. The study involved 39 children aged from 4 to 6 years. According to the conditions of the experiment, the subjects were divided into experimental and control groups: in the experimental group experimenter performed a new set of actions with the stimulus object in its re-presentation; in the control group experimenter did not performed any changes in the action with the stimulus object. The results suggest that subjects of the experimental group played back a new set of actions of experimenter, while in the control group of subjects such reproduction was not observed. On the basis of the received data we can conclude that the behavior of the adult regarding to a new object is primarily a social factor contributing to the formation of the child's views and concepts of objects - convention about the method of their application, not only the situation of observation of transformation of a new object occurring in connection with the actions of an adult.

Keywords: phenomenon of excessive imitation, social learning, mastering of the mode of action with an object, pre-school age.

Funding

The study was supported by the Russian Foundation for Humanities, project 12-36-01280, and by the Council on Grants of the President of the Russian Federation, project MK-3824.2014.6

References

- Kotova T.N., Preobrazhenskaya A. D. Rol' namereniya vzroslogo v effekte chrezmernogo podrazhaniya [The role of adult's intention in overimitation effect]. «*Psikhologiya. Zhurnal VShE*» [*Psychology: The Journal of the Higher School of Economics*], 2009, vol. 6. no. 1, pp. 152–158 (In Russ., abstr. in Engl.).
- El'konin D.B. *Psikhicheskoe razvitie v detskikh vozrastakh* [*Psychological development in children ages*]. Moscow, «Institut prakticheskoi psikhologii» Publ [Practical Psychology Institute]; Voronezh, NPO «MODEK» Publ., 1997. 416 p. (In Russ.).
- Call J., Carpenter M., Tomasello M. Copying results and copying actions in the process of social learning: Chimpanzees (*Pan troglodytes*) and human children (*Homo sapiens*). *Animal Cognition*, 2005, vol. 8, pp. 151–163.
- Carpenter M., Nielsen M. Tools, TV, and trust: Introduction to the special issue on imitation in typically developing children. *Journal of Experimental Child Psychology*, 2008, vol. 101, pp. 225–227.

For citation:

Kotova T.N. Demonstration of action with a new object to a child: information about the device or about the method of its use? *Ekspieriment'naya psikhologiya = Experimental Psychology (Russia)*, 2014, vol. 7, no. 3, pp. 57–68 (In Russ., abstr. in Engl.).

* *Kotova T.N.* Senior Research Associate, Laboratory for Cognitive Research, Russian Academy for National Economy and Public Administration, Moscow, Russia. E-mail: tkotova@gmail.com



- Carpenter M., Call J., Tomasello M. Understanding 'prior intentions' enables 2-year-olds to imitatively learn a complex task. *Child Development*, 2002, vol. 73, pp 1431–1441.
- Carpenter M., Call J., Tomasello M. Twelve- and 18-month-olds copy actions in terms of goals. *Developmental Science*, 2005, vol. 8, pp. F13–F20.
- Horner V., Whiten A. Causal knowledge and imitation/emulation switching in chimpanzees (*Pan troglodytes*) and children (*Homo sapiens*). *Animal Cognition*, 2005, vol. 8, pp. 164–181.
- Kotova T., Shaginyan S. Is it resulting or intentional action that young children tend to imitate? In *Budapest CEU Conference on Cognitive Development*, January 12–14, 2012, p. 80.
- Lyons D. E., Young A. G., Keil F. C. The hidden structure of overimitation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2007, vol. 104, pp. 19751–19756.
- McGuigan N., Makinson J., Whiten A. From over-imitation to super-copying: adults imitate causally irrelevant aspects of tool use with higher fidelity than young children. *British Journal of Psychology*, 2011, vol. 2, no. 102 (1), pp. 1–8.
- Nagell K., Olguin K., Tomasello M. Processes of social learning in the tool use of chimpanzees (*Pan troglodytes*) and human children (*Homo sapiens*). *Journal of Comparative Psychology*, 1993, vol. 107, pp. 174–186.
- Whiten A. The second inheritance system of chimpanzees and humans. *Nature*, 2005, vol. 437, pp. 52–55.
- Whiten A., Custance D. M., Gomez J.-C., Teixidor P., Bard K. A. Imitative learning of artificial fruit processing in children (*Homo sapiens*) and chimpanzees (*Pan troglodytes*). *J Comp Psychol*, 1996, vol. 110, pp. 3–14.
- Zmyj N., Daum M. M., Prinz W., Nielsen M. and Aschersleben G. Fourteen-Month-Olds' Imitation of Differently Aged Models. *Inf. Child Develop*, 2012, vol. 21, pp. 250–266.

ХЕМОЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ ГИДРОБИОНТОВ: ПОПЫТКА СРАВНЕНИЯ

СЕЛИВАНОВА Л. А. *, *Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, Москва, Россия,*
e-mail: lyubov.selivanova@gmail.com

На основе данных, полученных по результатам собственных исследований, а также исследований других авторов, проведено сравнение хемочувствительности позвоночных и беспозвоночных обитателей водной среды к природным соединениям. Сравнение показало, что спектр эффективных соединений для ракообразных шире, чем для других животных, а аминокислоты и родственные соединения эффективны для всех животных. Чувствительность водных животных к аминокислотам примерно одинакова: для одних и тех же аминокислот нижние абсолютные пороги сопоставимы для иглокожих, ракообразных и рыб, а относительные дифференциальные пороги сопоставимы для ракообразных, рыб и рептилий.

Ключевые слова: различение, абсолютная и дифференциальная чувствительность к природным веществам, гидробионты.

В настоящее время в отечественной зоопсихологии, как и ранее, изучается ориентировочно-исследовательское, брачное и родительское поведение; научение, интеллект и язык животных; игра, коммуникация, миграции, тогда как практически нет исследований базового уровня психики – чувствительности. Вместе с тем, чувствительность животных активно изучается за рубежом, причем наиболее методически корректно – в области психофизики (Animal Psychophysics) с ее развитой методологией и богатым арсеналом экспериментальных измерительных процедур.

Однако среди этих работ мало исследований различительной хемочувствительности (при ощущении и восприятии химических веществ), к тому же они ведутся главным образом у человека и некоторых наземных позвоночных, т. е. у обитателей воздушной среды и суши (террабионтов). В то же время, три из семи классов и половина современных видов позвоночных – это рыбообразные и рыбы: обитатели водной среды (гидробионты). Исследования психики и поведения рыб имеют давнюю традицию в отечественной науке (с 1928 г.). К. Э. Фабри разработал основы «ихтиопсихологии» и обосновал необходимость изучения у рыб порогов восприятия ключевых стимулов и роли мотивационных состояний в отношении рыб к этим стимулам.

Хемочувствительность – ведущая сенсорная модальность у многих видов и семейств рыб, так как лежит в основе большинства форм их поведения: пищевого, оборонительного, репродуктивного, родительского, ориентации при нерестовых миграциях. Для управления этими видами поведения промысловых рыб с помощью химических стимулов необходимо знание закономерностей их хемочувствительности. Однако такие исследования велись в

Для цитаты:

Селиванова Л. А. Хемочувствительность гидробионтов: попытка сравнения // Экспериментальная психология. 2014. Т. 7. № 3. С. 69–82.

* *Селиванова Л. А.* Кандидат психологических наук, младший научный сотрудник, Институт проблем экологии и эволюции имени А.Н. Северцова РАН, Москва, Россия. E-mail: lyubov.selivanova@gmail.com



основном в русле ихтиологии, реже – физиологии, где психофизическая методология использовалась недостаточно. В частности, не учитывалось фоновое содержание стимулов в природной воде, что необходимо для оценки относительного дифференциального порога, позволяющей сравнивать различительную чувствительность не к одной, а к любой величине изучаемого сенсорного признака. Биологически значимые для рыб вещества присутствуют в природной воде, и рыбы ориентируются в изменениях их концентраций на основе своей дифференциальной чувствительности. Однако ее измерения методически сложны и потому почти не проводились. Данные о дифференциальных порогах у заранее обученных рыб не отражают функциональные закономерности чувствительности и не характеризуют природную способность необученных рыб различать химические стимулы по интенсивности.

Целью нашей работы был сопоставительный анализ на основании литературных и собственных данных как отдельных веществ по эффективности их действия на гидробионтов, так и отдельных видов животных по чувствительности к этим веществам.

Тестируемые животные

Среди тестируемых животных чаще всего встречаются постоянно обитающие и дышащие в воде *беспозвоночные* иглокожие (морские звезды, офиуры), ракообразные (крабы, омары, лангусты), головоногие моллюски (осьминоги, кальмары) и *позвоночные* рыбы и рыбообразные. Из позвоночных это также земноводные (головастики лягушек и жаб) и пресмыкающиеся (болотные черепахи), которые не только значительную часть своего жизненного цикла обитают в воде, но и (в отличие от большинства обитающих в воде млекопитающих) способны чувствовать растворенные в воде вещества. Не все опубликованные данные безупречны с точки зрения методики и трактовки (например, для земноводных, рептилий и некоторых видов рыб), но результаты этих работ заслуживают внимания, если есть возможность дополнить их собственными данными или если при определенных условиях есть возможность для сравнения отдельных данных.

Тестовые вещества

К числу тестовых веществ, как правило, относятся *природные соединения, вызывающие определенный вид поведения*, по интенсивности проявления которого можно судить о чувствительности животных к данному веществу. Это аминокислоты (АК) и родственные соединения (бетаин, таурин и др.), которые вызывают пищевое поведение (привлечение), хоминг, избегание или испуг; компоненты желчи (ЖК) – стимулируют хоминг, поисковое поведение; минеральные соли – важны для направления нерестовых, включая хоминг, и нагульных миграций; ди- и трипептиды, сахара, нуклеотиды – вызывают привлечение – избегание, поисковое (пищевое) поведение; половые феромоны – стимулируют половое поведение; феромоны тревоги – вызывают сстаивание, рассеивание, избегание. Реже применяются искусственные соединения, например, морфолин, β -фенилэтанол, ионон. Они вызывают те виды поведения, с которыми были ассоциированы в процессе активного или пассивного (экспонирование) обучения – это главным образом хоминг, связанный с памятью на запахи, различением потоков и чувствительностью к ключевым соединениям.

Темы исследований

Основные темы исследований, касающиеся *количественной* стороны вопроса, – это *абсолютная* (нижний порог) и *дифференциальная чувствительность и пороги* (пороговые концентрации) *детекции и распознавания* веществ, а также зависимость типа «доза-ответ» и вид (форма) этой зависимости (кривой). Зачастую показателем хемочувствительности



животных в количественном смысле считается *предел пищевой привлекательности и сравнительная эффективность действия*. Однако предел пищевой привлекательности отнюдь не всегда совпадает с порогом распознавания, а сравнительная эффективность действия, которая всегда определяется при одинаковой и значительно выше пороговой концентрации стимулов, тем более не имеет отношения к чувствительности в количественном смысле. В этом случае при разной концентрации тестовых веществ, например, АК, в природной фоновой воде тестовые вещества, добавленные в одинаковой концентрации, будут составлять разную по величине добавку относительно фона, и сравнивать эти добавки по интенсивности действия просто некорректно.

Что касается хемочувствительности животных к *качественным* различиям веществ, то здесь в основном изучаются *предел различения близких по качеству отдельных веществ, различение бинарных смесей АК и различение многокомпонентных эквимоллярных* (если компоненты уравниваются по концентрации) или эквипотенциальных (если компоненты уравниваются по силе действия, т.е. интенсивности ответа) *смесей АК*. Наряду с различением смесей изучается и сходство натурального запаха (многокомпонентной природной смеси веществ) с запахом искусственной смеси, состоящей из неполного набора компонентов имитируемой природной смеси.

Применяемые методы и методики

Применяемые для изучения хемочувствительности водных животных методы и методики довольно разнообразны. Это *этологические парный и множественный выбор* с обучением и без (Shelford, Allee, 1913; Bull, 1928 – здесь и далее указаны, если это известно, либо разработчики данного метода или методики, либо те, кто первым применил их для изучения хемочувствительности водных животных); метод *«привыкание-различение»* (Halpin, 1974); метод *учета частоты характерных движений животных* при тестировании ими химического состава воды; *оценка пищевой привлекательности в баллах* (Касумян, 1994); *оценка эффективности действия* с помощью так называемых *«рядов относительной эффективности»* или *«ранжированных рядов»* (Нага, 1975), причем здесь может оцениваться интенсивность как поведенческого, так и электрофизиологического ответа. Другой *физиологический метод* – предварительная *выработка условного рефлекса (УР) с положительным* пищевым (АК + корм) или *с отрицательным* отравляющим (АК + LiCl) (Little, 1977), пугающим (АК + ФТ) или болевым (электрошок) (Сергеева, 1975) *подкреплением* и последующее тестирование. Из классических *психофизических методов* применяется *метод границ (метод минимальных изменений)* или его вариант – *метод лестницы (вверх-вниз)* (Cornsweet, 1962), а также *метод постоянных стимулов* (метод констант, частотный метод) (Солуха, 1989). Существуют методы, которые можно назвать смешанными, так как они сочетают в себе, в одном случае, *метод границ и УР с пищевым или болевым подкреплением*, в другом случае – *метод постоянных стимулов и метод «привыкание-различение»* (Selivanova, 2002a, 2002b). К смешанным можно отнести и *метод определения порогов по кривой «доза-ответ»*, который активно применяется для определения нижних абсолютных порогов (и может использоваться для определения пороговых концентраций или порогов детекции при естественном фоне) у рыб и беспозвоночных животных на различные вещества. Применительно к животным этот метод разработан в лаборатории Дж. Кэприо (Cargio, 1982) на основе положений, изложенных в работе С. С. Стивенса (Stevens, 1957). По этому методу абсолютный порог определяется путем продления экспериментальной кривой типа «доза-ответ» до ее пересечения с осью абсцисс. При этом по оси абсцисс откладывается молярная концентрация тестового вещества,



а по оси координат – интенсивность ответа животного, которая может быть оценена с помощью любого из вышеприведенных методов. Здесь следует отметить, что в имеющихся работах кривые типа «доза-ответ» по своему виду (форме) не единообразны, они либо линейные ($y = ax$), либо экспоненциальные или показательные ($y = a^x$, где $1 < a < 2$), т.е. «полутюльпан», либо логарифмические ($y = \log_a x$, где $a \neq 1$), т.е. «полулилия». Подробнее можно ознакомиться в работе Л. А. Селивановой (см.: Селиванова, 2013), а в данной работе предпринята попытка сравнить чувствительность животных и эффективность запахов.

Пороговые концентрации АК в поведенческих опытах при неизвестном, но одинаковом натуральном фоне

Пороговые концентрации или пороги наряду с ранжированными рядами АК наиболее часто регистрируются в работах с гидробионтами и считаются показателем чувствительности животных к АК. Но о какой чувствительности идет речь? Если АК есть в фоновой воде, то, по определению, измеренный порог не является абсолютным. Если концентрация АК в фоне неизвестна, то нельзя вычислить и относительный дифференциальный порог, а разностный или дифференциальный порог, который равен установленной пороговой концентрации, не может служить нам ни для оценки дифференциальной чувствительности, ни для сравнения способностей животных, тестируемых при разных неизвестных фонах. Здесь уместно провести аналогию с решением задачи «кто дальше прыгает?». Абсолютная величина дальности прыжка у разных животных ответа на этот вопрос не дает, для грамотного определения победителя нужно соотносить дальность прыжка с длиной тела данного животного. Впрочем, данные по пороговым концентрациям в отдельных случаях можно использовать для сравнения чувствительности. При одинаковом натуральном фоне, не зная значений фоновых концентраций, можно сравнивать ответы на одинаковые АК у разных животных, на одинаковые АК у одних и тех же животных на разных стадиях онтогенеза и на разные стереоизомеры одной АК у конкретного животного.

У иглокожих в поведенческих опытах пороговые концентрации АК при неизвестном, но одинаковом натуральном фоне у офиуры для L-цистеина и L-пролина составляют от 3 нМ до 0,3 мкМ, а у морской звезды для L-цистеина, L- и D-пролина – 0,1 нМ (Valentinčić, 1985, 1991). По этим данным можно считать, что морская звезда более чувствительна к этим АК, чем офиура, и одинаково чувствительна к L- и D-изомерам пролина.

У трех видов головастика бесхвостых амфибий (травяной и прудовой лягушек и серой жабы) пороговые концентрации для L-АК (аланина, валина, глутамин, лизина, орнитина и пролина) в возрасте примерно одного месяца (на стадиях от начала активного питания до начала формирования стоп) на 1–7 порядков ниже, чем в возрасте примерно двух месяцев (на стадиях завершения формирования конечностей и начала метаморфоза), т.е. по мере личиночного развития чувствительность у этих видов бесхвостых амфибий к АК падает (Киселева, 1995). У головастика остромордой лягушки в тот же период развития для большинства этих же L-АК (валина, глутамин, орнитин и пролин) наблюдается обратная закономерность: пороговые концентрации снижаются на 1–2 порядка, т.е. чувствительность к АК повышается. Возможно, выявленные различия зависят от особенностей экологии, химизма пищи или врагов этих видов бесхвостых амфибий (Киселева, 2000).

Абсолютный порог в поведенческом опыте

Нижний абсолютный порог (НАП) – это минимальная величина стимула (концентрация вещества), способная вызвать *появление* ощущения, проявляемое посредством ответной (поведенческой) реакции. Для измерения абсолютного порога требуется отсутствие



данного вещества в фоновой воде. Животные постоянно выделяют в воду продукты жизнедеятельности и поэтому абсолютный порог в поведенческом опыте можно измерить только у тех беспозвоночных животных или рыб, которые могут отвечать на предъявление стимула движением хемосенсорного членика или плавника, помещенного в специальную камеру с искусственной фоновой водой, в которой тестовое вещество гарантированно отсутствует в течение некоторого промежутка времени, необходимого для измерения НАП.

Поскольку в поведенческих опытах НАП определяется по специфическим движениям конечностей животных, обычно наблюдаемым при пищевом поиске и тестировании среды, можно считать его *порогом распознавания* стимула.

С помощью различных методических приемов установлено, что в поведенческих опытах с необученными животными у морской звезды НАП для АК составляет 10 нМ (McClintock et al., 1984); у краба-привидения НАП для АК составляет 0,1 мМ, для аминов – 1–10 мкМ и для моно- и дисахаридов – 1 мкМ (Trott, Robertson, 1984); у флоридского лангуста НАП для АК составляет 10 мкМ, для бетаина – 0,1 мкМ, для таурина – 10 нМ и для аденозинмонофосфата (АМФ) – 1 нМ (Daniel, Derby, 1991). При сравнении этих данных выходит, что из трех видов беспозвоночных гидробионтов морская звезда самая чувствительная к АК, у краба-привидения наименьший НАП для сахаров, а у флоридского лангуста – для АМФ.

Абсолютный порог в электрофизиологическом опыте

В электрофизиологическом опыте обеспечить чистый от тестового вещества фон проще, чем в поведенческом, и делается это также с помощью искусственной фоновой воды, которая готовится из природной воды путем очищения ее посредством деионизации с последующим добавлением в природных пропорциях всех необходимых соединений, кроме тестовых.

Поскольку в электрофизиологическом опыте НАП устанавливается с использованием, по вышеописанным правилам, кривой «доза-ответ», где «ответ» регистрируется на уровне сенсорной системы, а не целостного организма, можно считать этот НАП *порогом детекции*.

В электрофизиологических опытах с необученными животными установлено, что у флоридского лангуста НАП для таурина составляет 0,1–10 нМ (Fuzessery et al., 1978), а у лангуста обыкновенного – 1 пМ (Ache, Derby, 1985); у омара НАП для АК составляет 0,35 нМ–3,5 мкМ, для бетаина и таурина – 3,5 нМ, для хлорида аммония – 0,01 пМ (Derby, Atema, 1982). По приведенным данным выходит, что из ракообразных к таурину более чувствителен лангуст обыкновенный, а у омара из трех видов предъявленных веществ самый низкий НАП установлен для хлорида аммония.

Среди необученных рыб у лимонной акулы НАП для L-мет составляет 0,1 нМ, а у белого амура – 1 нМ (Johnsen et al., 1988), т.е. хищная лимонная акула более чувствительна к АК L-мет, чем растительноядный белый амур.

Отдельный интерес для сравнения представляют данные по НАП распознавания и детекции для таурина у флоридского лангуста: верхняя граница НАП детекции совпадает с НАП распознавания, а нижняя граница НАП детекции на два порядка ниже НАП распознавания (Daniel, Derby, 1991; Fuzessery et al., 1978), что вполне логично. Специальной работы, где бы сравнивались результаты психофизических, физиологических и биофизических исследований хемочувствительности гидробионтов, пока нет, хотя можно предположить, что материал для такого сравнения имеется.



НАП относительно просто измеряется и является очень удобным показателем для сравнения хемочувствительности гидробионтов. В то же время, измерение ведется в специально создаваемых искусственных условиях, которые в природной среде не существуют, и из-за отсутствия данных непонятно, как абсолютная чувствительность соотносится с дифференциальной, а также со степенью аттрактивности или репеллентности веществ.

Относительный дифференциальный порог (ОДП)

Разностный или дифференциальный порог (ДП) – это наименьшее изменение величины *действующего стимула* (ΔI), достаточное для едва заметного *изменения* ощущения. Относительный дифференциальный порог (ОДП) – это отношение величины ДП, или ΔI , к величине стимула, относительно которого этот порог измерен, а именно, к величине фона $I_{\text{фона}}$, которая применительно к хемочувствительности гидробионтов равна концентрации тестового вещества в фоновой воде. Таким образом, $\text{ОДП} = \Delta I / I_{\text{фона}}$ и измеряется в процентах или долях единицы. В опытах по определению ОДП фоны могут быть как искусственными, когда концентрация тестового вещества в фоне задается экспериментатором, так и естественными. Во втором случае необходимо знать или самостоятельно определять концентрацию тестового вещества в той воде, в которой содержатся и тестируются животные. Поэтому при работе в полевых условиях с молодью осетра нами параллельно был проведен хроматографический анализ природной волжской воды, служившей естественным фоном (Селиванова и др., 1989б); для расчета ОДП для АК у болотной черепахи использованы собственные неопубликованные данные анализа лабораторной водопроводной воды ИПЭЭ РАН, а для расчета ОДП для АК у личинок кумжи и атлантического лосося использованы данные по содержанию АК в водопроводной воде города Осло, которые приводит автор работы (Mearns, 1989).

ОДП для минеральных солей (при изменении солености воды)

При естественных фонах и тестировании предварительно обученных животных методом парного выбора установлено, что ОДП для увеличения солености воды у осьминога составляет 100% (Wells, 1963), а у трески и пикши – 1% (Bull, 1952). При искусственных фонах у обученных карпов, тестированных с помощью метода учета частоты сердечных сокращений, ОДП для увеличения солености воды составляет 0,33–6,66% (Сергеева, 1975). Таким образом, пресноводные и морские рыбы в 100 раз чувствительнее к изменению солености, чем осьминог.

ОДП для АК при естественном фоне в поведенческих опытах с необученными животными

В этих условиях проведения опытов ОДП для глицина у лангуста составляет 365% для *распознавания* и 1,8% для *детекции* (Zimmer-Faust, 1991).

По расчетам, сделанным на основе авторских данных тестирования рыб, а также данных, приведенных в работе по концентрации отдельных АК в фоновой воде (Mearns, 1989), у личинок кумжи ОДП для *распознавания* L-аланина составляет 190%, L-пролина – 250% и глицина – 1453,5%, а у личинок атлантического лосося ОДП для *распознавания* L-аланина составляет 190%, L-пролина – 250%, L-аргинина – 125% и глицина – 14,5%.

По нашим ранее неопубликованным данным тестирования, а также данным по концентрации свободных АК в природной волжской воде (Селиванова и др., 1989б), у мальков русского осетра при естественном фоне ОДП для *распознавания* глицина составляет 1,66%, L-аланина – 33,11%, D,L-серина – 0,015%, L-глутаминовой кислоты – 6,61%, L-глутамин – 100%, L-пролина – 10%, L-гистидина гидрохлорида – 0,005%, D,L-тирозина – 1% и D,L-



метионина – 1%, а ОДП для *детекции* глицина составляет 0,59%, L-аланина – 1,12%, D,L-серина 0,0025%, L-глутаминовой кислоты – 2,75%, L-глутамин – 2,24%, L-пролина – 0,47%, L-гистидина гидрохлорида – 0,00006%, D,L-тирозина – 0,16% и D,L-метионина – 0,14%. И для распознавания, и для детекции наиболее низкие ОДП у молоди осетра получены для L-гистидина гидрохлорида и D,L-серина.

По результатам тестирования (Мантейфель, Гончарова, 1992) и нашим неопубликованным данным по концентрации свободных АК в лабораторной водопроводной воде, у болотной черепахи ОДП *распознавания* для L-аргинина составляет 1%, а L-глутамин и L-аланина – 0,1%.

Сравнение результатов показывает, что при естественном фоне в поведенческих опытах с необученными животными ОДП для *распознавания и детекции* глицина ниже всех у мальков русского осетра, ОДП для *распознавания* глицина у langуста ниже, чем у личинок кумжи, ОДП для *распознавания* L-аргинина у болотной черепахи в 125 раз ниже, чем у личинок атлантического лосося, а ОДП для *распознавания* L-глутамин и L-аланина у болотной черепахи в 1000 и 330 раз ниже, чем у мальков осетра и совпадают с ними при искусственных фонах (см. ниже).

ОДП для АК при искусственных фонах

Естественный адаптирующий фон является постоянным и имеет единственное характерное для данного водоема значение концентрации для каждой конкретной АК. Концентрацию искусственного адаптирующего фона можно менять в эксперименте по величине, что дает возможность измерить ОДП при разных значениях фона, а по результатам измерений понять, способны ли животные к ориентации в градиенте данного стимула, и определить диапазон фоновых концентраций, в котором работает формула Вебера: $\Delta I / I_{\text{фона}} = \text{const}$.

В поведенческих опытах у необученных мальков русского осетра минимальные ОДП для *распознавания* глицина, L-аланина и D,L-метионина составили 0,1%, а для D,L-тирозина и L-гистидина гидрохлорида – 0,01% (Selivanova, 2002a). У обученной взрослой трески путем регистрации частоты сердечных сокращений особи, фиксированной в станке, установлено, что минимальный ОДП для *распознавания* глицина составляет 50% (Johnstone, 1980). Таким образом, минимальные ОДП для распознавания глицина у мальков осетра в 500 раз ниже, чем у взрослой трески. Однако есть повод предполагать, что сравниваемые данные отражают не только разницу в хемочувствительности двух видов рыб. Мальки русского осетра по методике тестирования, включающей метод «привыкание-различение», сравнивали едва различающиеся по концентрации растворы АК при их последовательном предъявлении, находясь в свободном плавании в природном фоне. Обонятельный аппарат трески, зафиксированной в станке, некоторое время до и на протяжении всего периода тестирования омывался искусственным фоном с концентрацией глицина, превышающей таковую в естественном фоне примерно на 3 порядка. В этих условиях тестирования сильно завышенный по сравнению с природным адаптирующий фон мог заметно снизить дифференциальную хемочувствительность трески.

Ключевые вещества для хоминга лососевых рыб

Определение и сравнение чувствительности животных к различным веществам не в последнюю очередь делается для выявления *ключевых* для разных видов поведения *стимулов*. При этом критерием здесь служит именно максимальная чувствительность (минимальный порог). Еще с середины прошлого века, когда в Северной Америке занялись тщательным исследованием хоминга лососевых рыб (Hasler, Wisby, 1951), роль ключевых стимулов отводилась свободным АК. Позднее скандинавские исследователи в электрофизиологиче-



ских опытах определили, что у лососей *пороговые концентрации* для ЖК на 1-3 порядка ниже, чем для АК, и выдвинули ЖК на роль ключевых для хоминга стимулов ЖК (Doving et al., 1980). В противовес североамериканской (на основе импринтинга запаха родного ручья) была выдвинута скандинавская (на основе генетической памяти запаха своей популяции) гипотеза хоминга. Потребовалось еще 20 лет, чтобы японские исследователи не только повторили электрофизиологические опыты скандинавских исследователей (с тем же результатом), но и определили концентрации АК и ЖК в природной воде из мест обитания лососей (Shoji et al., 1997, 2000). Оказалось, что концентрации АК и ЖК в природной воде отличаются именно на эти же 1–3 порядка, что и пороговые концентрации, т.е. дифференциальная чувствительность лососей к АК и ЖК одинакова. Эта история служит хорошим примером того, как грамотно решать вопрос о том, «какие запахи действуют сильнее».

Предел различения отдельных веществ

На способность животных различать близкие по качеству вещества указывают разные по значению НАП или ОДП, измеренные для сравниваемых веществ в разное время в одинаковых условиях у одной и той же особи. Таким способом в электрофизиологических опытах показано, что необученный налим различает *структурные изомеры* иона (Doving, 1966).

Согласно неопубликованным данным, упомянутым в обзоре (Little, 1983), в поведенческих опытах обученный кошачий сомик с помощью наружного вкуса различает *стереоизомеры* АК.

В поведенческих опытах с использованием метода «привыкание-различение» показано, что необученная молодь русского осетра различает структурные и стереоизомеры АК (Selivanova, 2002b).

Таким образом, рыбы разных видов способны различать предельно близкие по качеству вещества (тождественные по элементному составу), а именно *структурные изомеры* природных АК и синтетического вещества иона, а также *стереоизомеры* АК. В то же время по результатам определения пороговых концентраций АК в поведенческих опытах при неизвестном, но одинаковом натуральном фоне представитель иглокожих морская звезда одинаково чувствительна к L- и D-изомерам пролина (Valentinčić, 1985), и этот факт можно истолковать как неспособность морской звезды различать стереоизомеры АК.

Многокомпонентные смеси АК: ключевые пищевые стимулы и различение

При разработке состава химических приманок для лова рыб и моллюсков, а также искусственных кормов для выращивания рыб возникает задача: минимальным числом добавок придать пищевую привлекательность этим приманкам и кормам, состоящим из безусловно полезных, но непривычных на запах и вкус ингредиентов. Аналогичные задачи решаются в пищевой промышленности и при производстве кормов для домашних питомцев. Полный состав ароматических и вкусовых добавок представляет коммерческую тайну, но известно, что все они содержат смеси АК, из которых наиболее эффективны глутамин или глутаматы, бетаин – производное глицина, а также таурин. По нашим данным, L-гистидин гидрохлорид в отдельности и эквимоларные смеси АК разного состава, содержащие L-гистидин гидрохлорид, вызывали у выращиваемой в условиях рыбхоза радужной форели (один из видов лососевых рыб) привлечение, сравнимое с таковой на привычные кормовые гранулы. Вторым по силе привлечения для форели был D,L-серин (Селиванова и др., 1989а).

При имитации многокомпонентного запаха смесью из ограниченного числа компонентов, входящих в этот запах, важно, при каком числе компонентов животное не отлича-



ет неполную смесь от полной. В поведенческих и электрофизиологических опытах с предварительно обученными сомиками-кошками двух родов было показано, что рыбы различают эквипотенциальные смеси АК с числом компонентов n и $n + 1$ при $n \leq 11$, и при этом способны отличить 9- и 10-компонентную смесь АК от 12-компонентной, но не способны отличить 11-компонентную смесь АК от 12-компонентной (Valentinčič, Koše, 2000; Valentinčič et al., 2011). В настоящее время Т. Валентинчич с соавторами продолжает исследования по различению многокомпонентных смесей АК беспозвоночными животными, и вскоре мы сможем сравнить их способности к различению смесей с таковыми у рыб.

Итоги сравнения

Можно ли, сравнив имеющиеся данные, понять, какие «запахи» сильнее других привлекают гидробионтов и чей «нос» лучше? Давно известно, что из пищевых стимулов наиболее привлекательны АК, особенно родственные глутаминовой кислоте глутамат (калиевая или натриевая соль глутаминовой кислоты) и глутамин (моноамид глутаминовой кислоты), а также бетаин (триметиламмоний – производное глицина) и таурин (аминосульфоновая кислота – производное цистеина). Большинство других АК тоже в разной степени привлекательны для гидробионтов, но не всегда понятно, с чем связано это привлечение. Как выяснилось при корректном определении чувствительности, АК (мажорные компоненты кожной слизи рыб) и ЖК (мажорные компоненты фекалий рыб) одинаково привлекательны для лососевых рыб в связи с хомингом. По нашим данным, две наиболее привлекательные для радужной форели АК L-гистидин гидрохлорид и D,L-серин хорошо имитируют в составе смесей АК и по отдельности действие запаха привычного корма. К этим же АК наиболее чувствительна молодь осетра при естественном фоне. Вызвана ли эта высокая чувствительность именно пищевой привлекательностью или гистидин и серин имеют другое сигнальное значение для рыб – неизвестно, но на примере молоди русского осетра нам удалось показать, что хемочувствительность молоди осетра к АК экологически обусловлена (Селиванова, Скотникова, 2007).

Чтобы понять, «чей нос лучше», сопоставим результаты сравнений по отдельным рубрикам: у головастиков разных видов бесхвостых амфибий отмечена разнонаправленная динамика чувствительности к АК в онтогенезе; возможно, это связано с экологией видов; для разных видов беспозвоночных минимальные АП измерены для разных классов соединений (АК, сахара и АМФ), входящих в набор веществ, экстрагируемых из пищевых объектов, что может быть связано с пищевыми предпочтениями данных видов животных; по величине НАП для L-мет хищная лимонная акула более чувствительна к АК, чем растительноядный белый амур, что вполне логично, так как АК – это маркеры пищевого объекта, а в экстрактах из объектов питания животного происхождения гораздо больше белковых компонентов, чем в экстрактах из водных растений; по величине ОДП пресноводные и морские рыбы на 2 порядка чувствительнее осьминога к изменению солености воды, но осьминог обитает в воде с постоянной соленостью, а рыбы при миграциях испытывают перепады солености; рыбы различают структурные и стереоизомеры АК, а иглокожие, по видимому, нет; рыбы разных родов (сомики-кошки) обладают одинаковой способностью к различению многокомпонентных эквипотенциальных смесей АК. Таким образом, в имеющемся материале эволюция сенсорного восприятия от беспозвоночных гидробионтов к позвоночным хотя и прослеживается, но «экологический след» выражен гораздо отчетливее; независимо от ступени, занимаемой видом в эволюционном ряду, лучше тот «нос», что наиболее приспособлен к условиям обитания данного вида животных.



Литература

- Касумян А. О. Обонятельная чувствительность осетровых рыб к свободным аминокислотам // Биофизика. 1994. Т. 39. № 3. С. 522–525.
- Киселёва Е.И. Природные аминокислоты как эффективные стимулы, вызывающие хеморецепторно направляемое поведение головастика бесхвостых амфибий // Журнал общей биологии. 1995. Т. 56. № 3. С. 329–345.
- Киселёва Е.И. Чувствительность головастика остромордой лягушки *Rana arvalis* Nilss к природным L-аминокислотам и ее изменение в онтогенезе // Журнал общей биологии. 2000. Т. 61. № 2. С. 198–204.
- Мантейфель Ю.Б., Гончарова Н.В. Дифференциальная чувствительность обонятельного восприятия L-аминокислот аланина и аргинина у болотной черепахи *Emys orbicularis* L. // Сенсорные системы. 1992. Т. 6. № 4. С. 34–36.
- Селиванова Л.А. Применение психофизических методов при изучении хемочувствительности водных животных // Эволюционная и сравнительная психология в России: традиции и перспективы / Ред. А.Н. Харитонов. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2013. С. 178–185.
- Селиванова Л.А., Скотникова И.Г. Исследование различительной хемочувствительности рыб // Психологический журнал. 2007. Т. 28. № 2. С. 95–105.
- Селиванова Л.А., Суханова М.Э., Гроня Л.И. и др. Реакция форели и объекта ее питания – бокоплавов на специфические химические раздражители // Хемочувствительность и хемокоммуникация рыб / Ред. Д.С. Павлов. М.: Наука, 1989а. С. 131–151.
- Селиванова Л.А., Флёрова Г.И., Баратова Л.А. и др. Фоновый пул свободных аминокислот применительно к задаче определения чувствительности к ним гидробионтов // Химические сигналы в биологии рыб / Ред. Д.С. Павлов. М.: ИЭМЭЖ АН СССР, 1989б. С. 178–190.
- Сергеева Л.И. Чувствительность и дифференциальные пороги хеморецепторов костистых рыб к децилленерной жидкости и хлоридам // Изв. ГОСНИОРХ'а. 1975. Т. 93. С. 139–142.
- Солуха Б.В. Методы измерения чувствительности, ориентированных перемещений и специализированных актов рыб в полях химических раздражителей // Хемочувствительность и хемокоммуникация рыб / Ред. Д.С. Павлов. М.: Наука, 1989. С. 5–97.
- Ache B. W., Derby Ch.D. Functional organization of olfaction in crustaceans // TINS. 1985. Vol. 8. № 8. P. 356–360.
- Bull H.O. Studies on conditioned responses in fishes. Part I // J. Marine Biol. Assoc. U.K. 1928. Vol. 15. № 2. P. 485–533.
- Bull H.O. An evaluation of our knowledge of fish behavior in relation to hydrography // Rapp. Reunions Cons. Permanent Intern. Explor. Mer. 1952. Vol. 131. № 7. P. 8–23.
- Caprio J. High sensitivity and specificity of olfactory and gustatory receptors of catfish to amino acids // Chemoreception in Fishes / Ed. T.J. Hara. Amsterdam: Elsevier Sci. Publ. Co. 1982. P. 109–134.
- Cornsweet T.N. The staircase-method in psychophysics // American Journal of Psychology. 1962. Vol. 75. P. 485–491.
- Daniel P.C., Derby Ch.D. Mixture suppression in behavior: the antennular flick response in the spiny lobster towards binary odorant mixtures // Physiol. Behav. 1991. Vol. 49. P. 591–601.
- Derby Ch.D., Atema J. Chemosensitivity of walking legs of the lobster *Homarus americanus*: neurophysiological response spectrum and thresholds // J. Exp. Biol. 1982. Vol. 98. P. 303–315.
- Doving K.B. The influence of olfactory stimuli upon the activity of secondary neurones in the burbot (*Lota lota* L.) // Acta Physiol. Scand. 1966. Vol. 66. № 3. P. 290–299.
- Doving K.B., Selset R., Thommesen G. Olfactory sensitivity to bile acids in salmonid fishes // Acta Physiol. Scand. 1980. Vol. 108. № 2. P. 123–131.
- Fuzessery Z.M., Carr W.E.S., Ache B.W. Antennular chemosensitivity in the spiny lobster, *Panulirus argus*: Studies of taurine sensitive receptors // Biol. Bull. 1978. Vol. 154. № 2. P. 226–240.



- Halpin Z.T. Individual differences in the biological odors of the Mongolian gerbil (*Meriones unguiculatus*) // Behav. Biol. 1974. Vol. 11. P. 253–259.
- Hara T.J. Molecular structure and stimulatory effectiveness of amino acids in fish olfaction // Olfaction and Taste V / Eds. D. A. Denton & J. P. Coghlan. N. Y.: Academic Press, 1975. P. 223–226.
- Hasler A.D., Wisby W.J. Discrimination of stream odors by fishes and its relation to parent stream behaviour // Am. Naturalist. 1951. Vol. 85. № 823. P. 223–238.
- Johnsen P.B., Zhou H., Adams M.A. Olfactory sensitivity of the herbivorous grass carp, *Ctenopharyngodon idella*, to amino acids // J. Fish Biol. 1988. Vol. 33. № 1. P. 127–134.
- Johnstone A.D.F. The detection of dissolved amino acids by the Atlantic cod, *Gadus morhua* L. // J. Fish Biol. 1980. Vol. 17. P. 219–230.
- Little E.E. Conditioned aversion to amino acid flavors in the catfish, *Ictalurus punctatus* // Physiol. and Behav. 1977. Vol. 19. № 6. P. 743–747.
- Little E.E. Behavioral function of olfaction and taste in fish // Fish Neurobiology. Vol. 1. Brain stem and sense organs / Eds. R. G. Northcutt & R. E. Davis. University of Michigan Press, 1983. P. 351–376.
- McClintock J.B., Klinger T.S., Lawrence J.M. Chemoreception in *Luidia clathrata* (Echinodermata: Asteroidea): qualitative and quantitative aspects of chemotactic responses to low molecular weight compounds // Mar. Biol. 1984. Vol. 84. № 1. P. 47–52.
- Mearns K.J. Behavioral responses of salmonid fry to low amino acids concentrations // J. Fish Biol. 1989. Vol. 34. № 2. P. 223–232.
- Selivanova L.A. Differential chemosensitivity of naive young russian sturgeon // Fechner Day 2002 / Eds. J. H. Da Silva, E. H. Matsushima & N. P. Ribeiro-Filho. Rio de Janeiro, 2002a. P. 520–525.
- Selivanova L.A. Naive young sturgeon discriminate the structural and optical isomers of amino acids // Fechner Day 2002 / Eds. J. H. Da Silva, E. H. Matsushima & N. P. Ribeiro-Filho. Rio de Janeiro, 2002b. P. 526–528.
- Shelford V.E., Allee W.C. The reactions of fishes to gradients of dissolved atmospheric gases // J. Exp. Zool. 1913. Vol. 14. № 2. P. 207–266.
- Shoji T., Sakamoto T., Ueda H., Ymauchi K., Kurihara K. Olfactory responses of salmonid fishes to stream water: electrophysiological evaluation of amino acids and bile acids as olfactory cues in salmonid homing: Pap. 68th Annu. Meet. Zool. Soc. Jap., Nara, oct. 2-4, 1997 // Zool. Sci. 1997. Vol. 14, suppl. P. 112.
- Shoji T., Ueda H., Ohgami T., Sacamoto T., Katsuragi Y., Yamauchi K., Kurihara K. Amino acids dissolved in stream water as possible home stream odorants for masu salmon // Chem. Senses 2000. Vol. 25. № 5. P. 533–540.
- Stevens S.S. On the psychophysical law // Psychol. Review. 1957. Vol. 64. № 1. P. 153–181.
- Trott T.J., Robertson J.R. Chemical stimulants of cheliped flexion behavior by the western atlantic ghost crab *Ocypode quadrata* (Fabricius) // J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 1984. Vol. 78. № 3. P. 237–252.
- Valentinčić T. Behavioral study of chemoreception in the sea star *Marthasterias glacialis*: Structure-activity relationships of lactic acid, amino acids, and acetylcholine // J. Comp. Physiol. A. 1985. Vol. 157. № 4. P. 537–545.
- Valentinčić T. Behavioral responses of the brittle star *Ophiura ophiura* to amino acids, acetylcholine and related low-molecular-weight compounds // Chemical Senses. 1991. Vol. 16. № 3. P. 251–266.
- Valentinčić T., Koce A. Coding principles in fish olfaction as revealed by single unit, EOG and behavioral studies // Pflugers Arch. – Eur. J. Physiol. 2000. Vol. 439, suppl. P. R193–R195.
- Valentinčić T., Miclavc P., Kralj S., Zgonik V. Oleactory discrimination of complex mixtures of amino acids by the black bullhead *Ameiurus melas* // J. of Fish Biology. 2011. Vol. 79. № 1. P. 33–52.
- Wells M.J. Taste by touch: some experiments with Octopus // J. Exp. Biol. 1963. Vol. 40. № 1. P. 187–193.
- Zimmer-Faust R.K. Chemical signal-to-noise detection by spiny lobsters // Biol. Bull. 1991. Vol. 181. № 3. P. 419–426.



CHEMICAL SENSITIVITY OF HYDROBIOS: ATTEMPT OF COMPARISON

SELIVANOVA L. A. *, A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution of RAS, Moscow, Russia,
e-mail: lyubov.selivanova@gmail.com

The comparison of chemical sensitivity to natural substances of vertebrate and invertebrate hydrobios was carried out on the basis of our and literary data. This comparison showed that spectrum of effective substances is more wide for Crustacea than for other animals, and amino acids with related substances are effective for all animals. The sensitivity of hydrobios to amino acids is approximately identical: for the same amino acids, the absolute thresholds were compared for Echinoderms, Crustacea and Fish, and relative difference thresholds were compared for Crustacea, Fish and Reptiles.

Keywords: discrimination, absolute and differential sensitivity to natural substances, hydrobios.

References

- Ache B.W., Derby Ch.D. Functional organization of olfaction in crustaceans. *TINS*, 1985, vol. 8, no. 8, pp. 356–360.
- Bull H. O. Studies on conditioned responses in fishes. Part I. *J. Marine Biol. Assoc. U.K.*, 1928, vol. 15, no. 2, pp. 485–533.
- Bull H. O. An evaluation of our knowledge of fish behavior in relation to hydrography. *Rapp. Reunions Cons. Permanent Intern. Explor. Mer.*, 1952, vol. 131, no. 7, pp. 8–23.
- Caprio J. High sensitivity and specificity of olfactory and gustatory receptors of catfish to amino acids. In T.J. Hara (ed.). *Chemoreception in Fishes*, Amsterdam: Elsevier Sci. Publ. Co. 1982, pp. 109–134.
- Cornsweet T.N. The staircase-method in psychophysics. *American Journal of Psychology*, 1962, vol. 75, pp. 485–491.
- Daniel P. C., Derby Ch. D. Mixture suppression in behavior: the antennular flick response in the spiny lobster towards binary odorant mixtures. *Physiol. Behav.*, 1991, vol. 49, pp. 591–601.
- Derby Ch.D., Atema J. Chemosensitivity of walking legs of the lobster *Homarus americanus*: neurophysiological response spectrum and thresholds. *J. Exp. Biol.*, 1982, vol. 98, pp. 303–315.
- Doving K. B. The influence of olfactory stimuli upon the activity of secondary neurones in the burbot (*Lota lota L.*). *Acta Physiol. Scand.*, 1966, vol. 66, no. 3, pp. 290–299.
- Doving K. B., Selset R., Thommesen G. Olfactory sensitivity to bile acids in salmonid fishes. *Acta Physiol. Scand.*, 1980, vol. 108, no. 2, pp. 123–131.
- Fuzessery Z. M., Carr W. E. S., Ache B.W. Antennular chemosensitivity in the spiny lobster, *Panulirus argus*: Studies of taurine sensitive receptors. *Biol. Bull.*, 1978, vol. 154, no. 2, pp. 226–240.
- Halpin Z. T. Individual differences in the biological odors of the Mongolian gerbil (*Meriones unguiculatus*). *Behav. Biol.*, 1974, vol. 11, pp. 253–259.
- Hara T.J. Molecular structure and stimulatory effectiveness of amino acids in fish olfaction. In D. A. Denton, J. P. Coghlan (eds.), *Olfaction and Taste*. N. Y.: Academic Press, 1975, pp. 223–226.
- Hasler A.D., Wisby W.J. Discrimination of stream odors by fishes and its relation to parent stream behaviour. *Am. Naturalist*, 1951, vol. 85, no. 823, pp. 223–238.

For citation:

Selivanova L.A. Chemical sensitivity of hydrobios: attempt of comparison. *Экспериментальная психология = Experimental Psychology (Russia)*, 2014, vol. 7, no. 3, pp. 69–82 (In Russ., abstr. in Engl.).

* Selivanova L. A. Ph.D. (Psychology), Junior Research Associate, A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution of RAS, Moscow, Russia. E-mail: lyubov.selivanova@gmail.com



- Johnsen P.B., Zhou H., Adams M. A. Olfactory sensitivity of the herbivorous grass carp, *Ctenopharyngodon idella*, to amino acids. *J. Fish Biol.*, 1988, vol. 33, no. 1, pp. 127–134.
- Johnstone A. D. F. The detection of dissolved amino acids by the Atlantic cod, *Gadus morhua* L. *J. Fish Biol.*, 1980, vol. 17, pp. 219–230.
- Kasumyan A. O. Obonyatelnaya chuvstvitelnost osetrovykh ryb k svobodnym aminokislutam [Olfactory sensitivity of sturgeon fish to free amino acids]. *Biofizika [Biophysics]*, 1994, vol. 39, no. 3, pp. 522–525 (In Russian).
- Kiselyova E. I. Prirodnye aminokisloty kak effektivnye stimuli, vyzyvayushchie khemoretseptorno napravlyaemoe povedenie golovastikov beskhvostykh amfibiy [Natural amino acids as effective stimuli calling chemically directed behavior in tadpoles of anurous amphibian]. *Zhurnal obschey biologii [Journal of General Biology]*. 1995, vol. 56, no. 3, pp. 329–345 (In Russian).
- Kiselyova E. I. Chuvstvitelnost golovastikov ostromordoy lyagushki *Rana arvalis* Nilss k prirodnym L-aminokislutam i eyo izmenenie v ontogeneze [The sensitivity of tadpoles sharp-muzzled frog *Rana arvalis* Nilss to natural L-amino acids and it change in the ontogeny]. *Zhurnal obschey biologii [Journal of General Biology]*, 2000, vol. 61, no. 2, pp. 198–204 (In Russian).
- Little E. E. Conditioned aversion to amino acid flavors in the catfish, *Ictalurus punctatus*. *Physiol. and Behav.*, 1977, vol. 19, no. 6, pp. 743–747.
- Little E. E. Behavioral function of olfaction and taste in fish. In R.G. Northcutt, R.E. Davis (eds.), *Fish Neurobiology, vol.1. Brain stem and sense organs*, University of Michigan Press, 1983, pp. 351–376.
- Mantejfel Yu. B., Goncharova N. V. Differentsialnaya chuvstvitelnost obonyatelnogo vospriyatiya L-aminokislot alanina i arginina u bolotnoy cherepakhi *Emys orbicularis* L. [The differential sensitivity of olfactory perception of the L-amino acids alanine and arginine in pond turtle *Emys orbicularis* L.]. *Sensornye sistemy [Sensory Systems]*, 1992, vol. 6, no. 4, pp. 34–36 (In Russian).
- McClintock J. B., Klinger T. S., Lawrence J. M. Chemoreception in *Luidia clathrata* (Echinodermata: Asteroidea): qualitative and quantitative aspects of chemotactic responses to low molecular weight compounds. *Mar. Biol.*, 1984, vol. 84, no. 1, pp. 47–52.
- Mearns K. J. Behavioral responses of salmonid fry to low amino acids concentrations. *J. Fish Biol.*, 1989, vol. 34, no. 2, pp. 223–232.
- Selivanova L. A. Differential chemosensitivity of naive young russian sturgeon. In J.H. Da Silva, E. H. Matsushima, N.P. Ribeiro-Filho (eds.), *Fechner Day 2002*, 2002a, pp. 520–525.
- Selivanova L. A. Naive young sturgeon discriminate the structural and optical isomers of amino acids. In J. H. Da Silva, E. H. Matsushima, N. P. Ribeiro-Filho (eds.), *Fechner Day 2002*, 2002a, pp. 526–528.
- Selivanova L. A. Primenenie psichofizicheskikh metodov pri izuchenii khemochuvstvitelnosti vodnykh zhivotnykh [The use of psychophysical methods at the study of hydrobios chemosensitivity]. In A. N. Kharitonov (ed.), *Evolutsionnaya i sravnitel'naya psikhologiya v Rossii: traditsii i perspektivy [The Evolutional and Comparative Psychology in Russia: Traditions and Outlooks]*. Moscow, Institute of Psychology, RAS Publ., 2013, pp. 178–185 (In Russian).
- Selivanova L. A., Flerova G. I., Baratova L. A., Belousova T. A., Belov Yu. P. Fonovyj pul svobodnykh aminokislot primenitelno k zadache opredeleniya chuvstvitelnosti k nim hydrobiontov [The background pool of free amino acids for determination of hydrobios sensitivity]. In D.S. Pavlov (ed.), *Khimicheskie signaly v biologii ryb [Chemical Signals in Biology of Fishes]*. Moscow, Institute of Evolutional Morphology and Ecology of Animals USSR AS Publ., 19896, pp. 178–190 (In Russian).
- Selivanova L. A., Skotnikova I. G. Issledovanie razlichitelnoy khemochuvstvitelnosti ryb [Fishes differential chemosensitivity sttudy]. *Psikhologicheskij zhurnal [Psychological Journal]*, 2007, vol. 28. no. 2. pp. 95–105 (In Russian; abstract in English).
- Selivanova L. A., Sukhanova M. E., Gronja L. I., Agrba M. A., Pavlov D. S., Solukha B. V. Reaktsiya foreli i ob'ekta eyo pitaniya – bokoplavov na spetsificheskie khimicheskie razdrashiteli [Reaction of trout and her object of nutrition – side-swimmers towards specific chemical irritants]. In D. S. Pavlov (ed.),



Khemochuvstviteľnost i Khemokommunicatsiya ryb [*Chemosensitivity and Chemocommunication of Fishes / The Problems of Chemosensitivity and Chemocommunication in Fishes*]. Moscow, Nauka Publ., 1989a, pp. 131–151 (In Russian).

Sergeeva L. I. Chuvstviteľnost i differentsialnye porogi khemoretseptorov kostistykh ryb k destillirnoy zhidkosti i khloridam [Sensitivity and difference thresholds of fish chemoreceptors to distilled liquid and chlorides]. *Izvestiya GOSNIORKh'a* [*News of GOSNIORKh*], 1975, vol. 93, pp. 139–142 (In Russian).

Shelford V. E., Allee W. C. The reactions of fishes to gradients of dissolved atmospheric gases. *J. Exp. Zool.*, 1913, vol. 14, no. 2, pp. 207–266.

Shoji T., Sakamoto T., Ueda H., Ymauchi K., Kurihara K. Olfactory responses of salmonid fishes to stream water: electrophysiological evaluation of amino acids and bile acids as olfactory cues in salmonid homing: Pap. 68th Annu. Meet. Zool. Soc. Jap., Nara, oct. 2-4, 1997. *Zool. Sci.*, 1997, vol. 14, suppl., p. 112.

Shoji T., Ueda H., Ohgami T., Sacamoto T., Katsuragi Y., Yamauchi K., Kurihara K. Amino acids dissolved in stream water as possible home stream odorants for masu salmon. *Chem. Senses*, 2000, vol. 25, no. 5, pp. 533–540.

Solukha B. V. Metody izmereniya chuvstviteľnosti, orientirovannykh peremescheniy i spetsializirovannykh aktov ryb v polyakh khimicheskikh razdražiteley [Methods for measurement of fishes sensitivity, directed movements and specialized acts in fields of chemical irritants]. In D. S. Pavlov (ed.), *Khemochuvstviteľnost i Khemokommunicatsiya ryb* [*Chemosensitivity and Chemocommunication of Fishes / The Problems of Chemosensitivity and Chemocommunication in Fishes*]. Moscow, Nauka Publ., 1989, pp. 5-97 (In Russian).

Stevens S. S. On the psychophysical law. *Psychol. Review*, 1957, vol. 64, no. 1, pp. 153–181.

Trott T. J., Robertson J. R. Chemical stimulants of cheliped flexion behavior by the western atlantic ghost crab *Ocyopode quadrata* (Fabricius). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 1984, vol. 78, no. 3, pp. 237–252.

Valentinčič T. Behavioral study of chemoreception in the sea star *Marthasterias glacialis*: Structure-activity relationships of lactic acid, amino acids, and acetylcholine. *J. Comp. Physiol. A*, 1985, vol. 157, no. 4, pp. 537-545.

Valentinčič T. Behavioral responses of the brittle star *Ophiura ophiura* to amino acids, acetylcholine and related low-molecular-weight compounds. *Chemical Senses*, 1991, vol. 16, no. 3, pp. 251–266.

Valentinčič T., Koce A. Coding principles in fish olfaction as revealed by single unit, EOG and behavioral studies. *Pflugers Arch. – Eur. J. Physiol.*, 2000, vol. 439, suppl., pp. R193-R195.

Valentinčič T., Miclavc P., Kralj S., Zgonik V. Oleactory discrimination of complex mixtures of amino acids by the black bullhead *Ameiurus melas*. *J. of Fish Biology*, 2011, vol. 79, no. 1, pp. 33–52.

Wells M. J. Taste by touch: some experiments with Octopus. *J. Exp. Biol.*, 1963, vol. 40, no. 1, pp. 187–193.

Zimmer-Faust R. K. Chemical signal-to-noise detection by spiny lobsters. *Biol. Bull.*, 1991, vol. 181, no. 3, pp. 419–426.

ЭВОЛЮЦИОННЫЙ ПОДХОД К ВОПРОСАМ ФОРМИРОВАНИЯ БЛИЗОРУКОСТИ: ПЕРЕСТРОЙКА ЗРИТЕЛЬНОГО АНАЛИЗАТОРА КАК АДАПТАЦИЯ К СОЦИОКУЛЬТУРНЫМ УСЛОВИЯМ

*Дорошева Е.А. **, Новосибирский государственный университет, Институт систематики и экологии животных СО РАН, Институт физиологии и фундаментальной медицины СО РАН, Новосибирск, Россия,
e-mail: Elena.Dorosheva@mail.ru

Близорукость является одним из наиболее распространенных заболеваний современности, фило- и онтогенетически тесно связанным с системой школьного обучения. На основе обзора теоретических и экспериментальных исследований рассмотрены возможные механизмы изменений в работе зрительного анализатора, являющиеся адаптацией к социокультурным условиям и приводящие к возникновению миопии. Описана взаимосвязь физиологических и поведенческих факторов, возможно приводящих к снижению зрения. Выдвинуто предположение о вкладе в формирование близорукости перестройки работы зрительного анализатора, связанной с селекцией информации в соответствии с предлагаемыми в социальной среде моделями; со снижением собственной поисковой активности при усилении близорукости; с усилением функционирования систем внутренней обработки информации и снижением – систем восприятия и реализации действий.

Ключевые слова: эволюционный подход, адаптация, школьная близорукость, нарушения зрения, физиологические и психологические теории формирования близорукости.

Жизнь современного человека требует адаптации к специфической социальной и техногенной среде, что приводит к формированию определенных паттернов поведения и перестройки физиологических систем организма, обеспечивающих реализацию этих паттернов. Одно из важнейших направлений в этологии человека – изучение «векторов» эволюции человека, обусловленных влиянием культуры.

К феноменам, являющимся неперенными спутниками цивилизации, относится «эпидемическое» ослабление зрения. Если представители традиционных культур в большинстве своем дальнозорки, то для представителей высокотехнологических обществ характерна близорукость, занимающая в настоящее время одно из первых мест среди нарушений здоровья. В большинстве случаев близорукость возникает во время школьного обучения, редко в раннем возрасте (так называемая ранняя, дошкольная близорукость, обычно имеющая четкую генетическую обусловленность и характеризующаяся осложненным течением) или позже (профессиональная близорукость) (Ананин, 1996). Близорукость, формирующаяся во время школьного обучения, помимо массового характера своего возникнове-

Для цитаты:

Дорошева Е.А. Эволюционный подход к вопросам формирования близорукости: перестройка зрительного анализатора как адаптация к социокультурным условиям // Экспериментальная психология. 2014. Т. 7. № 3. С. 83–97.

* *Дорошева Е.А.* Кандидат биологических наук, ассистент, Новосибирский государственный университет, научный сотрудник, Институт систематики и экологии животных СО РАН, Новосибирск, Россия. E-mail: Elena.Dorosheva@mail.ru



ния, отличается от прочих нарушений зрения явно выраженной связью с социокультурными условиями (Петухов, Медведев, 2005; Morgan et al., 2012), а также нелинейной связью с морфологическими изменениями глаз (Гафурова, 1999). В связи с последним подчеркивается, что нарушения зрения при близорукости связаны не только с изменениями на уровне глаза, но и с особенностями процессов обработки получаемой зрительной информации на уровне мозга (там же). Все это позволяет предполагать тесную взаимосвязь образа жизни, поведенческих моделей человека и специфики функционирования зрительного анализатора, проявляющейся в ослаблении зрения по типу миопии. Мы предполагаем, что совокупность изменений может быть формой адаптации к конкретным социокультурным условиям. В настоящей работе проводится анализ существующих теоретических подходов к формированию близорукости и собранных в их рамках данных, с целью выявления возможных механизмов адаптивных изменений самого зрительного анализатора к современным условиям жизни человека, либо адаптивных изменений в поведении, побочным эффектом которых оказывается формирование близорукости.

С исторической точки зрения, широкое распространение близорукости совпадает с появлением массовых школ. По оценкам исследователей этого вопроса, за последние полтора века число близоруких людей в мире стало больше примерно в 10 раз. Распространенность миопии в разных странах и в разные годы, по оценкам различных авторов, широко варьирует. По современным данным, распространенность миопии среди выпускников российских школ достигает до 26–30%, среди выпускников гимназий и лицеев – до 50–52%; в то время как среди первоклассников она составляет 1,0–8,6 % (Нероев, 2000; Петухов, Медведев, 2005; Сидоренко, 2006, и др.). При увеличении числа случаев возникновения близорукости в мировой статистике в целом, среди учеников российских школ увеличение числа близоруких детей и подростков не особо значительно: так, Ф. Ф. Эрисман в 1870 г. среди гимназистов выявил 30,2% близоруких, среди выпускников гимназий – 48%, М. Н. Рейх в 1882 г. – соответственно 36% и 53% (Ананин, 1996). Наибольший процент близоруких выпускников школ отмечен в Японии – до 80–90% (Morgan et al., 2012). Соотношение близоруких мужчин и женщин меняется в зависимости от социальных условий: в позапрошлом веке, когда образование было привилегией мужчин, близорукость также была присуща именно им. В современных школах, по данным плановых медицинских обследований, среди близоруких учащихся чаще преобладают девочки и девушки (что обычно обосновывают большей старательностью их в учебе). Исключением являются специализированные учебные заведения, где именно юноши ориентированы на специфические достижения (Петухов, Медведев, 2005; Sood, Sood, 2012). Отмечается прямая статистическая связь близорукости с учебной нагрузкой и учебной успешностью (Morgan, Rose, 2013).

В индивидуальном развитии формирование миопии также связано с обучением в школе. До поступления в школу близорукость, а также снижение физиологической дальности зрения, относительно мало распространены. При этом наибольшая распространенность близорукости (слабой степени) выявляется у детей, посещающих дошкольные образовательные учреждения – т. е. это уже не врожденная или дошкольная, а фактически школьная форма близорукости (Грес, 1972; Петухов, Медведев, 2005; Хухрина, 1970). Как частота, так и степень этого нарушения зрения неуклонно возрастают за время обучения.

При близорукости, вне зависимости от ее степени, отмечается нелинейная связь морфологических изменений в глазу и остроты зрения (Гафурова, 1999), а также нелинейная связь того и другого с эффективностью коррекции очками или линзами и успешностью ле-



чения, мер по стабилизации (Кузнецова, 2004). Существует довольно много гипотез, призванных объяснить возникновение близорукости; в настоящее время все чаще рассматривают совокупное действие многих факторов.

Гипотеза о наследовании близорукости была сформулирована достаточно давно, в настоящее время существует ряд генетических моделей близорукости и выявлены гены-кандидаты (Garoufalidis et al., 2005; Hysi et al., 2014; Mutti et al., 2007). При этом частота прямого, доминантного наследования близорукости (с сохранением основных характеристик строения глаза одного из родителей) оценивается лишь для нескольких процентов случаев, преимущественно миопии высокой степени, начинающейся рано. Множество исследований посвящено выявлению генетической основы именно миопии высокой степени (Hewitt et al., 2007; Paluru et al., 2004; Scavella et al., 2004; Scavella et al., 2005; Zhou et al., 2005 и др.). В остальных случаях приобретенной близорукости гены имеют невысокую пенетрантность и проявляются только при воздействии внешних факторов (Morgan, Rosen, 2005).

С физиологической точки зрения воздействие внешних факторов, рассматривают в нескольких аспектах. Во-первых, выделяют специфические факторы, связанные с выполнением зрительной функции. В первую очередь, это длительная работа глаз на близком расстоянии, являющаяся не физиологичной (Аветисов, 1999).

Также рассматривают характеристики зрительной среды в целом, описывая, прежде всего, городскую среду часто как неблагоприятную для работы зрения. Утверждается, что свойства неблагоприятных (или агрессивных) зрительных сред приводят к сбоям в работе зрительного анализатора, впоследствии закрепляющимся. Рассматриваются как макросреды, например, в целом городская среда (Филин, 2001), так и микросреды, например, характер изображения на современных электронных приборах и т. д. (Кочина, Яворский, 2013).

Во-вторых, близорукий глаз рассматривается как больной орган в больном организме. Различные болезни, гиподинамия, недостаток определенных веществ и т. д. приводят к ослаблению организма в целом, а вместе с ним – и функций зрения. В ряде исследований показано, что миопия сопутствует многим другим заболеваниям и иммунным нарушениям, хотя есть отдельные работы, в которых такой связи не обнаружено. В соответствии с этим подходом основной причиной близорукости признается ослабление соединительной ткани наружной оболочки глаза – склеры, часто миопию также связывают с сосудистой недостаточностью (Аветисов, 1999; Ананин, 1996; Кузнецова, 2004).

Показано, что риск развития близорукости у детей отрицательно связан с количеством времени, проведенном на свежем воздухе, но не связан с продолжительностью времени пребывания за уроками или просмотра телевизора. Выдвинуто предположение, что фактором профилактики развития близорукости выступает солнечный свет, стимулирующий выработку дофамина. Модель проверялась в экспериментах на животных, получены некоторые доказательства в ее пользу, однако в целом результаты довольно противоречивы (French et al., 2013; Rose et al., 2008). В то же время, в свободных прогулках на улице могут быть и другие влияющие факторы: движение, изменение визуальной среды, свободное (вне школьных рамок, правил) общение со сверстниками.

Все описанные выше подходы рассматривают зрительные нарушения как патологию. Есть точка зрения, что слабая близорукость является физиологической нормой, адаптацией органа зрения к условиям работы вблизи (Волков, 1988). Однако, во-первых, пригодна для хорошего зрения вблизи близорукость в 2–2,5 диоптрии, но редко она остается такой: напряжение, приближение к книгам, экранам при попытках лучше рассмотреть приводит к ее даль-



нейшему прогрессированию. Во-вторых, любой здоровый глаз вблизи также видит лучше, чем близорукий, а миопия часто имеет осложнения (например, астигматизм или дегенеративные процессы). Тем не менее, данная теория вносит существенный вклад в формирование интегральной точки зрения на происхождение миопии, добавляя к идее недостаточности для выполнения определенных функций идею попытки адаптации, будь она удачна или нет.

В существенно меньшем числе работ рассматриваются теории развития миопии, в которых делаются попытки связать психическую реальность человека, его поведение и физиологические механизмы развития близорукости.

В конце XIX в. врач-офтальмолог У.Г. Бейтс разработал свою методику зрительно-переобучения, опирающуюся не только на принципы работы глаза, но на принципы восприятия и поведенческие паттерны, являющиеся «промежуточным звеном» в формировании близорукости.

У.Г. Бейтс исследовал зрение одних и тех же людей, создавая множество различных экспериментальных ситуаций, и пришел к выводу о динамичности зрительных нарушений и зависимости их от текущих внешних условий. На основании исследований изменения рефракции в экспериментальных ситуациях и успешной практики улучшения зрения у пациентов он объяснял появление как спазмов аккомодации, так и близорукости с хроническим напряжением мышц глаз, возникающим вследствие психического напряжения. Он выделил следующие факторы возникновения напряжения мышц глаз. Это занятия субъективно скучной деятельностью, когда человек все время удерживает внимание и зрительную концентрацию волевым усилием. Сознательная ложь, когда напряжением необходимо преодолевать рассогласование между истинной и ложной информацией. Стремление увидеть «во что бы то ни стало» удаленный объект и попытки удержать в зоне внимания несколько объектов одновременно и контролировать все поле зрения вместо нормального переключения зрения и внимания, что связано с высокой склонностью к контролю как личностной характеристикой. Методика улучшения зрения по У.Г. Бейтсу состоит в научении расслаблению глазных мышц несколькими методами (Бейтс, 2002).

У.Г. Бейтс отмечал связь между снижением зрения, невротическими состояниями, плохой памятью и, более того, описывал снижение невротических симптомов у тех пациентов, которым удалось улучшить зрение путем изменения поведенческих паттернов, связанных с работой зрительного анализатора. На основе экспериментальных данных он пришел к идее зависимости остроты зрения от особенностей психического функционирования: «плохое зрение есть следствие неправильного состояния психики» (Бейтс, 2002).

Здесь важно подчеркнуть следующее.

Представители разных подходов пишут о сходных феноменах. У.Г. Бейтс отмечал у своих пациентов с расстройствами зрения неподвижность глаз, попытки увидеть все зрительное поле одновременно, не перемещая взгляд, состояние погруженности «в себя» вместо ориентации на изменения в визуальной среде вокруг. Он обучал их быстрым перемещениям глаз из точки в точку, обучал смотреть и замечать объекты внешней среды, что приводило не только к улучшению зрения, но и к исчезновению признаков невроза.

Ф. Шапиро, автор психотерапевтического метода «Десенсибилизации и переработки движением глаз» (ДПДГ), применяемого прежде всего при терапии посттравматических стрессовых расстройств, предложила использовать быстрые движения глаз для разрыва нежелательных ассоциативных связей, которые приводят к постоянной погруженности человека в прошлые переживания вне контекста текущей реальности. Вот отрывок из ее книги



«Психотерапия эмоциональных травм с помощью движений глаз»: «Техника ДПДГ основана на случайном наблюдении... Однажды, прогуливаясь по парку, я заметила, что некоторые мысли, беспокоившие меня, внезапно исчезли. Я отметила также, что, если опять вызвать в уме эти мысли, они уже не оказывают такого негативного действия и не кажутся столь реальными, как ранее... Пораженная этим, я начала уделять пристальное внимание всему происходящему. Я отметила, что при возникновении беспокоящих мыслей мои глаза спонтанно начинали быстро двигаться из стороны в сторону и вверх-вниз по диагонали. Затем беспокоившие меня мысли исчезали, и когда я намеренно пыталась вспоминать их, то негативный заряд, свойственный этим мыслям, оказывался в значительной степени сниженным. Заметив это, я начала производить движения глазами намеренно, концентрируя внимание на различных неприятных мыслях и воспоминаниях. Я обратила внимание, что все эти мысли также исчезали и утрачивали свою отрицательную эмоциональную окрашенность» (Шапиро, 1998).

В. А. Филин пишет о том, что неблагоприятная визуальная городская среда препятствует нормальным саккадическим движениям глаз, взгляд становится неподвижным, тогда как пребывание в большинстве естественных природных ландшафтов, где глаза постоянно переключаются между элементами среды, целительно. Он также связывает напряженное состояние психики со зрительным неблагополучием (Филин, 2001).

Во всех этих случаях динамическая концентрация зрительного внимания на внешних стимулах противопоставлена погружению во внутренние представления, связанные с проблемными задачами.

Родственные механизмы расстройств зрительного восприятия описываются в рамках гештальт-подхода (в котором, собственно, была установлена глубинная связь организации зрительного восприятия и мышления).

В. Оклендер, обобщая опыт своей психотерапевтической работы в гештальт-подходе, одним из препятствий на пути способности видеть считает склонность предвидеть будущее вместо того, чтобы видеть в настоящем. «Так, наблюдая великолепный закат, мы можем испытывать напряжение, пытаюсь уловить каждое мгновение, пока солнце не скрылось за горизонтом. Это связанное с будущим напряжение отвлекает нас от удовольствия, которое доставляет красота заката в настоящем. Когда я путешествую, мне нравится фотографировать, но я обнаружила, что часто желание удержать, зафиксировать прекрасный вид отвлекает меня от наслаждения этим видом» (Оклендер, 2001). Это высказывание может показаться метафорой, однако оно объективно описывает то же явление – уход от восприятия внешних стимулов в концентрацию на собственных представлениях.

Но главным препятствием В. Оклендер считает социальную желательность – снижение собственного зрения, чтобы иметь возможность видеть «так, как должно». Она пишет: «Маленькие дети не боятся смотреть. Они видят, замечают, наблюдают, анализируют и исследуют весь окружающий мир, зачастую задерживают на чем-либо свой взгляд. Это один из важных способов познания мира... По мере того, как мы вырастаем, мы часто «передаем другим» свои глаза. Мы начинаем смотреть на себя и на мир глазами других людей, как в сказке “Новое платье короля”. Мы и детей заставляем не доверять их собственному зрению. Мы говорим: “Что о нас подумают другие?” Мы заботимся о том, как наши дети одеты, потому что нам важно, как выглядят они в глазах окружающих. Мы говорим: «Не надо тарашиться (т. е. смотреть пристально)» (Оклендер, 2001). Передавать свои глаза, как метафора автора, – отказываться от своего зрения, пользоваться готовыми схемами без проверки реальности. В. Оклендер пишет о том, что зачастую люди боятся смотреть на других людей, чтобы не увидеть осуждения в их гла-



зах; а не глядя на них, ничего не узнают о том, каковы их настоящие чувства, и боятся еще больше. Возможность посмотреть и проверить реальность может прервать этот замкнутый круг. В контексте социализации В. Оклендер также говорит о снижении возможностей собственного видения из-за «навешивания ярлыков», облегчающих процессы узнавания, ориентировки в мире цивилизации, но зачастую оставляющих форму и «выхолащивающих» содержание.

Интересно сопоставить эту точку зрения с данными по распространению близорукости. Наибольшее распространение близорукость получает в пределах восточных культур, достигая максимума у японцев (до 80–90% взрослого населения), – культур, описываемых социологами как коллективистические («мы»-культуры). Близорукость меньше распространена в индивидуалистических западных культурах (Петухов, Медведев, 2005; Garner et al., 1999; Lin et al., 2001; Morgan et al., 2012; Naidoo et al., 2003; Nangia et al., 2010; Rudnicka et al., 2010; Saw et al., 2001, 2006; Uzma et al., 2009).

П. Вацлавик, представитель школы системной психотерапии, также рассматривает нарушения зрения в контексте социализации. Он описывает их как попытку ограничить коммуникацию (например, с целью снижения влияния другого человека – не принимать его сообщения или скрыть собственную реакцию) или отсеять часть информации, чтобы избежать противоречий при принятии решений (в парадигме перцептивных защит). Нарушения зрения, по П. Вацлавику, являются неспецифическими для решения этой задачи, вставая в ряд с такими проявлениями, как расстройства внимания или шизофрения. Выбор конкретного способа реагирования на коммуникативные нарушения в среде, требующие включения защитных механизмов, он считает обусловленным наследственными предрасположенностями, индивидуальным опытом (Вацлавик, 2000).

Селекция нужных, полезных для выживания сигналов и выбраковывание ненужных, неполезных для выживания, фоновых – задача, встающая перед каждым живым организмом. Жизнь в группе с множеством контактов подразумевает фильтрацию коммуникативных сигналов; жизнь в человеческом социуме, со многими системами ценностей, установок, правил поведения, требует особых механизмов отбора информации, которые могут быть связаны и с изменением работы чувствительных анализаторов.

Подводя итог, можно сказать, что согласно описанным выше представлениям, снижение зрения связано с перестройкой способа получения информации об окружающем мире. В нормальном процессе социализации (массовое снижение зрения у учеников школ подросткового возраста, когда оно идет очень интенсивно) или под воздействием каких-либо особых событий увеличивается «рассматривание» своих собственных представлений: о сути вещей, о прошлом или о будущем – но не действительных, происходящих в настоящий момент событий окружающего мира. Это подразумевает перестройку психических и лежащих в их основе физиологических процессов.

Только очень немногочисленные работы к настоящему времени посвящены исследованию личностных характеристик людей с умеренными нарушениями зрения. В. М. Петухов и А. В. Медведев изучали поведение и личностные характеристики младших школьников со слабой прогрессирующей близорукостью. Они экспериментально выявили соотношение успеваемости близоруких детей с количеством трудозатрат, которое они расходуют для решения задачи. Дети с нормальным зрением уменьшали трудозатраты, если добиться хорошей оценки было слишком сложно, как бы руководствуясь девизом: «Учиться легко – учусь на пятерки, учиться нелегко – учусь на четверки, учиться трудно – учусь на тройки». Близорукие дети ориентировались не на степень трудности задачи, но на результат,



который должен быть достигнут во что бы то ни стало, любой ценой. Описание их поведения сходно с тем, что описывал У. Г. Бейтс: нарушения рефракции он отмечал в тех случаях, если его пациент стремился во что бы то ни стало увидеть плохо различимый объект. Кроме этого, авторы выявили психологические характеристики близорукого ребенка (1–3 классы, прогрессирующая миопия слабой степени, не более 1,5D). Это высокий уровень личностной тревожности, неадекватная самооценка с тенденцией к занижению, поведенческие реакции самообвинения, ограничение социальных контактов, избегание реакции осуждения, конфликты в семейной и школьной сферах. Исследователи полагают, что формирование выборки из детей с очень слабой миопией, когда острота зрения нарушена еще незначительно, говорит о первичности данных психологических особенностей. Группа была подобрана из детей с прогрессирующей близорукостью (в среднем на $0,7 \pm 0,1$ D). Это позволяет предполагать, что рассматривались не просто спазмы аккомодации (как правило, либо не усиливающиеся, либо совсем исчезающие при повторных проверках зрения), и у большей части этих детей будут в дальнейшем наблюдаться стойкие нарушения зрения (Петухов, Медведев, 2005).

В комплексном исследовании, проведенном З. Ф. Гафуровой и др., исследовались психофизиологические и психологические аспекты близорукости у школьников (выборку составляли ученики разного возраста со слабой и средней степенью близорукости). Авторы рассматривали зрительный анализатор как целостный и указывали, что в снижении или нормальном функционировании зрения, помимо изменений в самом глазу, играет важную роль способ обработки информации в мозге, тесно связанный с другими особенностями психического функционирования.

Выявлено преобладание симбиотических отношений между детьми и родителями в семьях близоруких детей, тогда как в группе детей без зрительных нарушений описано разнообразие типов детско-родительских отношений. Для родителей, воспитывающих близоруких детей, свойственен высокий уровень контроля и сниженный уровень требований к детям при более полном удовлетворении их потребностей. Авторы предполагают, что следствием симбиоза является снижение адаптивности поведения близоруких детей к изменениям социальной среды (Гафурова, 1999). Здесь видна параллель с соображениями о «присвоении чужих глаз» – опоре не на собственные непосредственное восприятие и активность, но чужие (родительские).

Результаты использования метода вызванных потенциалов позволили сделать вывод о повышении роли блока программирования и контроля деятельности при снижении функционирования блока приема, переработки и хранения информации у близоруких людей. Анализ рисунков близоруких детей и подростков показал сходные тенденции: снижение у группы со зрительными нарушениями техники оформления, степени соответствия замыслам; при этом отмечалась большая проработанность самих замыслов. Также для близоруких участников исследования описано снижение скорости освоения сенсомоторных навыков и точности выполнения заданий – т. е. более медленное сенсомоторное научение. Исследователи предполагают в обоих случаях, что лучшее развитие контролирующего блока является компенсацией недостаточности исполнительного (в первом случае – восприятия, во втором – моторного) (Гафурова, 1999). Здесь сложно анализировать причинно-следственные связи, поскольку в выборке были также учащиеся с достаточно длительными и относительно выраженными нарушениями зрения, однако снижение функций восприятия внешних стимулов и реакции на них и усиление внутренних процессов согласуется с феноменами, описанными другими авторами.



Группа близоруких школьников отличалась по реакции на стресс: в предэкзаменационной ситуации у них меньше изменялась ситуативная тревожность, чем у школьников с нормальным зрением, а кроме того, для них не обнаруживалась связь между личностной и ситуативной тревожностью, высокозначимой в контрольной группе. То есть в ситуации стресса и низко-, и высокотревожные могли отреагировать слабо, средне или сильно. Авторами выдвинуто предположение о том, что близорукость является способом модификации, ограничения тревожности – по сути, психологическим защитным механизмом (Гафурова, 1999). В то же время, это может быть проявлением перцептивной защиты на уровне самовосприятия (уровень своей тревожности близорукие школьники отслеживают с искажениями), аналогично перцептивным защитами в социальных взаимодействиях, – сходно с феноменами искажения образа себя, описанными нами для старших подростков со школьной прогрессирующей миопией слабой степени (Дорошева, Риппинен, 2007а).

Также мы изучали поведенческие стратегии младших школьников с ранними, но умеренными нарушениями зрения при создании общих рисунков. В основу эксперимента легла идея об адаптивном обучении как одной из базовых форм обучения, при котором в повторяющихся ситуациях происходит все более быстрое манипулирование ранее сформированными паттернами поведения, выбор наиболее подходящего к конкретной ситуации (Дорошева, Резникова, 2013; Reznikova, 2007). В целом, поведение детей с нарушениями зрения оказалось существенно более ригидным по сравнению с детьми без зрительных нарушений. Раз за разом они действовали «в той же манере», вне зависимости от текущей ситуации взаимодействия в группе. Дети с нарушениями зрения в меньшей степени взаимодействовали друг с другом при создании рисунка, часто создавали отдельные части рисунков, отгороженные от прочих линиями или предметами, реже меняли материалы для рисования. Они много меньше экспериментировали с необычными формами использования предлагаемых материалов, создания рисунков (снижение поискового поведения). Эти поведенческие особенности, ярко проявляющиеся в группах, включавших только детей с нарушениями зрения, постепенно убывали при совместной работе в смешанных группах. Прочие дети вовлекали их в совместное рисование или эксперименты, побуждали, показывали примеры более гибкого поведения (Дорошева, 2009). При проведении индивидуальной диагностической методики «кинетический рисунок семьи» (инструкция предполагает изображение членов семьи так, чтобы каждый был занят своим обычным делом) дети с ранними нарушениями зрения, в отличие от детей без зрительных нарушений, создавали типичные рисунки, где члены семьи были отделены друг от друга. Либо они разделяли лист линиями, и каждого человека изображали в своей «ячейке», либо разделяли людей какими-либо предметами (телевизор, плита, газета в руках и т.д.) (Дорошева, Риппинен, 2007а). Одно из предположений о цели этих действий заключается в том, что детям было легче освоить небольшое пространство листа бумаги, но сложно охватить взглядом весь лист. Однако в каждом из случаев создание изолированной «рамки» несло функцию ограничения коммуникации: отгораживала ли она свое поле от других детей во время рисования совместного рисунка, или же разграничивала изображенных членов семьи. Размеры ограниченного пространства не были абсолютными, а зависели от ситуации: они могли соответствовать примерно размеру листа А4 (на листе ватмана при совместном рисовании) либо же занимать десятую часть листа А4 (при выполнении методики «кинетический рисунок семьи»), вне зависимости от характера и степени нарушения зрения ребенка. Все это указывает на то, что дети выделяли не определенную часть листа, удобную для разглядывания. При создании совместного рисунка часто разграничивающие рамки прорисовывались очень ярко, как несколько разноцветных



широких полос, и в отдельных случаях ребенок ничего не рисовал внутри, ограничиваясь отделением своего пространства, или отказывался от рисования вместе с другими, но на отдельном листе рисовал такую же рамку по его краям.

С использованием социометрической методики также было показано, что младшие школьники с ранними нарушениями зрения имеют более низкую адекватность социальной перцепции, чем их ровесники без нарушений зрения (Дорошева, Риппинен, 2007б).

Таким образом, можно предполагать, что социальные факторы могут играть значительную роль в формировании «массовых» нарушений зрения, которые можно рассматривать, с одной стороны, как непосредственную форму адаптации (возможно, позволяют осуществлять непротиворечивую селекцию информации, связанную с социальными взаимодействиями), с другой стороны – как следствие физиологических изменений, связанных с другими стратегиями адаптации в социуме (например, упорная работа над сложными задачами, которые ставят другие люди, приводящая к перенапряжению и уменьшению или исключению времени для релаксации). Отвлечение внимания от происходящего во внешней среде с погружением в собственные представления либо о модели этой среды, созданной на основе собственных установок, либо о прошлом или о будущем, прямо связано со зрительными нарушениями (и в буквальном смысле «остановившимся взглядом»). В то же время, само появление зрительных нарушений, даже умеренно выраженных, затрудняет коммуникацию (Выготский, 2003), приводя, по всей видимости, к формированию ограничительных стратегий, что может создавать «порочный круг» для человека с нарушениями зрения.

Представляется перспективным проведение лонгитюдных экспериментальных исследований поведенческих стратегий школьников, составляющих группу риска по формированию близорукости. Кроме того, перспективным представляется исследование связи произвольного внимания и уровня поискового поведения с формированием «школьной» близорукости.

Финансирование

Исследования выполнены по Программе ФНИ государственных академий наук на 2012–2020 гг. (проект VI.51.1.6).

Литература

- Аветисов Э. С. Близорукость. М.: Медицина, 1999. 288 с.
- Ананин В. Ф. Механизм близорукости. М.: Изд-во Журналистское Агентство «Гласность», 1996. 56 с.
- Бейтс У. Г. Как обрести хорошее зрение без очков. СПб.: А.В.К., 2002. 320 с.
- Вацлавик П. Прагматика человеческих коммуникаций. М.: Апрель-пресс, 2000. 320 с.
- Волков В. В. О вероятных механизмах миопизации глаза в школьные годы // Офтальмологический журнал. 1988. № 3. С. 129–132.
- Выготский Л. С. Психология развития человека. М.: Эксмо-Пресс: Смысл, 2003. 1136 с.
- Гафурова З. Ф. Психофизиологическая диагностика и психологическая коррекция функционального состояния зрительной перцептивной системы школьников с миопическими нарушениями рефракции. Дисс. ... канд. психол. наук. М., 1999. 180 с.
- Грес А. П. Состояние зрительных функций и динамика рефракции у школьников некоторых школ у г. Кривого Рога // Офтальмологический журнал. 1972. № 8. С. 630–631.
- Дорошева Е. А. Применение концепции обучения «из каталога» к исследованию особенностей социальных взаимодействий детей с ослабленным зрением // Вестник НГУ. Серия: Психология. Новосибирск, 2009. Т. 3. № 2. С. 88–96.
- Дорошева Е. А., Резникова Ж. И. «Обучение из каталога»: от жука до человека // Эволюционная и сравнительная психология в России: традиции и перспективы. М: Изд-во «Институт психологии РАН», 2013. С. 83–90.



- Дорошева Е. А., Риттинен Т. О. Формирование образа Я у старших подростков со школьной близорукостью // Вестник НГУ. Серия: Психология. Новосибирск, 2007а. № 2. С. 65–77.
- Дорошева Е. А., Риттинен Т. О. Социально-психологические особенности младших школьников с нарушениями зрения // Материалы международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых специалистов «Психология XXI века». СПб, 2007б. С. 346–348.
- Кочина М. Л., Яворский А. В. Офтальмологические аспекты визуального окружения современного человека // Вісник проблем біології і медицини. 2013. Вып. 3 (103). Т. 2. С. 170–175.
- Кузнецова М. В. Причины развития близорукости и ее лечение. М.: МЕДпресс информ., 2004. 168 с.
- Нероев В. В. Новые аспекты проблемы патологии сетчатки и зрительного нерва // Вестник офтальмологии, 2000. № 5. С. 14–16.
- Оклендер В. Окна в мир ребенка: руководство по детской терапии: пер. с англ. М.: Класс, 2001. 336 с.
- Петухов В. М., Медведев П. В. Особенности возникновения и прогрессирования школьной близорукости в условиях современного учебного процесса и их профилактика. Самара: Самарский государственный медицинский университет, 2005. 31 с.
- Сидоренко Е. И. Доклад по охране зрения у детей. Проблемы и перспективы детской офтальмологии // Вестник офтальмологии, 2006. Т. 122. № 1. С. 41–42.
- Филин В. А. Видеоэкология. Что для глаза хорошо, а что – плохо. М.: МЦ «Видеоэкология», 2001. 312 с.
- Хухрина А. П. Методика и результаты обследования органа зрения у детей 1–4-го года жизни // Вестник офтальмологии. 1970. № 1. С. 80–84.
- Шатило Ф. Психотерапия эмоциональных травм с помощью движений глаз: Основные принципы, протоколы и процедуры. М.: Независимая фирма «Класс», 1998. 496 с.
- Garoufalos P., Chen C. Y. C., Dirani M., Couper T. A., Taylor H. R., Baird P. N. Methodology and recruitment of probands and their families for the Genes in Myopia (GEM) Study // Ophthalmic Epidemiology. 2005. Vol. 12. P. 383–392.
- Garner L. F., Owens H., Kinnear R. F., Frith M. J. Prevalence of myopia in Sherpa and Tibetan children in Nepal // Optometry and Vision Science. 1999. Vol. 76. № 5. P. 282–285.
- Hewitt A. W., Kearns L. S., Jamieson R. V., Williamson K. A., van Heyningen V., Mackey D. APAX6 mutations may be associated with high myopia // Ophthalmic Genetics. 2007. Vol. 28. P. 179–182.
- Hysi P. G., Wojciechowski R., Rahi S. J., Hammond C. J. Genome-wide association studies of refractive error and myopia, lessons learned, and implication for the future // Investigation Ophthalmological and Visual Science. 2014. Vol. 55. № 5. P. 3344–3351.
- French A., Ashby R. S., Morgan I., Rose K. Time outdoors and the prevention of myopia // Experimental Eye Research. 2013. Vol. 114. P. 58–68.
- Lin L. L., Shih Y. F., Hsiao C. K., Chen C. J., Lee L. A., Hung P. T. Epidemiologic study of the prevalence and severity of myopia among schoolchildren in Taiwan in 2000 // Journal of The Formosan Medical Association. 2001. Vol. 100. № 10. P. 684–691.
- Morgan I., Ohno-Matsui K., Saw S. M. Myopia // The Lancet. 2012. Vol. 379. № 9827. P. 1739–1748.
- Morgan I., Rose K. Myopia and educational performance // Ophthalmic and Physiological Optics. 2013. Vol. 33. № 3. P. 329–338.
- Morgan I., Rosen D. How genetic is school myopia? // Progress in Retinal and Eye Research. 2005. Vol. 24. P. 1–38.
- Mutti D. O., Cooper M. E., O'Brien S., Jones L. A., Mariazita M. L., Murray J. C., Zadnik K. Candidate gene and locus analysis of myopia // Molecular Vision. 2007. Vol. 13. P. 1012–1019.
- Naidoo K. S., Raghunandan A., Mashige K. P., Govender P., Holden B. A., Pokharel G. P., Ellwein L. V. Refractive error and visual impairment in African children in South Africa // Investigation Ophthalmological and Visual Science. 2003. Vol. 44. № 9. P. 3764–3770.
- Nangia V., Jonas J. B., Sinha A., Matin A., Kulkarni M. Refractive error in central India: the Central India Eye and Medical Study // Ophthalmology. 2010. Vol. 117. № 4. P. 693–699.



- Paluru P.C., Scavello G.S., Ganter W.R., Young T.L. Exclusion of lumican and fibromodulin as candidate genes in MYP3 linked high grade myopia // *Molecular Vision*. 2004. Vol. 10. P. 917–922.
- Reznikova Zh. Animal intelligence. From individual to social cognition. Cambridge: Cambridge University Press, 2007. 472 p.
- Rose K.A., Morgan I.G., Ip J., Kifley A., Huynh S., Smith W., Mitchell P. Outdoor activity reduces the prevalence of myopia in children // *Ophthalmology*. 2008. Vol. 115. P. 1279–1285.
- Rudnicka A.R., Owen C.G., Nightingale C.M., Cook D.G., Whincup P.H. Ethnic differences in the prevalence of myopia and ocular biometry in 10- and 11-year-old children: the Child Heart and Health Study in England (CHASE) // *Investigation Ophthalmological and Visual Science*. 2010. Vol. 51. № 12. P. 6270–6276.
- Saw S.M., Goh P.P., Cheng A., Shankar A., Tan D.T., Ellwein L.B. Ethnicity-specific prevalences of refractive errors vary in Asian children in neighbouring Malaysia and Singapore // *British journal of ophthalmology*. 2006. Vol. 90. № 10. P. 1230–1235.
- Saw S.M., Hong R.Z., Zhang M.Z., Fu Z.F., Ye M., Tan D., Chew S.J. Near-work activity and myopia in rural and urban schoolchildren in China // *Journal of Pediatrics Ophthalmology and Strabismus*. 2001. Vol. 38. № 3. P. 149–155.
- Scavello G.S., Jr Paluru P.C., Ganter W.R., Young T.L. Sequence variants in the transforming growth beta-induced factor (TGIF) gene are not associated with high myopia // *Investigation Ophthalmological and Visual Science*. 2004. Vol. 45. P. 2091–2097.
- Scavello G.S., Jr Paluru P.C., Zhou J., White P.S., Rappaport E.F., Young T.L. Genomic structure and organization of the high grade Myopia-2 locus (MYP2) critical region: mutation screening of 9 positional candidate genes // *Molecular Vision*. 2005. Vol. 11. P. 97–110.
- Sood R.S., Sood A. Influence gender on the prevalence of myopia young adults // *International Journal of Basic and Applied Medical Sciences*. 2012. Vol. 2. № 1. P. 201–204.
- Zhou J., Young T.L. Evaluation of Lipin 2 as a candidate gene for autosomal dominant 1 high-grade myopia // *Gene*. 2005. Vol. 352. P. 10–19.
- Uzma N., Kumar B.S., Khaja Mohinuddin Salar B.M., Zafar M.A., Reddy V.D. A comparative clinical survey of the prevalence of refractive errors and eye diseases in urban and rural school children // *Canadian Journal of Ophthalmology*. 2009. Vol. 44. № 3. P. 328–333.

EVOLUTIONARY APPROACH TO THE FORMATION OF MYOPIA: THE RESTRUCTURING OF THE VISUAL ANALYZER AS AN ADAPTATION TO THE SOCIAL AND CULTURAL CONDITIONS

DOROSHEVA E.A. *, *Novosibirsk State University, Institute of Systematics and Ecology of Animals, Russian Academy of Sciences, Institute of Physiology and Fundamental Medicine SB RAM, Novosibirsk, Russia, e-mail: Elena.Dorosheva@mail.ru*

For citation:

Dorosheva E.A. Evolutionary approach to the formation of myopia: the restructuring of the visual analyzer as an adaptation to the social and cultural conditions. *Экспериментальная психология = Experimental Psychology (Russia)*, 2014, vol. 7, no. 3, pp. 84–98 (In Russ., abstr. in Engl.).

* *Dorosheva E.A.* Ph.D. (Biology), Assistant, Novosibirsk State University, Research Associate, Institute of Systematics and Ecology of Animals, Novosibirsk, Russia. E-mail: Elena.Dorosheva@mail.ru



Myopia is one of the most common diseases of our time, phylo- and ontogenetically closely related to the school education system. Based on a review of theoretical and experimental studies, we explored the possible mechanisms of changes in the visual analyzer, occurring as an adaptation to the social and cultural conditions, and leading to the occurrence of myopia. We describe the relationship of physiological and behavioral factors that may lead to loss of vision. We propose the contribution to the formation of myopia of the visual analyzer restructuring associated with the selection of the information in accordance with the proposed models in the social environment; with a reduction in its own search activity during amplification; with the strengthening of the internal functioning of the systems of information processing and reduction: systems of perception and action implementation.

Keywords: evolutionary approach, adaptation, school myopia, vision disorders, physiological and psychological theory of the formation of myopia.

Funding

The studies were performed under the Program of Fundamental Research in State Academies of Sciences for 2012–2020 (project VI.51.1.6).

References

- Avetisov E. S. *Blizorukost' [Myopia]*. Moscow, Meditsina Publ., 1999. 288 p. (In Russian).
- Ananin V. F. *Mekhanizm blizorukosti [The mechanism of myopia]*. Moscow, Zhurnalistskoe Aгенство «Glasnost'» Publ., 1996. 56 p. (In Russian).
- Beits U. G. *Kak obresti khoroshee zrenie bez ochkov [How to have good vision without glasses]*, St. Petersburg, A.V.K. Publ., 2002. 320 p. (In Russian).
- Vatslavik P. *Pragmatika chelovecheskikh kommunikatsii [The Pragmatics of human communications]*. Moscow, Aprel'-press Publ., 2000. 320 p. (In Russian).
- Volkov V. V. O veroyatnykh mekhanizmax miopizatsii glaza v shkol'nye gody [Probable Mechanism miopizatsii eyes in the school years]. *Oftal'mologicheskii zhurnal. [Journal of Ophthalmology]*. 988, no. 3, pp. 129–132 (In Russian).
- Vygotskii L. S. *Psikhologiya razvitiya cheloveka [The Psychology of Human Development]*. Moscow, Eksmo-Press: Smysl Publ., 2003. 1136 p. (In Russian).
- Gafurova Z. F. *Psikhofiziologicheskaya diagnostika i psikhologicheskaya korrektsiya funktsional'nogo sostoyaniya zritel'noi pertseptivnoi sistemy shkol'nikov s miopicheskimi narusheniyami refraktsii [Psychophysiological diagnostics and psychological functional correction of the visual perceptual system students with myopic refractive errors]*. Diss. ... kand. psikhol. nauk. Moscow, 1999. 180 p. (In Russian).
- Gres A. P. Sostoyanie zritel'nykh funktsii i dinamika refraktsii u shkol'nikov nekotorykh shkol u g. Krivogo Roga [Condition of visual function and dynamics of refraction in school children in some schools in the city of Krivoy Rog]. *Oftal'mologicheskii zhurnal [Journal of Ophthalmology]*, 1972, no. 8, pp. 630–631 (In Russian).
- Dorosheva E. A. Primenenie kontseptsii obucheniya "iz kataloga" k issledovaniyu osobennosti sotsial'nykh vzaimodeistvii detei s oslablennym zreniem [Applying the concept of learning "from the directory" to the study of the features of social interactions of children with impaired vision]. *Vestnik NGU [Bulletin of the NSU]. Seriya: Psikhologiya [Series: Psychology]*, Novosibirsk, 2009, vol. 3, no. 2, pp. 88–96. (In Russian).
- Dorosheva E. A., Reznikova Zh. «Obuchenie iz kataloga»: ot zhuka do cheloveka ["Learning from the catalog" from bug to human]. *Evolutsionnaya i sravnitel'naya psikhologiya v Rossii: traditsii i perspektivy [Evolutionary and comparative psychology in Russia: Traditions and Prospects]*. Moscow, «Institut psikhologii RAN» Publ., 2013, pp. 83–90 (In Russian).
- Dorosheva E. A., Rippinen T. O. Formirovanie obraza Ya u starshikh podrostkov so shkol'noi blizorukost'yu [Formation of an image I have of older adolescents with school myopia]. *Vestnik NGU [Bulletin of the NSU]. Seriya: psikhologiya [Series: Psychology]*. Novosibirsk, 2007a, no. 2, pp. 65–77 (In Russian).



- Dorosheva E.A., Rippinen T.O. Sotsial'no-psikhologicheskie osobennosti mladshikh shkol'nikov s narusheniyami zreniya [Socio-psychological characteristics of younger students with visual impairments]. Materialy mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii studentov, aspirantov i molodykh spetsialistov «Psikhologiya XXI veka» [Proceedings of the international scientific-practical conference of students and young professionals "Psychology of the XXI Century"]. St. Petersburg, 2007b, pp. 346–348 (In Russian).
- Kochina M.L., Yavorskii A.B. Oftal'mologicheskie aspekty vizual'nogo okruzheniya sovremennogo cheloveka [Ophthalmic aspects of the visual environment of modern man] *Visnik problem biologii i meditsini [Bulletin of Biology and Medicine]*, 2013, vol. 3 (103), iss. 2, pp. 170–175. (In Russian).
- Kuznetsova M.V. Prichiny razvitiya blizorukosti i ee lechenie [The causes of myopia and its treatment]. Moscow, MEDpress inform. Publ., 2004. 168 p. (In Russian).
- Neroev V.V. Novye aspekty problemy patologii setchatki i zritel'nogo nerva [New aspects of the pathology of the retina and optic nerve]. *Vestnik oftal'mologii [Bulletin of ophthalmology]*, 2000, no. 5, pp. 14–16 (In Russian).
- Oaklander V. *Windows to Our Children: A Gestalt Therapy Approach to Children and Adolescents*. Gestalt Journal Press, 1988. (Russ. ed.: Oklender V. *Okna v mir rebenka: rukovodstvo po detskoj terapii*. Per. s angl. M.: Klass, 2001. 336 s.).
- Petukhov V.M., Medvedev P.V. Osobennosti vozniknoveniya i progressirovaniya shkol'noi blizorukosti v usloviyakh sovremennogo uchebnogo protsessa i ikh profilaktika [Features of the onset and progression of myopia of school in the modern educational process and their prevention]. Samara: Samarskii gosudarstvennyi meditsinskii universitet Publ., 2005. 31 p.
- Sidorenko E.I. Doklad po okhrane zreniya u detei. Problemy i perspektivy detskoj oftal'mologii Vestnik oftal'mologii [Report on the protection of children. Problems and prospects of Pediatric Ophthalmology]. *Vestnik oftal'mologii [Bulletin of ophthalmology]*, 2006, vol. 122, no. 1, pp. 41–42.
- Filin V.A. Videoekologiya. Chto dlya glaza khorosho, a chto – plokho. [Videoekologiya. That the eye is good, and that - bad] Moscow, MTs «Videoekologiya» Publ., 2001. 312 p.
- Khukhrina A.P. Metodika i rezul'taty obsledovaniya organa zreniya u detei 1–4-go goda zhizni Vestnik oftal'mologii. [The methodology and results of a survey of the vision of children 1–4 year of age] *Vestnik oftal'mologii [Bulletin of ophthalmology]*, 1970, no. 1, pp. 80–84.
- Shapiro F. Psikhoterapiya emotsional'nykh travm s pomoshch'yu dvizhenii glaz: Osnovnye printsipy, protokoly i protsedury [Psychotherapy trauma using eye movements: Basic principles, protocols and procedures]. Moscow: Nezavisimaya firma «Klass» Publ., 1998. 496 p.
- Garoufalos P., Chen C. Y. C., Dirani M., Couper T. A., Taylor H. R., Baird P. N. Methodology and recruitment of probands and their families for the Genes in Myopia (GEM) Study. *Ophthalmic Epidemiology*, 2005, vol. 12, pp. 383–392.
- Garner L. F., Owens H., Kinnear R. F., Frith M. J. Prevalence of myopia in Sherpa and Tibetan children in Nepal. *Optometry and Vision Science*, 1999, vol. 76, no. 5, pp. 282–285.
- Hewitt A. W., Kearns L. S., Jamieson R. V., Williamson K. A., van Heyningen V., Mackey D. A. PAX6 mutations may be associated with high myopia. *Ophthalmic Genetics*, 2007, vol. 28, pp. 179–182.
- Hysi P. G., Wojciechowski R., Rahi S. J., Hammond C. J. Genome-wide association studies of refractive error and myopia, lessons learned, and implication for the future. *Investigation Ophthalmological and Visual Science*, 2014, vol. 55, no. 5, pp. 3344–3351.
- French A., Ashby R. S., Morgan I., Rose K. Time outdoors and the prevention of myopia. *Experimental Eye Research*, 2013, vol. 114, pp. 58–68.
- Lin L. L., Shih Y. F., Hsiao C. K., Chen C. J., Lee L. A., Hung P. T. Epidemiologic study of the prevalence and severity of myopia among schoolchildren in Taiwan in 2000. *Journal of The Formosan Medical Association*, 2001, vol. 100, no. 10, pp. 684–691.
- Morgan I., Ohno-Matsui K., Saw S. M. Myopia. *The Lancet*, 2012, vol. 379, no. 9827, pp. 1739–1748.



- Morgan I., Rose K. Myopia and educational performance. *Ophthalmic and Physiological Optics*, 2013, vol. 33, no. 3, pp. 329–338.
- Morgan I., Rosen D. How genetic is school myopia? *Progress in Retinal and Eye Research*, 2005, vol. 24, pp. 1–38.
- Mutti D. O., Cooper M. E., O'Brien S., Jones L. A., Mariazita M. L., Murray J. C., Zadnik K. Candidate gene and locus analysis of myopia. *Molecular Vision*, 2007, vol. 13, pp. 1012–1019.
- Naidoo K. S., Raghunandan A., Mashige K. P., Govender P., Holden B. A., Pokharel G. P., Ellwein L. V. Refractive error and visual impairment in African children in South Africa. *Investigation Ophthalmological and Visual Science*, 2003, vol. 44, no. 9, pp. 3764–3770.
- Nangia V., Jonas J. B., Sinha A., Matin A., Kulkarni M. Refractive error in central India: the Central India Eye and Medical Study. *Ophthalmology*, 2010, vol. 117, no. 4, pp. 693–699.
- Paluru P. C., Scavello G. S., Ganter W. R., Young T. L. Exclusion of lumican and fibromodulin as candidate genes in MYP3 linked high grade myopia. *Molecular Vision*, 2004, vol. 10, pp. 917–922.
- Reznikova Zh. *Animal intelligence. From individual to social cognition*. Cambridge: Cambridge University Press, 2007. 472 p.
- Rose K. A., Morgan I. G., Ip J., Kifley A., Huynh S., Smith W., Mitchell P. Outdoor activity reduces the prevalence of myopia in children. *Ophthalmology*, 2008, vol. 115, pp. 1279–1285.
- Rudnicka A. R., Owen C. G., Nightingale C. M., Cook D. G., Whincup P. H. Ethnic differences in the prevalence of myopia and ocular biometry in 10- and 11-year-old children: the Child Heart and Health Study in England (CHASE). *Investigation Ophthalmological and Visual Science*, 2010, vol. 51, no. 12, pp. 6270–6276.
- Saw S. M., Goh P. P., Cheng A., Shankar A., Tan D. T., Ellwein L. B. Ethnicity-specific prevalences of refractive errors vary in Asian children in neighbouring Malaysia and Singapore. *British journal of ophthalmology*, 2006, vol. 90, no. 10, pp. 1230–1235.
- Saw S. M., Hong R. Z., Zhang M. Z., Fu Z. F., Ye M., Tan D., Chew S. J. Near-work activity and myopia in rural and urban schoolchildren in China. *Journal of Pediatrics Ophthalmology and Strabismus*, 2001, vol. 38, no. 3, pp. 149–155.
- Scavello G. S., Jr Paluru P. C., Ganter W. R., Young T. L. Sequence variants in the transforming growth beta-induced factor (TGIF) gene are not associated with high myopia. *Investigation Ophthalmological and Visual Science*, 2004, vol. 45, pp. 2091–2097.
- Scavello G. S., Jr Paluru P. C., Zhou J., White P. S., Rappaport E. F., Young T. L. Genomic structure and organization of the high grade Myopia-2 locus (MYP2) critical region: mutation screening of 9 positional candidate genes. *Molecular Vision*, 2005, vol. 11, pp. 97–110.
- Sood R. S., Sood A. Influence gender on the prevalence of myopia young adults. *International Journal of Basic and Applied Medical Science*, 2012, vol. 2, no. 1, pp. 201–204.
- Zhou J., Young T. L. *Evaluation of Lipin 2 as a candidate gene for autosomal dominant 1 high-grade myopia*. *Gene*, 2005, vol. 352, pp. 10–19.
- Uzma N., Kumar B. S., Khaja Mohinuddin Salar B. M., Zafar M. A., Reddy V. D. A comparative clinical survey of the prevalence of refractive errors and eye diseases in urban and rural school children. *Canadian Journal of Ophthalmology*, 2009, vol. 44, no. 3, pp. 328–333.

ТРЕХМЕРНОЕ ВОСПРИЯТИЕ ПЛОСКОСТНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ В УСЛОВИЯХ КОМПЬЮТЕРИЗОВАННОЙ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ

АНТИПОВ В. Н. *, Казанский федеральный университет, Казань, Россия,
e-mail: Vladimir.Antipov@ksu.ru

ЖЕГАЛЛО А. В. **, Институт психологии РАН, МГППУ, Москва, Россия,
e-mail: zhegs@mail.ru

В статье представлены исследования по изучению способности трехмерного восприятия плоскостных изображений. Регистрация движения глаз на бинокулярном айтрекере показала, что фокусировка происходит вне плоскости расположения плоскостного изображения, а глубина восприятия соизмерима с глубиной стереограмм, трехмерных (3D) растровых изображений. Получены статистические подтверждения восприятия глубины, объема. По результатам исследований разработана и апробирована система обучения восприятию плоскостных изображений.

Ключевые слова: компьютер, среда обитания, адаптация, обучение, движение глаз, пространственная перспектива и объемность плоских изображений, рельефность.

Введение

Формирование у наблюдателя адекватного зрительного восприятия окружающей среды происходит в ходе деятельности, направленной на познание и изменение окружающего мира. Отсутствие опыта восприятия определенных объектов или же опыта восприятия известных объектов в изменившихся условиях приводит к значительным затруднениям при опознавании. Так, например, в воспоминаниях И.А. Ефремова о Советско-Монгольской палеонтологической экспедиции 1946–1949 гг. отмечается: «Не раз уже я замечал, что проводники, уверенно ориентировавшиеся в горах или холмистой местности, начинали путаться, теряться и сбиваться в равнинах, где при быстроте езды от них требовалось мгновенное решение, в корне отличное от неспешного раздумья во время медленного передвижения на верблюде или коне.

Опять, как много раз до этого, техника требовала от человека новой психологии, иной реакции на внешний мир, не оставляя времени на глубокое, во всех деталях законченное знакомство...» (Ефремов, 1958, с. 127).

Изображение объектов внешнего мира в наглядной форме, понятной другим участникам коммуникации, также приобретает с опытом. В исследованиях на дошкольниках в ходе выполнения задания на рисование композиции объемных тел (в игровой форме, в общении с экспериментатором) отмечался переход от плоских изображений к наивным объ-

Для цитаты:

Антипов В. Н., Жегалло А. В. Трехмерное восприятие плоскостных изображений в условиях компьютеризованной среды обитания // Экспериментальная психология. 2014. Т. 7. № 3. С. 97–111.

* Антипов В. Н. Кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник, Казанский федеральный университет, Казань, Россия. E-mail: Vladimir.Antipov@ksu.ru

** Жегалло А. В. Кандидат психологических наук, старший научный сотрудник, Институт психологии РАН, МГППУ, Москва, Россия. E-mail: zhegs@mail.ru



емным рисункам (Сазонтьев, 1961). Обедненная визуальная среда и отсутствие практических задач, связанных с передачей объема, приводят к тому, что у взрослых аналогичные навыки оказываются не сформированными. В исследованиях, проводившихся на северо-востоке Республики Коми (Гончаров, 2007), обнаружено, что оленеводы Крайнего Севера испытывали значительные сложности при выполнении задания, связанного с рисованием с натуры кубика. Автор отмечает: «Сначала они обычно рисовали фронтальную сторону в виде квадрата, а затем сталкивались с проблемой передачи объема. Чаще всего они пририсовывали к квадрату боковую левую и невидимую нижнюю грань. Явно не удовлетворившись сопоставлением образа с оригиналом, испытуемые пытались по несколько раз переделать рисунок, но приходили к тем же результатам. При этом они бурно выражали удивление, почему не могут нарисовать такой простой предмет» (Гончаров, 2007, с. 129). Столь неожиданный результат автор объясняет тем, что «в традиционной среде обитания и обиходе оленеводов тела параллелепипедной формы практически отсутствуют, и у них почти нет опыта их изображения» (Гончаров, 2007, с. 131).

Современная техногенная визуальная среда характеризуется лавинообразной компьютеризацией, вследствие чего резко возросло значение в зрительном восприятии окружающей среды плоскостных изображений, показываемых на экране компьютера на расстоянии ~ 50 см от глаз. Благодаря возможностям трехмерного моделирования сцены на экране не могут восприниматься наблюдателем как объемные, несмотря на то, что условия их восприятия существенно отличаются от условий восприятия естественной окружающей среды. Технические возможности компьютеров открывают все более широкие возможности для манипуляции с изображениями и получения новых визуальных эффектов.

Примером вновь появившегося класса объектов, создание которых предполагает компьютерную обработку изображений, а восприятие требует развития специального навыка, являются стереограммы. Простейшая стереограмма может быть построена в программе WORD (рис. 1). Для восприятия стереоглубины рисунка 1 достаточно сфокусировать глаза на расстоянии около 10 см от листа. Число символов в горизонтальных строчках возрастет на один, и возникнет восприятие различной глубины каждой строчки.



Рис. 1. Простейший вариант построения стереограммы в программе WORD

С помощью графических пакетов, например, Adobe Photoshop, становится возможным создание стереограмм, дающих объемное восприятие произведений живописи (рис. 2). Для этого на отдельный холст копируется две и более копии; лучший вариант – три (как на рис. 2). Средняя проекция становится опорной. На изображении выбираются объекты, расположенные в пространстве картины на разном расстоянии от зрителя. При создании стереопроекции оператор выделяет такие объекты на правой и левой проекции и несколько смещает их, подчеркивая впечатление глубины, заложенной художником в карти-



ну. Образовавшиеся промежутки заполняются смежными участками. Для получения желаемого результата оператор в процессе монтажа постоянно рассматривает проекции как объемное изображение. При наблюдении стереоглубины на рис. 2 следует расположить стереограмму на расстоянии 50-60 см от глаз, сфокусировать глаза на расстоянии ~ 20 см. Проекций станет четыре, две средние преобразуются в объемные образы.



Рис. 2. Стереогамма по картине К. Васильева «Ф. М. Достоевский»

Следующим шагом после классических стереограмм стали случайно-точечные стереограммы. Первый пример такого изображения был создан Б.Н. Компанейским (Компанейский, 1939). Окрашенный в черный цвет объемный предмет устанавливался на черном фоне. После этого на фон и на предмет наносились белые точки, не создававшие никакого смыслового рисунка. Затем с двух сторон делались фотографии предмета, составляющие стереопару. По каждой из сделанных фотографий узнать предмет было невозможно, однако при рассматривании их как стереопары наблюдатель видел объемное изображение предмета (Рожкова, Токарева, 2001). Используемая Компанейским технология не получила распространения в силу своей трудоемкости. В 1959 г. случайно-точечные стереограммы были переоткрыты Б. Юлешем (Julez, 1960). Построение стереограмм выполнялось на компьютере IBM 704 с выводом изображения на подключенный к компьютеру графический дисплей.

В 1979 г. ученик Юлеша К. Тайлер создал первую автостереограмму, объединив в одном изображении случайно-точечные стереограммы для левого и правого глаза (Tyler, Clarke, 1990). С 1996 г. под торговой маркой Magic Eye начали выпускаться цветные автостереограммы, в которых эффект объема достигался за счет объединения в изображении регулярных полноцветных текстур. В настоящее время подобные изображения и программное обеспечение для их создания стали широко доступны и пользуются большой популярностью. Специалисты-офтальмологи рекомендуют рассматривание автостереограмм, так как считают это полезным упражнением, способствующим тренировке зрения.

При рассматривании автостереограмм наблюдатель должен произвольно регулировать угол вергенции глаз, так чтобы левый и правый глаза увидели предназначенные для



них изображения, составляющие часть автостереограммы. При этом для разных автостереограмм необходимый угол вергенции будет значительно различаться. Подчеркнем, что широкое распространение автостереограмм стало возможным лишь после появления массовых персональных компьютеров.

Возможно ли, что данный способ рассматривания впоследствии будет использоваться при рассматривании естественных изображений, не содержащих, в отличие от автостереограмм, заранее заложенного скрытого изображения? Может ли в дальнейшем такой способ рассматривания, связанный с поиском «скрытого» изображения при рассматривании любой текстуры, стать доминирующим?

Излагаемый ниже материал дает основание полагать, что в результате адаптации зрительной системы к восприятию плоскостных изображений на экране монитора может развиваться способность воспринимать образы любых плоскостных изображений с множественными и регулируемыми эффектами глубины, объема, пространственной перспективы – далее феномен (Антипов, 2005). Иными словами, на плоскостных изображениях структурируются ощущения пространства, ранее присущие только трехмерным объектам.

С 2005 по 2014 г. по развитию феномена получено 16 патентов на изобретения Российской Федерации. Авторами и патентообладателями изобретений являются сотрудники Казанского федерального университета, Института психологии РАН, Центра экспериментальной психологии МГППУ, Института физиологии им. И.П. Павлова РАН, Ульяновского училища гражданской авиации.

В описании к семи патентам приводится информация о преодолении физических и технических противоречий в принципах действия стереопсиса при восприятии плоскостных изображений (Антипов, Антипов, 2010а, 2010б). В Теории решения изобретательских задач (ТРИЗ), изобретения, в которых преодолены физические и технические противоречия, относятся к высшей классификации и способны в будущем образовать новую техническую систему и отрасль техники (Альтшуллер, 1989). Технической системой в изобретениях является зрительное восприятие. Тем самым зафиксированы предполагаемые новые возможности развития зрения, мозга, сознания.

Феномен адаптации к восприятию стереоскопической глубины плоскостных изображений

Для первого автора статьи проявление способности воспринимать плоскостные элементы с эффектами глубины и объема относится к июню 2002 г. В ходе выполнения работ по моделированию возможности построения стереограмм с применением обоевых покрытий подбирались оптимальные режимы построения стереограмм. Технология включала постоянное наблюдение стереоскопической глубины в статическом и динамическом режимах. Фокусировка контролировалась по дополнительным меткам, которые позволяли однозначно определять условия концентрации взгляда. В результате автор приобрел навык восприятия стереоскопической глубины при периодическом изменении местоположения точки фокусировки глаз относительно экрана монитора, что выразилось в восприятии глубины на регулярных изображениях, подобных рис. 3. Достаточно было сконцентрировать взгляд как бы сквозь лист, чтобы возникало объемное восприятие образов.

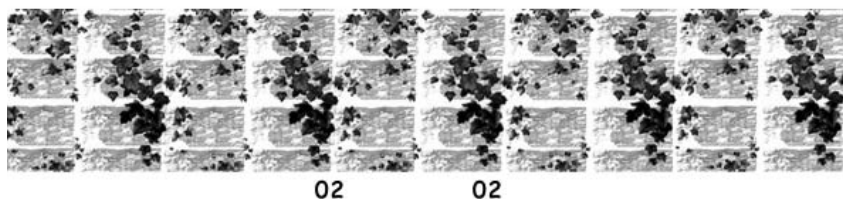


Рис. 3. Стереограмма – 3D-модель обоевого покрытия

Позже автор стал воспринимать как трехмерное изображение при просмотре передач на экране телевизора, причем некоторые цветовые оттенки сюжетов стали отделяться друг от друга по глубине восприятия экрана (август 2002). Далее глубина стала наблюдаться при рассмотрении горизонтальных рядов идентичных структур, используемых при построении обобщенных стереопроекций. Элементы нижних горизонтальных рядов воспринимались как находящиеся на переднем плане, элементы верхних рядов – как находящиеся на дальнем плане (ноябрь 2002). В феврале 2003 г. начали наблюдаться эффекты глубины при рассмотрении произведений живописи. Некоторые элементы произведений воспринимались как находящиеся на разных уровнях глубины. Наблюдался эффект полупрозрачности всего полотна. В марте 2003 г. начала наблюдаться глубина для изображений неба на картинах. Если на картине в верхней ее части было изображение воздушного пространства, то оно воспринималось как самая удаленная часть.

В то же время начали наблюдаться отдельные элементы глубины при рассмотривании любой полиграфической продукции, изображений на экране компьютера, телевизора, на киноэкране. Также стала наблюдаться глубина при рассмотривании облачного покрова и звезд. К 2007 г. автор научился произвольно регулировать условия восприятия глубины при рассмотривании изображений разного цвета либо содержащего горизонтальные ряды (например, слов). В 2010 г. было достигнуто восприятие текстуры поверхности каменной плитки как объемной. В 2011 г. наблюдалась глубина при рассмотривании растрового изображения размером 5×9 см, напечатанного в периодическом издании.

К настоящему времени любые плоскостные изображения воспринимаются с эффектами глубины, объема, пространственной перспективы; данный способ восприятия перешел на уровень автоматизма, стал практически доминирующим. Напротив, переход к «плоскому» восприятию требует от автора сознательных усилий.

Мы предполагаем, что причинами развития феномена стали многолетний тренинг и адаптация к наблюдению стереоскопической глубины стереограмм. Основным элементом тренинга является приобретение навыка быстрого перехода к восприятию стереоскопической глубины при разных методах рассматривания изображений. Происходит постоянный процесс взаимодействия механизма движения глаз с различным состоянием направления вектора глубины стереограмм. Зрительная система адаптируется к наблюдению стереоглубины на различных расстояниях от плоскости расположения стереограммы.

На основе проводимых исследований по развитию феномена разработана методика обучения, развивающая способности трехмерного восприятия 2D-изображений. С 2005 по 2014 г. она апробировалась в образовательном процессе Казанского университета. Принцип построения курса обучения изложен в работе Минзарипова и др. (2009).

Опыт апробации исследований в формате образовательного проекта частично противоречит высказанной гипотезе. При обучении студентов Казанского университета и тестировании учащихся трех средних образовательных учреждений г. Казани обнаружено, что



до 90% опрошенных (выборка ~ 1000 чел.) наблюдают эффекты рельефности на некоторых плоскостных изображениях без длительного тренинга на стереограммах. Данные результаты могут объясняться большей лабильностью механизмов зрительного восприятия молодежи в условиях новой антропогенной среды обитания.

Экспериментальные исследования движений глаз в условиях восприятия глубины и объема плоскостных изображений

Выполненное нами пилотажное исследование было направлено на изучение особенностей движений глаз при объемном восприятии автостереограмм, 3D-растровых и плоскостных изображений. Испытуемым был первый автор статьи.

Регистрация движений глаз выполнялась в Центре экспериментальной психологии Московского городского психолого-педагогического университета с помощью айтрекера SMI HiSpeed в бинокулярном режиме (частота регистрации 500 Гц). Изображения экспонировались на ЭЛТ-мониторе ViewSonic 90Gf диагональю 19", расположенном на расстоянии $h=58$ см от глаз наблюдателя (разрешение 1280×1024 пикселей; 38 пикселей/см). Время экспозиции ΔT составляло от 15 до 150 с, расстояние между зрачками правого и левого глаза испытуемого $d=6,4$ см. Запись движений глаз содержала координаты взора (на поверхности экрана монитора).



Рис. 4. Расчет угла вергенции по разности горизонтальных координат взора левого и правого глаза. Рассматривание плоского изображения, экспонируемого на поверхности экрана монитора (слева); рассматривание объемного изображения не перекрещенными глазами (в центре); рассматривание объемного изображения перекрещенными глазами (справа). Пунктиром обозначены дополнительные геометрические построения, используемые при расчетах. Прерывистой линией обозначены базис межзрачкового расстояния, перпендикуляр к плоскости экрана и плоскости воспринимаемого изображения, плоскость воспринимаемого изображения, не совпадающая с плоскостью экрана

По значениям горизонтальных координат взора левого и правого глаз $X_{лев.г}$ и $X_{прав.г}$ вычисляется разность координат $\Delta_{вз.г} = X_{прав.г} - X_{лев.г}$. Для случая рассматривания экспонируемого на мониторе плоского изображения (рис. 4, слева) $\Delta_{вз.г} = 0$. При фиксированном межзрачковом расстоянии $\Delta_{мз}$ и расстоянии от глаз до поверхности экрана $\Delta_{экр}$ угол вергенции $\alpha = 2 \arctg(\Delta_{мз} / 2\Delta_{экр})$; расстояние до рассматриваемого изображения $H = \Delta_{экр}$.

Случаю $\Delta_{вз.г} > 0$ (рис. 4, в центре) соответствует рассматривание объемного изображения не перекрещенными глазами. При этом угол вергенции $\alpha = 2 \arctg((\Delta_{мз} - \Delta_{вз.г}) / 2\Delta_{экр})$. Зная α , вычисляем расстояние до плоскости воспринимаемого изображения $H = (\Delta_{мз} / 2) / \tg(\alpha/2)$. В этом случае $H > \Delta_{экр}$, т.е. воспринимаемое стереоизображение находится за плоскостью экрана монитора.



Случаю $\Delta_{\text{вз.г}} < 0$ (рис. 4, справа) соответствует рассматривание объемного изображения перекрещенными глазами. Так же, как и в предыдущем случае, $\alpha = 2 \arctg((\Delta_{\text{мз}} - \Delta_{\text{вз.г}}) / 2\Delta_{\text{экр}})$; $H = (\Delta_{\text{мз}} / 2) / \text{tg}(\alpha/2)$. Воспринимаемое стереоизображение находится перед плоскостью экрана монитора, т.е. $H < \Delta_{\text{экр}}$.

Подставляя в формулу для вычисления расстояния до плоскости воспринимаемого изображения величину $\text{tg}(\alpha/2) = (\Delta_{\text{мз}} - \Delta_{\text{вз.г}}) / 2\Delta_{\text{экр}}$, получаем $H = (\Delta_{\text{мз}} \cdot \Delta_{\text{экр}}) / (\Delta_{\text{мз}} - \Delta_{\text{вз.г}})$.

В качестве стимульного материала были использованы: 3D-растровое стереоизображение; стереограмма со скрытым изображением; изображение текстуры каменной плитки; фрагмент изображения картины Дж. Поллака «Лавандовый туман». Рассмотрим особенности окулomotorной активности в перечисленных случаях.

3D-растровое стереоизображение выполняется по специальной технологии, обеспечивающей его объемное восприятие наблюдателем, не имеющим специальных навыков рассматривания стереограмм. Для его построения используются проекции, аналогичные рисунку 2. Они кодируются специальным ПО, после чего изображение наносится на бумагу и склеивается с плоской стороной пластикового раstra, представляющего собой набор цилиндрических линз. Геометрия раstra обеспечивает преломление светового потока таким образом, чтобы каждый глаз видел только предназначенное для него изображение.

При выполнении записи движений глаз 3D-растр устанавливался непосредственно перед экраном монитора после выполнения процедуры калибровки. Медианное значение дистанции до плоскости воспринимаемого изображения при рассматривании раstra составляет 95 см. Рассматриваемое изображение характеризуется значительной воспринимаемой глубиной пространства: 75–129 см для 90% записи. Сопоставим гистограммы распределения значений дистанции до плоскости воспринимаемого изображения при рассматривании раstra (рис. 5), в условиях объемного восприятия текстуры каменной плитки (рис. 6) и в условиях объемного восприятия фрагмента картины Дж. Поллака «Лавандовый туман» (рис. 7).

По отчету испытуемого, в условиях объемного восприятия текстуры каменной плитки эффекты глубины воспринимаются в нестационарном режиме. Глубина возникает на всей плоскости изображения. Вся плоскость изображения преобразуется в хаотическую трехмерную проекцию без возникновения упорядоченной пространственной перспективы цветовых распределений. Для их наблюдения необходимо концентрировать взгляд как бы сквозь изображения.

При объемном восприятии картины Дж. Поллака «Лавандовый туман» имеет место аналогичный нестационарный режим рассматривания. По субъективному ощущению, глубина восприятия меньше, чем при рассматривании каменной плитки.

Медианные значения дистанции до плоскости воспринимаемого изображения в условиях объемного восприятия двумерных изображений составляют 111 см и 86 см соответственно. Так же, как и при рассматривании раstra, воспринимаемое изображение находилось за плоскостью монитора и характеризовалось значительной глубиной: 90%-й интервал значений составляет 93–150 см и 72–105 см соответственно. На качественном уровне наблюдается сходство вида распределений дистанции до плоскости воспринимаемого изображения. Сопоставляя объективные данные по распределениям дистанции до плоскости воспринимаемого изображения при рассматривании раstra и в условиях объемного восприятия трехмерных изображений, можно сделать вывод о том, что аппаратурные данные действительно отражают особенности субъективного восприятия.



Рис. 5. Гистограмма распределения значений дистанции до плоскости воспринимаемого изображения при рассматривании растрового изображения



Рис. 6. Изображение текстуры каменной плитки и гистограмма распределения значений дистанции до плоскости воспринимаемого изображения

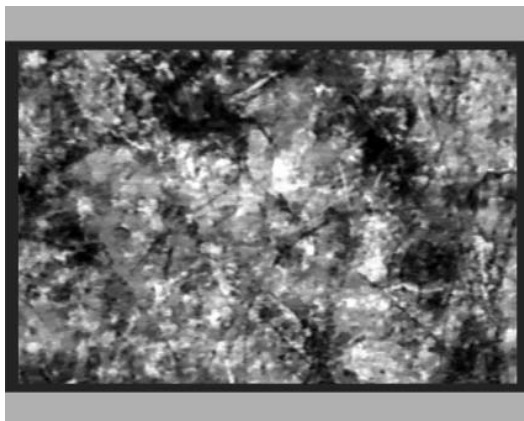


Рис. 7. Фрагмент картины Дж. Поллака «Лавандовый туман» и гистограмма распределения значений дистанции до плоскости воспринимаемого изображения



Соответственно, воспринимаемые визуальные эффекты при объемном восприятии плоскостных изображений в некоторой степени аналогичны таковым при рассматривании специально подготовленного растрового изображения, создающего эффект объемного восприятия. Характерной особенностью объемного восприятия плоскостных изображений является постоянное варьирование наблюдателем угла вергенции, приводящее к изменению расстояния до плоскости воспринимаемого изображения и тем самым – к наблюдению разных уровней глубины (рис. 8).

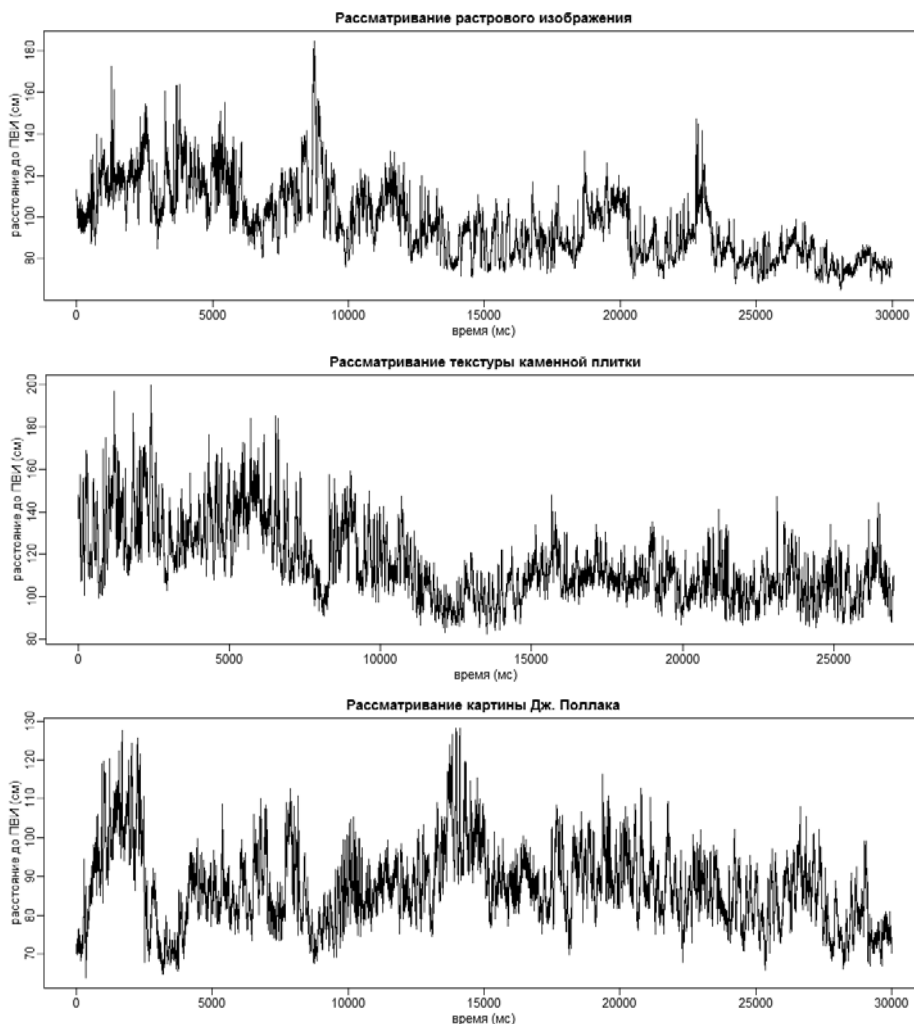


Рис. 8. Динамика дистанции до плоскости воспринимаемого изображения (ПВИ) при рассматривании растра и в условиях объемного восприятия плоскостных изображений

В какой мере навыки рассматривания стереограмм могут быть перенесены на случай объемного восприятия плоскостных изображений? Для ответа на этот вопрос рассмотрим распределения дистанции до плоскости воспринимаемого изображения в условиях двумерного и объемного восприятия стереограммы (рис. 9).

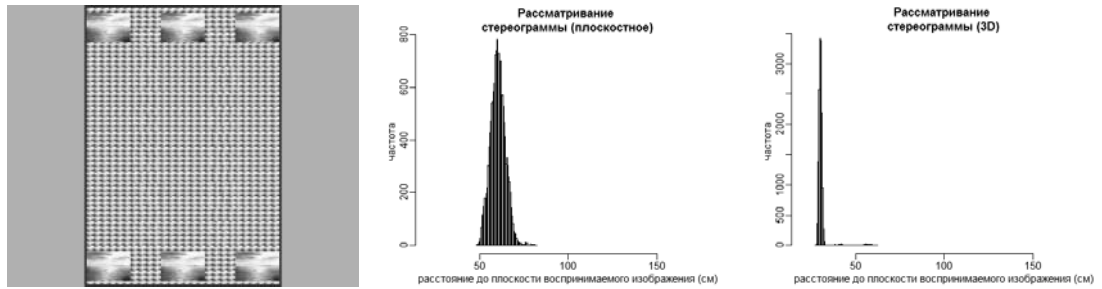


Рис. 9. Стереогамма и гистограммы распределения значений дистанции до плоскости воспринимаемого изображения в условиях плоскостного и объемного рассматривания

При двумерном восприятии медианная плоскость воспринимаемого изображения совпадает с плоскостью монитора, отклонения от нее не превышают ± 10 см. По отчету испытуемого, в условиях объемного восприятия стереограммы взор концентрируется перед стереограммой до получения наложения трех изображений в верхней ее части (число их возрастает до четырех), два средних преобразуются в трехмерные образы. Вертикально сверху вниз возникает слово «Россия».

По айтрекинговым данным, при объемном восприятии рассматривание выполняется перекрещенными глазами. Медианная плоскость воспринимаемого изображения находится на расстоянии 30 см от глаз наблюдателя (перед экраном), отклонения от медианного значения составляют $\pm 1,3$ см.

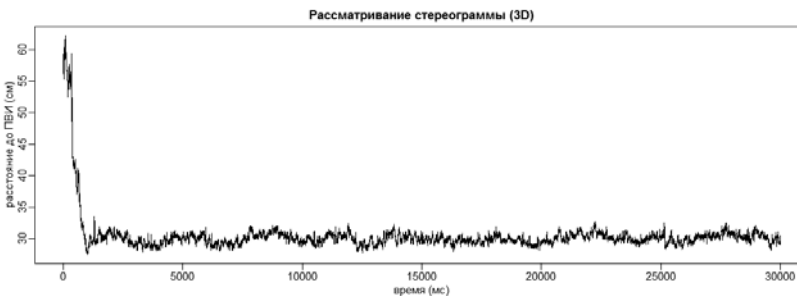


Рис. 10. Динамика дистанции до плоскости воспринимаемого изображения в условиях объемного восприятия стереограммы

Анализ динамики дистанции до плоскости воспринимаемого изображения (рис. 10) показывает, что на начальном этапе наблюдатель переходит от рассматривания изображения, находящегося в плоскости монитора, к рассматриванию изображения, находящегося перед монитором. В дальнейшем рассматривание происходит при постоянном угле вергенции.

Таким образом, в отличие от случая объемного восприятия произвольных плоскостных изображений, объемное восприятие стереограммы характеризуется отсутствием вариаций угла вергенции. Навык рассматривания стереограмм, соответственно, сводится к подбору оптимальных условий рассматривания, при которых «проявляется» объемное изображение. В то же время, объемное восприятие произвольных двумерных изображений предполагает поочередное «раскрытие» разных уровней глубины, наблюдаемых при разных углах вергенции.



Возможность обучения объемному восприятию плоскостных изображений

Насколько широко распространена в настоящее время способность к объемному восприятию плоскостных изображений? Для ответа на данный вопрос рассмотрим результаты опросов, проводившихся в ходе обучения объемному восприятию стереограмм и плоскостных изображений.

В 2005 г. на Факультете повышения квалификации Казанского государственного университета была апробирована методика, развивающая способности восприятия стереограмм. Группа состояла из архитекторов и преподавателей физкультуры. Слушателям были разъяснены принципы построения и наблюдения стереограмм. Большинство без проблем могли наблюдать на стереограммах стереоскопическую глубину. Из 20 слушателей одна женщина-архитектор утверждала, что при моделировании на компьютере конструкций зданий у нее возникают эффекты трехмерного восприятия.

В последующем (2005–2008 гг.) курс проводился в рамках практических занятий по предмету «Экология человека». Обучение было ориентировано на развитие способности студентов-геоэкологов воспринимать изображения изолиний высоты топографических карт со стереоскопической глубиной. Например, при построении стереограмм по изолиниям высоты выбирался участок изменения рельефа местности по водотоку. В условиях наблюдения стереоскопической глубины создаются горизонтальные площадки высоты. Студенты, знакомые с программой Adobe Photoshop, без проблем строили стереограммы. По завершении семестрового курса обучения преподаватель (первый автор статьи) мог наблюдать изолинии высоты и на одной проекции. На преподавание этого курса обучения был получен патент (Антипов, Антипов, 2010а, 2010б). С 2009 по 2014 г. курс апробировался на кафедре прикладной политологии и связи с общественностью под названием «Творческий тренинг». Результаты обучения были опубликованы в материалах конференции по экспериментальной психологии (Антипов и др., 2010; Антипов и др., 2012). Опросы на первых занятиях курса показали, что большинство студентов воспринимают рельефность плоскостных изображений. Ряд студентов сообщали о восприятии объема облачного покрова. В ходе семестрового курса обучения наблюдался рост числа студентов, наблюдавших рельефность при восприятии разнообразных плоскостных изображений.

В цикле обучения 2013–2014 учебного года при опросе студентов КФУ использовалось изображение текстуры каменной плитки (рис. 6). Исходя из того, что при объемном восприятии данного изображения плоскость воспринимаемого изображения не совпадает с плоскостью расположения стимульного материала, были сформулированы следующие вопросы: «Наблюдаете ли вы глубину цветовых распределений?» и «Если наблюдаете, что происходит при перемещении головы в горизонтальном направлении?». Опросы проводились в начале учебного курса и по его окончании, через три месяца; результаты приведены в табл. 1.

Таблица 1. Результаты опроса студентов

Период проведения опроса	Общее количество студентов	Наблюдало глубину	Наблюдало движение слоев
Начало занятий	13	9	3
Окончание занятий	14	14	5

Результаты опроса показывают, что еще до начала занятий трое студентов воспринимали глубину цветовых распределений. В процессе занятий еще двое студентов достигли аналогичного уровня восприятия. При этом возросло количество студентов, сообщающих о наблюдении глубины изображения. Таким образом, в рамках учебного курса наблюдалась тенденция к развитию способности объемного восприятия плоскостных изображений.

После двух месяцев обучения производился опрос, состоявший из двух частей; на вопросы отвечало 12 чел. В первой части на экране монитора демонстрировались 17 изображений фрагментов картин художника Дж. Поллока. Все студенты сообщали о наличии эффектов глубины для некоторых из демонстрировавшихся фрагментов (рис. 11). Вторая часть состояла в демонстрации студентам видеосюжета длительностью около 2 мин. по картине Дж. Поллока «Лавандовый туман». Показанный видеосюжет был взят из документального фильма о Дж. Поллоке. В ходе просмотра данного сюжета в 2002 г. первый автор статьи отметил один из первых случаев объемного восприятия плоскостных изображений. Фильм разбивался на отдельные временные интервалы, студентам предлагалось указать, наблюдается ли восприятие глубины в каждом из интервалов времени. Следует отметить, что начальный сюжет видеоролика всеми студентами описывался как воспринимаемый с эффектами глубины.

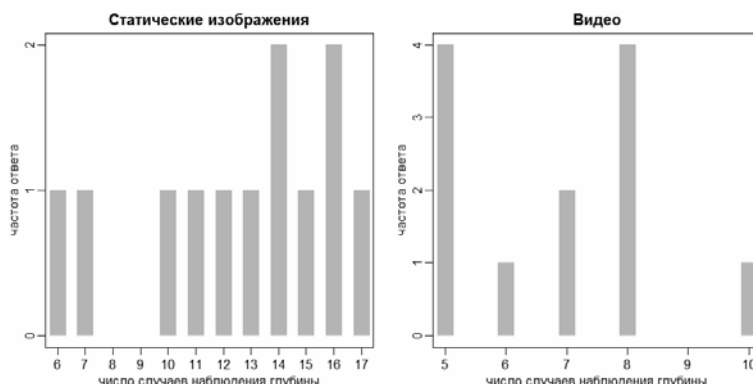


Рис. 11. Результаты опроса студентов: по горизонтали – число случаев наблюдения глубины, сообщенных одним участником; по вертикали – частота данного ответа

По результатам опроса студентов о наблюдении глубины при рассматривании статических фрагментов картин Дж. Поллока было выбрано изображение, относительно которого все студенты сообщали о наличии эффектов объемного восприятия. На его основе было изготовлено пластмассовое растровое изображение. После этого студентам было предложено сравнить плоскостное и растровое изображения. Все студенты вновь сообщили о наблюдении глубины при рассматривании плоскостного изображения, однако глубина была в 2–4 раза меньше, чем при рассматривании растра.

При выполнении следующего опроса студентам предлагалось ответить на вопрос: «Как Вы воспринимаете на экране монитора ряды горизонтальных строчек из слов?». Строки состояли из белых букв на черном фоне. Все студенты заявили, что строчки образуют перспективу горизонтальных рядов, т.е. первая нижняя строка воспринимается ближе относительно второй, расположенной над ней, и т.д. На основе статического изображения



букв был изготовлен пластиковый растр. При сравнении восприятия плоскостного изображения и растра отмечалось, что на растре наблюдаемая глубина больше в 1,5–3 раза.

В 2009–2010 учебном году был выполнен опрос школьников 7–11 классов. Учащимся была показана цветная физическая карта мира формата А4 и пластиковые растры, создающие эффект объемного восприятия. Вопрос был сформулирован следующим образом: «Наблюдаете ли вы рельефность на карте, аналогичную рельефности на пластиковых растрах?». Из 632 опрошенных школьников 41 (6,5%) дали отрицательный ответ, 545 (86,2%) сообщили, что рельефность наблюдается на отдельных участках карты, 46 (7,3%) ответили, что рельефность наблюдается на всей карте.

На основании данных опросов можно указать на наличие следующих тенденций. Значительная часть школьников и студентов без предварительного обучения может воспринимать отдельные элементы плоскостных изображений как объемные. Глубина восприятия при этом оказывается меньше, чем при рассматривании растровых изображений. Способность к восприятию плоскостных изображений как объемных может быть развита путем обучения, включающего рассматривание и самостоятельное создание стереограмм.

Заключение

Рассмотрим уровни дарвиновской триады эволюционных изменений. На первом этапе новые способности возникают у отдельных представителей вида и переходят на уровень автоматизма. На втором этапе новые способности получают распространение среди вида. На третьем они закрепляются на уровне генетического строения.

Первому этапу в представленной работе соответствует индивидуальный опыт первого автора, наблюдающего к настоящему времени при рассматривании плоскостных изображений глубину, сопоставимую с глубиной, наблюдаемой при рассматривании 3D-растров. Опыт обучения студентов показывает, что, по крайней мере, некоторые из них приближаются по особенностям восприятия к данному результату.

Второму этапу – распространению среди вида – соответствуют данные опроса на выборке школьников. Можно ожидать, что в условиях широкого распространения растровых изображений и альбомов автостереограмм («волшебный глаз», «3D-магия» и т.п.) способность к объемному восприятию плоскостных изображений будет получать все более широкое развитие. Данный способ восприятия может оказаться полезен в ряде сфер профессиональной деятельности, связанных с анализом плоскостных изображений.

В конечном итоге будут созданы предпосылки для перехода к третьему этапу – закреплению данного способа восприятия как доминирующего и его дальнейшей фиксации на уровне генотипа.

Планируемая тематика дальнейших исследований связана с регистрацией движений глаз в условиях рассматривания стереограмм, растровых 3D-изображений и плоскостных изображений, воспринимаемых как объемные, на выборке участников, предварительно сообщивших в ходе опроса о способности воспринимать плоскостные изображения как объемные. Значительный интерес представляет дальнейшая отработка методики развития данной способности в формате образовательной технологии и изучение динамики развития с регулярным выполнением регистрации движений глаз в ходе обучения.



Литература

- Альтшуллер Г.С. Поиск новых идей: от озарения к технологии. Кишинев: Картя Молдовеняскэ, 1989.
- Антипов В.Н. Пат. № 2264299 RU. / Способ формирования трехмерных изображений (варианты). 2005.
- Антипов В.Н., Антипов А.В. Пат. № 2391908 RU. / Способ зрительного восприятия топо- и картографических изображений. 2010а.
- Антипов В.Н., Антипов А.В. Пат. № 2391948 RU. / Способ развития стереоскопического зрения. 2010b.
- Антипов В.Н., Баландин И.О., Валеева Р.Р. Рельефность плоских изображений сегодня – это модель развития зрения человека в будущем // Экспериментальная психология в России: традиции и перспективы / Под ред. В.А. Барабанщикова. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2010. С. 200–205.
- Антипов В.Н., Вахрамеева О.А., Галимуллин Д.З., Жегалло А.В., Хараузов А.К., Шелепин Ю.Е. Экспериментальное изучение 3D-восприятия образов плоскостных изображений // «Экспериментальный метод в структуре психологического знания / Отв. ред. В.А. Барабанщиков. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2012. С. 187–194.
- Гончаров О.А. Восприятие пространства и перспективные построения. СПб.: Изд-во С.-Петерб. Ун-та, 2007.
- Ефремов И.А. Дорога ветров. М.: Всесоюзное учебно-педагогическое издательство трудрезервиздат, 1958.
- Компанейский Б.Н. Глубинные ощущения. Анализ теории раздражения не вполне соответствующих точек // Вестник офтальмологии. 1939. Т. 14. № 1. С. 90–105.
- Минзарипов Р.Г., Антипов В.Н., Читалин Н.А. и др. О применении методики развития объемного креативно-когнитивного зрения в инновационном образовательном пространстве // Ученые записки Казанского государственного университета. Серия Естественные науки. 2009. Т. 151. Кн. 3. С. 266–277.
- Рожкова Г.И., Токарева В.С. Таблицы и тесты для оценки зрительных способностей. М.: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 2001.
- Сазонтьев Б.А. К вопросу о развитии восприятия пространства и пространственных представлений у дошкольников // Проблемы восприятия пространства и пространственных представлений. М.: 1961, Издательство Академии педагогических наук РСФСР. С. 96–104.
- Julez B. Binocular depth perception of computer-generated patterns // The Bell System technical journal. 1960. Vol. 39. P. 1125–1162.
- Tyler C. W., Clarke M. B. "The autostereogram" // Proceedings of the SPIE. 1990. Vol. 125. P. 182–197.

THREE-DIMENSIONAL PERCEPTION OF FLAT IMAGES IN COMPUTERIZED ENVIRONMENT

ANTIPOV V.N.*, Kazan Federal University, Kazan, Russia,
e-mail: Vladimir.Antipov@ksu.ru

ZHEGALLO A.V.**, Institute of Psychology RAS, MSUPE, Moscow, Russia,
e-mail: zhegs@mail.ru

For citation:

Antipov V.N., Zhegallo A.V. Three-dimensional perception of flat images in computerized environment. *Экспериментальная психология = Experimental Psychology (Russia)*, 2014, vol. 7, no. 3, pp. 97–111 (In Russ., abstr. in Engl.).

* Antipov V.N. Ph.D. (Physics and Mathematics), Leading Research Associate, Kazan Federal University, Kazan, Russia. E-mail: Vladimir.Antipov@ksu.ru

** Zhegallo A.V. Ph.D. (Psychology), Senior Research Associate, Institute of Psychology RAS, MSUPE, Moscow, Russia. E-mail: zhegs@mail.ru



The article presents a study of the ability of three-dimensional perception of flat images. Registration of eye movements on the binocular eye tracker showed that the focus is outside the plane of the location of the image and the depth perception is comparable with the depth of stereograms, 3D raster images. The statistical confirmation of the perception of depth and volume is provided. Based on the results of the research, we developed and tested a training system.

Keywords: computer, environment, adaptation, training, eye movement, spatial perspective and three-dimensional perception of flat images, relief.

References

- Al'tshuller G. S. *Poisk novykh idej: ot ozarenija k tehnologii* [Looking for new ideas: from insight to technology]. Kishinev, Kartja Moldovenjaskje, 1989.
- Antipov V.N. Pat. 2264299 RU. *Sposob formirovanija trehmernykh izobrazhenij (varianty)* [Method of construction 3d images (variants)]. 2005.
- Antipov V.N., Antipov A.V. Pat. 2391908 RU. *Sposob zritel'nogo vospriyatija topo- i kartograficheskikh izobrazhenij* [Method of visual perception of topographic maps]. 2010a.
- Antipov V.N., Antipov A.V. Pat. 2391948 RU. *Sposob razvitiya stereoskopicheskogo zreniya* [The method of stereoscopic vision development]. 2010b.
- Antipov V.N., Balandin I. O., Valeeva R. R. Rel'efnost' ploskih izobrazhenij segodnja – jeto model' razvitiya zrenija cheloveka v budushhem [3D perception of flat images is the way of development of human visual system in future]. *Ekspierental'nyja psikhologija v Rossii: tradicii i perspektivy* [Experimental psychology in Russia: traditions and perspectives]. Moscow, Institute psychology RAS, 2010, pp. 200–205.
- Antipov V.N., Vahrameeva O. A., Galimulin D. Z., Zhegallo A. V., Haruzov A. K., Shelepin Y. E. Ekspierental'noe izuchenie 3D-vospriyatija obrazov ploskostnykh izobrazhenij [Experimental study of 3D perception of flat images] *Ekspierental'nyi metod v strukture psikhologicheskogo znaniya* [Experimental method in structure of psychological knowledge]. Moscow, Institute psychology RAS, 2012, pp. 187–194.
- Goncharov O. A. *Vospriyatie prostranstva i perspektivnye postroeniya* [Perception of space and perspective plotting]. St. Petersburg, Izdatel'stvo Sankt-Peterburgskogo Universiteta, 2007.
- Efremov I. A. *Doroga vetrov* [Wind road]. Moscow, Vsesoyuznoe uchebno-pedagogicheskoe izdatel'stvo trudrezervizdat, 1958.
- Julez B. Binocular depth perception of computer-generated patterns. *The Bell System technical journal*, 1960, vol. 39, pp. 1125–1162.
- Kompaneyskiy B. N. Glubinnie oshhushheniya. Analiz teorii razdrasheniya ne vpolne sootvetstvuyushhih toчек [Depth sensations. Analysis of theory of stimulation of not well-corresponding points]. *Vestnik oftal'mologii* [Bulletin of Ophthalmology], 1939, vol. 14, no. 1, pp. 90–105.
- Minzaripov R. G., Antipov V.N., Chitalin N. A., Shaposhnikov D. A., Baltina T. V., Skobel'cina E. G., Jakushev R. S. O primenenii metodiki razvitiya obyemnogo kreativno-kognitivnogo zreniya v innovacionnom obrazovatel'nom prostranstve [About application of methodic of development three-dimensional creative – cognitive vision in innovational educational space]. *Uchenye zapiski Kazanskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya Estestvoennye nauki* [Proceedings of Kazan State University. Series of Natural Sciences], 2009, vol. 151, no. 3, pp. 266–277.
- Rozhkova G. I., Tokareva V. S. *Tablicy i testy dlya otsenki zritel'nykh sposobnostey* [Tables and tests for estimation of visual ability's]. Moscow, Gumanit. izd. centr VLADOS, 2001.
- Sazont'ev B. A. K voprosu o razvitii vospriyatija prostranstva i prostranstvennykh predstavleniy u doshkol'nikov. [About development of space perception and spatial representations of preschoolers]. *Problemy vospriyatija prostranstva i prostranstvennykh predstavlenij* [Problems of space perception and spatial representations]. Moscow, Izdatel'stvo akademii pedagogicheskikh nauk RSFSR, 1961, pp. 96–104.
- Tyler C. W., Clarke M. B. "The autostereogram". *Proceedings of the SPIE*, 1990, vol. 1256, pp. 182–197.

АНАЛИЗ ПОВЕДЕНЧЕСКИХ СТЕРЕОТИПОВ НА ОСНОВЕ ИДЕЙ КОЛМОГОРОВСКОЙ СЛОЖНОСТИ: ПОИСК ОБЩЕГО МЕТОДИЧЕСКОГО ПОДХОДА В ЭТОЛОГИИ И ПСИХОЛОГИИ

РЕЗНИКОВА Ж.И.*, *Институт систематики и экологии животных СО РАН, Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия,*
e-mail: zhanna@reznikova.net

ПАНТЕЛЕЕВА С.Н.**, *Институт систематики и экологии животных СО РАН, Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия,*
e-mail: psofia@mail.ru

ЛЕВЕНЕЦ Я.В.***, *Институт систематики и экологии животных СО РАН, Новосибирск, Россия,*
e-mail: jan.levenets@gmail.com

Исследование поведенческих стереотипов – область науки, в которой сходятся интересы этологии, поведенческой экологии, психологии. Мы предлагаем в качестве инструмента для количественного описания стереотипов разработанный недавно метод оценки сложности поведенческих последовательностей, основанный на применении колмогоровской сложности (Ryabko, Reznikova, Druzyaka, Panteleeva, 2013). Работая с этограммами как с «биологическим текстом», мы используем приближение к оценке колмогоровской сложности, которое получают с помощью алгоритмов сжатия данных. Оказалось, что поведенческие стереотипы у серых крыс при охоте на подвижную добычу характеризуются большей сложностью по сравнению со стереотипами при охоте на малоподвижную добычу. Они значительно длиннее и содержат меньше ключевых элементов и больше дополнительных и «шумовых», т. е. необязательных для завершения стереотипа и привнесенных гибким изменчивым поведением. Это показывает хорошую применимость нового метода анализа поведенческих «текстов» к выявлению закономерностей стереотипного поведения и его перспективность для формирования общего методического подхода в этологии и в психологии.

Ключевые слова: этология, психология, поведенческие стереотипы, охотничье поведение, крысы, теория информации, колмогоровская сложность, сжатие данных.

Постановка задачи

Сравнительная психология в России имеет славное прошлое, восходящее к фундаментальным трудам В. А. Вагнера и Н. Н. Ладыгиной-Котс и их последователей Н. Ю. Войтониса, Н. А. Тих, Г.З. Рогинского, К.Э. Фабри, Л. А. Фирсова (Мироненко, 2009). Будущее российской сравнительной психологии до сих пор туманно, но в последние годы намечаются пер-

Для цитаты:

Резникова Ж.И., Пантелеева С.Н., Левенец Я.В. Анализ поведенческих стереотипов на основе идей колмогоровской сложности: поиск общего методического подхода в этологии и психологии // Экспериментальная психология. 2014. Т. 7. № 3. С. 112–125.

* *Резникова Ж.И.* Доктор биологических наук, профессор, ведущий научный сотрудник, Институт систематики и экологии животных СО РАН, Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия. E-mail: zhanna@reznikova.net

** *Пантелеева С.Н.* Кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, Институт систематики и экологии животных СО РАН, Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия. E-mail: psofia@mail.ru

*** *Левенец Я.В.* Аспирант, Институт систематики и экологии животных СО РАН, Новосибирск, Россия. E-mail: jan.levenets@gmail.com



спективы развития этой науки на основе сравнительно-эволюционного подхода (Харитонов, 2013). Актуальной является задача развития методологии, применимой к анализу поведения разных биологических объектов. Данная статья является одним из первых шагов в этом направлении.

Исследование поведенческих стереотипов – область науки, в которой сходятся интересы этологии, поведенческой экологии, психологии и даже психиатрии. Дело в том, что формы поведения, которые для многих видов животных являются нормой, для человека в раннем возрасте могут находиться на грани нормы, а в более зрелом возрасте сигнализировать о патологии. К настоящему времени хорошо известно, что не существует надежных критериев, позволяющих разделить составляющие инстинкта и обучения в поведении животного, не прибегая для этого к специальным экспериментам (Bateson, Gluckman, 2011). Выученные цепочки действий у животных могут стать настолько рутинными и жестко повторяющимися, что по своим проявлениям напоминают цепочки инстинктивных действий (Резникова, Пантелеева, 2005). Еще в начале XX в. психиатры обратили внимание на то, что при некоторых психических заболеваниях люди избирают тактику навязчиво повторяющихся действий, напоминающих ритуализованное поведение животных (Berrios, 2011). Так, одна из характеристик, общая для разных форм аутизма, состоит в крайней ритуализации действий. Психиатры характеризуют такое поведение как стремление к повторению и предохраняющее поведение (Bishop, Richler, Lord, 2006).

Терминология, используемая для описания стереотипов, в психологии носит значительно более тревожный характер, чем в этологии, на каком бы языке ни публиковались исследования. В этологии под поведенческими стереотипами понимают поведенческие последовательности, состоящие из устойчиво повторяющихся элементов (Пантелеева, Данзанов, Резникова, 2010). От стереотипов отличаются стереотипии: повторяющиеся неизменные формы поведения, без очевидной цели и функции (Mason, 1991). Не только у людей, но и у животных стереотипии указывают на патологию в поведении. Они не встречаются у животных в естественной среде и характерны либо для специально выведенных генетических линий (Francis et al., 2003), либо для животных в неволе, причем, они настолько явно свидетельствуют о существенных недостатках в их содержании, что используются как диагностический признак (Broom, Johnson, 1993). Стереотипы, в отличие от стереотипий, не повторяются циклически; поведенческая цепочка имеет начало и завершение, однако, границы между этими формами поведения могут быть и размытыми.

Для задач, которые стоят перед биологами и психологами при описании поведения, необходимо иметь метод для выделения связанных элементов поведения и оценки «меры стереотипности». Выявление граней между стереотипами и стереотипиями важно для определения границ патологии в поведении, как животных, так и людей. Сравнение сложности поведенческих стереотипов может служить мерой для исследования размаха внутри- и межвидовой изменчивости поведения и, соответственно, видовой диагностики. Это особенно важно в зонах возможной гибридизации видов. Для исследования эволюционной преемственности поведения важно не только выделять ключевые элементы и их совпадение в стереотипах разных видов, но и степень их связности. Мы предлагаем в качестве инструмента для количественного описания стереотипов оценку сложности поведенческих последовательностей, основанную на применении идей, связанных с понятием колмогоровской сложности (Колмогоров, 1965). Применение идей теории информации до сих пор ограничивалось исследованием процессов коммуникации (McCowan,



но использовать достаточно часто повторяющиеся ситуации, соответствующие определенным сигналам (Резникова, 2008). Для того, чтобы вычленил стереотип из «этологического текста», можно использовать повторяющиеся цепочки элементов и установить их соответствие с конечной «целью», т. е. с завершающим актом. Метод оценки сложности нужен для того, чтобы вычленил из поведенческой цепочки минимальный стереотип, соответствующий ситуации, повторяющейся в жизни живого существа, и отделить его от дополнительных и «шумовых» элементов, которые привносятся гибким, изменчивым поведением.

В статье в качестве первого шага рассматривается охотничье поведение лабораторных серых крыс по отношению к насекомым, выбранное нами как достаточно яркое и выразительное. Мы анализируем наиболее изменчивую часть охотничьего стереотипа, связанную с обнаружением и преследованием жертвы, в двух ситуациях: охоты на подвижную и мало подвижную добычу.

Основные понятия, связанные со стереотипным поведением

К. Лоренц (Lorenz, 1932) впервые выделил видоспецифические модели поведения у птиц. Понятие о видовом (видотипическом) стереотипе поведения было введено А. Н. Промптовым (1940), также на примере птиц, обладающих богатым и демонстративным поведенческим репертуаром. К настоящему времени этологическая литература включает сотни работ, основанных на описании этограмм и выполненных на широком спектре видов, как позвоночных, так и беспозвоночных. Поскольку произошло некоторое размывание и взаимопроникновение терминов и понятий, мы предлагаем, прежде чем анализировать сложность стереотипного поведения, стандартизировать понятия и приемы, применяющиеся при анализе этограмм.

Для описания поведения мы в качестве элементарной единицы выделяем элементарные двигательные акты и позы (Tinbergen, 1951) – для краткости, «элементы поведения». Поведенческой последовательностью мы называем произвольный набор последовательно совершаемых элементов поведения. Примером высоко изменчивой поведенческой последовательности является поисковое поведение у многих видов животных. Устойчиво повторяющиеся «цепочки» элементов поведения выделяем в качестве поведенческих стереотипов. Проявление стереотипов в контексте поведения носит вероятностный характер: отдельные элементы могут выпадать или, наоборот, повторяться, они также могут быть «разбавлены» элементами поведения, не относящимися к данному стереотипу («шумом»). Фиксированным комплексом действий (ФКД) мы, вслед за этологами классической школы, называем генетически обусловленные последовательности поведенческих элементов, постоянные по составу и по порядку совершения (Зорина, Полетаева, Резникова, 1999). Примерами могут служить ФКД захвата добычи, спаривания, чистки тела. Стартуя по принципу «спускового крючка» в ответ на воздействие ключевого стимула, ФКД разворачивается как единая серия действий, вплоть до завершающего акта. ФКД отличается от стереотипа тем, что является неделимым: если старт состоялся, то ФКД дойдет до конца. Так, Лоренц (Lorenz, 1950), в ряду множества других ФКД, приводил в пример охотничье поведение скворца, которое разворачивалось в ответ на ключевой стимул (или даже «внутреннее раздражение») полностью автоматически, пусть и в отсутствие добычи. Возможен был и такой вариант: скворец ловил настоящую муху, но она выскальзывала, и он щелкал клювом вхолостую, а затем даже совершал глотательные движения.



Как стереотип, так и ФКД отличаются от поведенческой последовательности «связностью» своих элементов, т. е. более (для ФКД) или менее (для стереотипа) явно выраженной их взаимозависимостью. Примером стереотипного поведения, включающего в себя ФКД, может служить упорядоченное поведение личинки ручейника *Chaetopteryx villosa* при строительстве «домика» из песка и других частиц со дна водоема. В процессе строительства прикрепления частиц и продолжительные ощупывания повторяются сериями, одно за другим, во время остановок. Эти серии сменяются сериями повторяющихся отказов от частиц и кратких ощупываний во время передвижения (Непомнящих, 2004).

Как стереотипы, так и ФКД могут быть специфичными для вида. Классическим примером являются устойчивые последовательности элементов поведения при ухаживании и образовании пары у разных видов животных. Отметим, что поведенческие стереотипы могут включать элементы, основанные на приобретенном опыте, столь прочно «встроенные» в поведение индивида, что их трудно отличить от генетически детерминированных (Logenz, 1950). Если «доводка» стереотипов совершается в контексте однотипных «диалогов» между средой и представителями одного вида, то в итоге получается видотипический стереотип поведения.

Методы и материалы

Мы используем этограммы (т. е. запись поведенческих актов в виде букв некоего алфавита) как пример «биологического текста». В нашем случае алфавит – это весь набор элементарных поведенческих актов, характерный для изучаемых животных, а последовательность букв – демонстрируемое поведение. Мы используем приближение к оценке колмогоровской сложности, которое получают с помощью алгоритмов сжатия данных. Текст, сжатый архиватором, представляет собой некую «программу», которая затем при декодировании интерпретируется таким образом, что на выходе мы видим исходный текст. Эта «программа» и является достижимым приближением к колмогоровской минимальной программе (Рябко, Монарев, 2005; Ryabko et al., 2013). Хотя ранее оценивалась сложность различных, в том числе, и биологических «текстов» (Gusev, Nemytikova, Chuzhanova, 1999), идеи колмогоровской сложности к оценке сложности этограмм были применены лишь недавно (Пантелеева, Данзанов, Резникова, 2010; Reznikova, Panteleeva, Danzanov, 2012). В данной работе мы оцениваем сложность этограмм с помощью метода, разработанного Б.Я. Рябко для анализа биологических текстов на основе идей колмогоровской сложности и проверки статистических гипотез (Ryabko et al., 2013). Этот метод заключается в статистической проверке гипотезы H_0 (последовательности порождаются одним источником), против гипотезы H_1 (последовательности порождаются разными источниками, имеющими разную колмогоровскую сложность). Практически это можно сделать следующим образом: 1) из последовательностей, которые нужно сравнить, выбираются фрагменты ($x_1...x_t$) одинаковой длины t так, чтобы к получившимся выборкам можно было применить критерий Манна-Уитни (в каждой из выборок должно быть не менее трех значений признака, в выборочных данных не должно быть совпадающих значений или таких совпадений должно быть очень мало); 2) сложность каждого фрагмента определяется как $K(x_1...x_t) = |\varphi(x_1...x_t)| / t$, где φ – архиватор, а $|\varphi(x_1...x_t)|$ – длина сжатого архиватором фрагмента последовательности; 3) с помощью критерия Манна-Уитни проверяется гипотеза H_0 (между



уровнем сложности в рассматриваемых выборках нет существенного различия), против гипотезы H_1 (уровень сложности в рассматриваемых выборках существенно различается).

В данной работе мы применяем предложенный подход для описания охотничьего стереотипа крыс по отношению к подвижной (таракан) и малоподвижной (личинка мучного хрущака) добыче. Известно, что крысы активно охотятся на многих беспозвоночных и мелких позвоночных животных, а их охотничье поведение хорошо изучено (Ivanco, Pellis, Whishaw, 1996). Мы можем предположить, что охота на малоподвижную добычу более стереотипна (и более предсказуема), чем охота на подвижную.

Исследования проводились в 2012–2013 гг., в лабораторных условиях на группе ($n=100$) беспородных крыс (*Rattus norvegicus*). Животные содержались по две–три особи одного пола в двухъярусных клетках $45 \times 30 \times 50$ см с соблюдением светового режима (8 часов темноты) в зимнее время. Они имели свободный доступ к воде и пище.

Для наблюдения за процессом охоты крыс по одной помещали в прозрачную пластиковую арену $45 \times 45 \times 50$ см и передерживали в ней в течение 5 мин, после чего предъявляли добычу (бросали в арену сверху) и начинали фиксировать поведение с помощью видеокамеры. Тем особям, которые демонстрировали охотничье поведение в первом же тесте, последовательно предъявляли 3 единицы добычи. Наблюдения длились до завершения поедания добычи, либо, если охота была неуспешной, через 20 мин. Для анализа отбирались только случаи успешной охоты.

В первом эксперименте в качестве подвижной добычи предъявляли имаго мраморного таракана (*Nauphoeta cinerea*), средняя длина тела $27,93 \pm 0,22$ мм ($n=30$). Протестировано 81 животное (41 самок, 40 самцов), проведено 15 ч 47 мин видеонаблюдений. Во втором эксперименте предъявляли малоподвижную добычу – личинку мучного хрущака (*Tenebrio molitor*), средняя длина тела $23,68 \pm 0,40$ мм ($n=30$). Протестировано 29 животных (22 самки, 7 самцов), проведено 4 ч 43 мин видеонаблюдений. Обработка видеозаписей проводилась посекундно при помощи программы The Observer XT 10.0 (version: 10.1.548 Noldus Information Technology).

Для выделения элементов поведения мы использовали следующий протокол. Для головы (h), передних конечностей (fl), кистей передних конечностей (ha), туловища (c), задних конечностей (hl), челюстей (j) в сочетании с текущим движением (mv) выделены типичные состояния и обозначены числовыми индексами (табл. 1). При помощи этих индексов описывали наблюдаемые элементы поведения, состоящие из блоков локомоций и поз. Всего было выделено 15 элементов поведения (табл. 2). Общая последовательность хищнического поведения крыс, согласно нашим видеозаписям, включает: обнаружение добычи, преследование, укусы, манипуляцию с добычей и поедание. Элемент поведения «замирание» (C) использовался в случае, если животное во время охоты прекращало движение и проводило неподвижно более 3 с. Приближение крысы к добыче на расстояние, сопоставимое с размером таракана или мучного хрущака, а также целенаправленное преследование принималось как начало стереотипа. Окончанием полного (завершенного) охотничьего стереотипа считалось поедание добычи. Если крысе не удавалось схватить добычу или добыча вырывалась и убегала, а крыса теряла ее из виду, прекращая искать, констатировался конец незавершенного (неполного) стереотипа. Мы проанализировали только завершенные (полные) охотничьи стереотипы.



Таблица 1. **Индексы, используемые при описании элементов поведения крыс**

Части тела, движения	Состояние, поза			
	Голова (h)	Спокойное, выпрямленное (0)	Вытянута вперед (1)	Наклонена вниз (2)
Передние конечности (fl)	Спокойные, касаются земли (0)	Приподняты перед собой (1)	Вытянуты (2)	
Кисти передних конечностей (ha)	Спокойное, несжатое (0)	Сжаты в захвате (1)		
Туловище (c)	Спокойное, выпрямленное (0)	Вытянуто (1)	Сгорбленно (2)	Латерально изогнуто (3)
Задние конечности (hl)	Спокойные, касаются земли (0)	Вытянуты, касаются земли (1)		
Челюсти (j)	Спокойно сомкнуты (0)	Сжаты в захвате (1)		
Движение (mv)	Остановка (0)	Спокойный шаг (1)	Бег, рысь (2)	Поворот головы (3)
	Поворот корпуса на 90° (4)	Разворот на 180° (5)	Движение назад (6)	

Таблица 2. **Элементы поведения в охотничьих стереотипах крыс**

Символьное обозначение элемента	Элемент поведения	Набор индексов
Q	Бег, рысь	h-0 fl-0 ha-0 c-0 hl-0 j-0 mv-2
S	Спокойный шаг	h-0 fl-0 ha-0 c-0 hl-0 j-0 mv-1
W	Захват добычи зубами	h-1 fl-0 ha-0 c-1 hl-0 j-1 mv-0,1,2
E	Захват добычи передними лапами	h-0,1 fl-2 ha-1 c-0,1 hl-0 j-0 mv-0,1,2
R	Перехват добычи	h-0,2 fl-1 ha-1 c-2 hl-0 j-0 mv-0
H	Откусывание конечностей добычи	h-2 fl-1 ha-1 c-2 hl-0 j-0,1 mv-0
G	Перенос добычи	h-0 fl-0 ha-0 c-0 hl-0 j-1 mv-1,2
D	Принюхивание	h-0,1 fl-0,1 ha-0 c-0,1 hl-0 j-0 mv-1,2,3
C	Замирание	h-0 fl-0,1 ha-0,1 c-0,2 hl-0 j-0 mv-0
V	Поворот корпуса 90°	h-0,1 fl-0 ha-0 c-3 hl-0 j-0 mv-4
B	Разворот корпуса 180°	h-0,1 fl-0 ha-0 c-3 hl-0 j-0 mv-5
F	Поворот головы	h-0 fl-0,1 ha-0,1 c-0,2 hl-0,1 j-0 mv-0
Y	Стойка с поддержкой	h-0,1 fl-2 ha-0 c-1 hl-1 j-0 mv-0
U	Движение назад	h-0,2 fl-0,1 ha-0 c-2 hl-0 j-0 mv-6
X	Чистка	h-2 fl-1 ha-0 c-2 hl-0 j-0 mv-0

Используя полученный «алфавит» из 15 элементов, мы преобразовали отснятый видеоматериал в символьные последовательности, которые перемещали в отдельные текстовые файлы (с расширением txt). Завершенные поведенческие последовательности были объединены и перенесены через пробел в отдельные текстовые файлы. Получено 2 текстовых файла, один из которых содержал завершенные охотничьи стереотипы крыс при охоте на подвижную добычу, второй – завершенные стереотипы при охоте на малоподвижную добычу. Полученные текстовые файлы сжимались при помощи архиватора 7-zip с использованием метода сжатия



BZip2, после чего проводилась сравнительная оценка степеней сжатия полных и неполных охотничьих стереотипов. Под степенью сжатия мы понимаем отношение размера заархивированного файла к его исходному размеру. Степень сжатия тем меньше, чем лучше сжимается файл, и наоборот, чем хуже сжимается файл, тем степень сжатия больше. Различия в степени сжатия файлов отражают различия в сложности записанных в них поведенческих последовательностей. Оценивая сложность суммарных файлов последовательностей, необходимо, чтобы все текстовые документы были приведены к одному или максимально близким размерам. Для этого использовался специальный скрипт, который случайным образом удаляет целые (от пробела до пробела) поведенческие последовательности, приводя текстовый файл к определенному размеру. При сокращении из файла исключались стереотипы целиком, а не их части, т.е. итоговый файл составляли только целые стереотипы (как полные, так и неполные).

Для сравнения длин поведенческих последовательностей использовали критерий Стьюдента. Сравнение долей элементов в последовательностях производили при помощи критерия Хи-квадрат.

Результаты экспериментов

В первом эксперименте из 81 протестированной крысы 18 демонстрировали как полные, так и неполные охотничьи стереотипы, 23 – только полные и 13 – только неполные, остальные 27 животных не охотились. Во втором эксперименте из 29 крыс 2 показали наличие как полных, так и неполных охотничьих стереотипов, 21 – наличие только полных, 1 животное – только наличие неполных, и 5 крыс не охотились.

В полных стереотипах имеются различия в частотах встречаемости конкретных элементов (табл. 3).

Таблица 3. Соотношение различных элементов поведения в полных стереотипах

Элемент поведения	Доля элементов в суммарной последовательности, %	
	Охота на таракана	Охота на личинку мучного хрущака
Бег, рысь (Q)	3,39	0
Спокойный шаг (S)	3,72	17,03
Захват добычи зубами (W)	28,36	33,34
Захват добычи передними лапами (E)	33,03	28,26
Перехват добычи (R)	15,82	3,26
Откусывание конечностей добычи (H)	3,39	0
Перенос добычи (G)	2,33	3,62
Принюхивание (D)	0,67	9,78
Замирание (C)	0,26	0
Поворот корпуса 90° (V)	4,12	4,35
Разворот корпуса 180° (B)	2,99	0
Поворот головы (F)	0,47	0
Стойка с опорой на арену (Y)	0,36	0
Движение назад (U)	1,02	0,36
Чистка (X)	0,07	0



Все выделенные элементы мы разбили на три группы: ключевые (без которых совершение стереотипа невозможно), дополнительные («приготовления» к охоте и поеданию добычи присутствовали не во всех стереотипах) и «шум» (не влияющие на совершение стереотипа: остановки, повороты).

Начинался стереотип с приближения к добыче: бег (Q) или спокойный шаг (S) (в тех редких случаях, когда добыча сама приближалась к крысе слишком близко, охотничий стереотип мог начинаться без фазы преследования), затем следовало принюхивание (D), далее следовал захват добычи зубами (W). За ними следовал захват добычи передними лапами (E), после чего в случае охоты на малоподвижную добычу крыса приступала к поеданию добычи. В случае с подвижной добычей появлялся ряд дополнительных элементов: перехват добычи передними лапами (R), откусывание конечностей насекомого (H), за которым, как правило, следовал очередной перехват (R) и поедание добычи. Элементы следовали в следующем порядке: в случае малоподвижной добычи S-[D]-W-[G]-E, а в случае подвижной Q/S-[D]-W-[G]-E-[R]-[H]. В квадратных скобках указаны дополнительные элементы. Отдельные элементы (и блоки элементов), входящие в завершённый стереотип, могут повторяться. Например, повторяются захват добычи зубами с последующим захватом добычи лапами. Отметим, что подобная связка встречается часто и, как можно полагать, представляет ФКД.

Между ключевыми элементами могут быть необязательные составляющие («шум») – например, повороты и остановки. При этом принципиальная схема стереотипа не меняется (рис. 1).

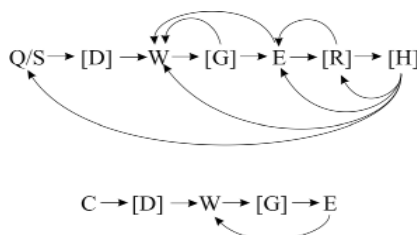


Рис. 1. Принципиальная схема охотничьего стереотипа крыс при охоте на подвижную (вверху) и неподвижную (внизу) добычу. Стрелками показаны переходы между элементами. В квадратных скобках указаны необязательные элементы и шум

Длина полных стереотипов у крыс, охотившихся на таракана, варьировала от 2 до 88 элементов (в среднем $22,08 \pm 1,67$), а у охотившихся на личинку мучного хрущака от 2 до 13 (в среднем $4,04 \pm 0,23$). Полные охотничьи стереотипы крыс при охоте на таракана достоверно длиннее стереотипов при охоте на личинку мучного хрущака ($p < 0,01$; $t = 8,052$). Поведенческие последовательности при охоте на личинку мучного хрущака содержали значительно больше ключевых элементов, чем при охоте на таракана (рис. 2) ($\chi^2 = 12,103$; $p < 0,005$).

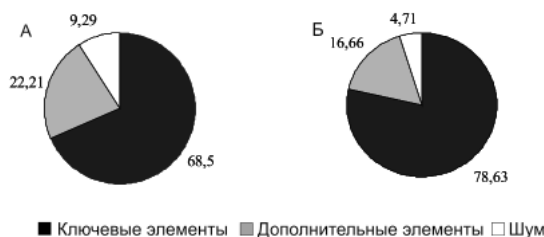


Рис. 2. Доли элементов в охотничьих стереотипах крыс при охоте на подвижную (А) и малоподвижную (Б) добычу



Из двух полученных совокупностей поведенческих последовательностей были сформированы по пять текстовых файлов, которые содержали полные охотничьи стереотипы крыс. Полученные файлы сжимались архиватором, после чего вычислялись степени сжатия (табл. 4). Текстовые файлы, содержащие охотничьи стереотипы крыс при охоте на малоподвижную добычу, сжимаются лучше, чем файлы, содержащие стереотипы при охоте на подвижную добычу ($U_{эмп} = 0$, $U_{крит} = 1$ $p \leq 0,01$).

Таблица 4. Степени сжатия случайно сформированных файлов, содержащих фрагменты последовательностей

Показатель	Размер файла до сжатия, байт	Размер файла после сжатия, байт	Степень сжатия, %
Текстовые файлы, содержащие случайные фрагменты полных охотничьих стереотипов при охоте на таракана	248	147	0,5927
	249	146	0,5863
	250	152	0,608
	250	151	0,604
	249	151	0,6064
Текстовый файл, содержащий случайные фрагменты полных охотничьих стереотипов при охоте на личинку мучного хрущака	250	108	0,432
	250	101	0,404
	249	110	0,4418
	249	111	0,4458
	248	107	0,4315

Заключение

Таким образом, мы, в качестве первого шага к анализу стереотипного поведения в широком контексте этологических и психологических задач, создали экспериментальную модель, применив новый метод оценки сложности поведенческих «текстов» (Ryabko et al., 2013) к достаточно выразительному хищническому поведению хорошо изученного вида грызунов. Выявив «словари» для двух типов такого поведения у крыс – при их охоте на подвижную и малоподвижную добычу – мы затем на большом видеоматериале применили сжатие двух типов «текстов» с помощью архиваторов и сравнили их сложность. Это дало возможность вычленив из поведенческой цепочки базовый минимальный стереотип и отделить его от дополнительных и «шумовых» элементов, которые привносятся гибким, изменчивым поведением. В нашем случае оказалось, что поведенческие стереотипы у крыс при охоте на подвижную добычу характеризуются большей сложностью по сравнению со стереотипами при охоте на малоподвижную добычу. Они значительно длиннее и содержат меньше ключевых элементов и больше дополнительных и «шумовых», т. е. необязательных для завершения стереотипа и привнесенных гибким изменчивым поведением.

Исследуя хищническое поведение крыс, мы использовали цепочки элементов, естественным образом повторяющиеся в жизни живого существа, и установили их соответствие с конечной «целью», т. е. с завершающим актом. Сопоставление сложности стереотипов крыс при охоте на подвижную и малоподвижную добычу показало хорошую применимость метода анализа поведенческих «текстов», основанного на идеях колмогоровской сложности, к выявлению закономерностей стереотипного поведения и его перспективность для формирования общего методического подхода в этологии и в психологии.

Финансирование

Работа поддержана грантом Российского научного фонда, проект № 14-14-00603.



Литература

- Зорина З.А., Поletaева И.И., Резникова Ж.И. Основы этологии и генетики поведения. М.: МГУ, 1999. 383 с.
- Колмогоров А.Н. Три подхода к определению количества информации // Проблемы передачи информации. 1965. Т. 1. № 1. С. 3–11.
- Мироненко И.А. О прошлом, настоящем и будущем российской сравнительной психологии // Методология и история психологии. 2009. Т. 4. Вып. 2. С. 45–58.
- Непомнящих В.А. Как животные решают плохо формализуемые задачи поиска // Синергетика и психология: Вып. 3: Когнитивные процессы / Ред. В.И. Аршинов, И.Н. Трофимова, В.А. Шендяпин М.: Когито-Центр, 2004. С. 197–209.
- Пантелеева С.Н., Данзанов Ж.А., Резникова Ж.И. Оценка сложности поведенческих стереотипов у муравьев на примере анализа охотничьего поведения *Mutmica rubra* (Hymenoptera, Formicidae) // Зоологический журнал. 2010. Т. 89. № 12. С. 500–509.
- Промттов А.Н. Видовой стереотип поведения и его формирование у диких птиц // Докл. АН СССР. 1940. Т. 27. № 2. С. 171–175.
- Резникова Ж.И. Когнитивное поведение животных, его адаптационная функция и закономерности формирования // Вестник НГУ. Серия: Психология. 2009. Т. 3. № 2. С. 53–68.
- Резникова Ж.И. Современные подходы к изучению языкового поведения животных // Разумное поведение и язык. Коммуникативные системы животных и язык человека. М.: «Языки славянских культур», 2008. С. 293–337.
- Резникова Ж.И., Пантелеева С.Н. Экспериментальное исследование формирования охотничьего поведения в онтогенезе муравьев // Доклады Академии наук. 2005. Т. 401. № 1. С. 139–141.
- Рябко Б.Я., Монарев В.А. Экспериментальное исследование методов прогнозирования, базирующихся на алгоритмах сжатия данных // Проблемы передачи информации. 2005. Т. 41. № 1. С. 75–78.
- Харитонов А.Н. Эволюционная и сравнительная психология в России: традиции и перспективы // М.: Институт психологии РАН. 2013. 432 с.
- Bateson P., Gluckman P. Plasticity, Robustness, Development and Evolution. Cambridge: Cambridge University Press, 2011. 166 p.
- Berrios G.E. Eugen Bleuler's Place in the History of Psychiatry // Schizophrenia Bulletin. 2011. Vol. 37. P. 1095–1098.
- Bishop S.L., Richler J., Lord C. Association between restricted and repetitive behaviors and nonverbal IQ in children with autism spectrum disorders // Child Neuropsychol. 2006. Vol. 12. P. 247–267.
- Broom D.M., Johnson K.G. Stress and Animal Welfare. Dordrecht: Kluwer (formerly Chapman and Hall), 1993. 211 p.
- Francis D.D., Szegda K., Campbell G., Martin W.D., Inse T.R. Epigenetic sources of behavioral differences in mice // Nature Neuroscience. 2003. Vol. 6. P. 445–446.
- Gusev V.D., Nemytikova L.A., Chuzhanova N.A. On the complexity measures of genetic sequences // Bioinformatics. 1999. Vol. 15. № 12. P. 994–999.
- Ivanco T.L., Pellis S.M., Whishaw I.Q. Skilled forelimb movements in prey catching and in reaching by rats (*Rattus norvegicus*) and opossums (*Monodelphis domestica*): relations to anatomical differences in motor systems // Behavioural Brain Research. 1996. Vol. 79. № 1. P. 163–181. DOI 10.1016/0166-4328(96)00011-3.
- Lorenz K. Betrachtungen über das Erkennen derartigen Triebhandlungen der Vögel // J. für Ornithologie. 1932. Vol. 80. P. 50–98.
- Lorenz K. The comparative method in studying innate behaviour patterns // Symposium of the Society of Experimental Biology. 1950. Vol. 4. P. 221–268.
- Mason G.J. Stereotypes: a critical review // Animal Behaviour. 1991. Vol. 41. P. 1015–1037.
- McCowan B., Doyle L.R., Hanser S.F. Using information theory to assess the diversity, complexity, and development of communicative repertoires // Journal of Comparative Psychology. 2002. Vol. 116. № 2. P. 166–172.



Oller D.K., Griebel U. Evolution of Communicative Flexibility: Complexity, Creativity, and Adaptability in Human and Animal Communication. Cambridge: MIT Press, 2008. P. 305–325.

Reznikova Zh.I. Dialog with black box: using Information Theory to study animal language behaviour // *Acta ethologica*. 2007. Vol. 10. № 1. P. 1–12.

Reznikova Zh., Panteleeva S., Danzanov Zh. A new method for evaluating the complexity of animal behavioral patterns based on the notion of Kolmogorov complexity, with ants' hunting behavior as an example // *Neurocomputing*. 2012. Vol. 84. P. 58–64. DOI 10.1016/j.neucom.2011.12.019.

Ryabko B., Astola J., Gammerman A. Application of Kolmogorov complexity and universal codes to identity testing and nonparametric testing of serial independence for time series // *Theoretical Computer Science*. 2006. Vol. 359. P. 440–448.

Ryabko B., Reznikova Zh. The use of ideas of information theory for studying “language” and intelligence in ants // *Entropy*. 2009. Vol. 11. P. 836–853.

Ryabko B., Reznikova Zh., Druzyaka A., Panteleeva S. Using Kolmogorov complexity for studying biological texts // *Theory of Computing Systems*. 2013. Vol. 52. № 1. P. 1–17. DOI 10.1007/s00224-012-9403-6.

Tinbergen N. The Study of Instinct. London: Oxford University Press, 1951. 228 p.

Whishaw I.Q., Kolb B. The Behavior of the Laboratory Rat: A Handbook with Tests. Oxford, England: Oxford University Press, 2005. 560 p.

ANALYSIS OF BEHAVIORAL PATTERNS BASED ON THE IDEAS OF KOLMOGOROV COMPLEXITY: A SEARCH FOR A COMMON METHODOLOGICAL APPROACH IN ETHOLOGY AND PSYCHOLOGY

REZNIKOVA J.I.*, Institute of Animal Systematics and Ecology, SB RAS, Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia,
e-mail: zhanna@reznikova.net

PANTELEEVA S.N.** , Institute of Animal Systematics and Ecology, SB RAS, Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia,
e-mail: psofia@mail.ru

LEVENETS Y.V.***, Institute of Animal Systematics and Ecology, SB RAS, Novosibirsk, Russia,
e-mail: jan.levenets@gmail.com

Studying of behavioural stereotypes is within the fields of ethology and psychology. As a tool for quantitative description of stereotypes we suggest the newly elaborated method based on ideas of Kolmogorov complexity (Ryabko, Reznikova, Druzyaka, Panteleeva, 2013). For the analysis of ethograms as a biological «texts», we use the method of data compression. We compared hunting stereotypes in Norway

For citation:

Reznikova J.I., Panteleeva S.N., Levenets Y.V. Analysis of behavioral patterns based on the ideas of Kolmogorov complexity: a search for a common methodological approach in ethology and psychology. *Экспериментальная психология = Experimental Psychology (Russia)*, 2014, vol. 7, no. 3, pp. 112–125 (In Russ., abstr. in Engl.).

* Reznikova J.I., Dr. Sci. (Biology), Professor, Senior Research Associate, Institute of Animal Systematics and Ecology, SB RAS, Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia. E-mail: zhanna@reznikova.net

** Panteleeva S.N. Ph.D. (Biology), Senior Research Associate, Institute of Animal Systematics and Ecology, SB RAS, Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia. E-mail: psofia@mail.ru

*** Levenets Y.V. Postgraduate Student, Institute of Animal Systematics and Ecology, SB RAS, Novosibirsk, Russia. E-mail: jan.levenets@gmail.com



rats towards agile and slow-moving prey. In the first case the stereotypes are much longer and they contain less key elements and more secondary and «noise» elements. This demonstrate the new method as relevant for the analysis of biological «texts», for searching regularities in stereotypic behaviour and for development of joint methods in ethology and psychology.

Keywords: ethology, psychology, behavior, hunting behavior, rats, information theory, Kolmogorov complexity, data compression.

Funding

The study was supported by the Russian Scientific Foundation, project № 14-14-00603.

References

- Bateson P., Gluckman P. *Plasticity, Robustness, Development and Evolution*. Cambridge, Cambridge University Press, 2011. 166 p.
- Berrios G.E. Eugen Bleuler's Place in the History of Psychiatry. *Schizophrenia Bulletin*, 2011, vol. 37, pp. 1095–1098.
- Bishop S. L., Richler J., Lord C. Association between restricted and repetitive behaviors and nonverbal IQ in children with autism spectrum disorders. *Child Neuropsychology*, 2006, vol. 12, pp. 247–267.
- Broom D.M., Johnson K. G. *Stress and Animal Welfare*. Dordrecht, Kluwer (formerly Chapman and Hall), 1993. 211 p.
- Francis D. D., Szegda K., Campbell G., Martin W. D., Inse T. R. Epigenetic sources of behavioral differences in mice. *Nature Neuroscience*, 2003, vol. 6, pp. 445–446.
- Gusev V. D., Nemytikova L. A., Chuzhanova N. A. On the complexity measures of genetic sequences. *Bioinformatics*, 1999, vol. 15, no. 12, pp. 994–999.
- Ivanco T. L., Pellis S. M., Whishaw I. Q. Skilled forelimb movements in prey catching and in reaching by rats (*Rattus norvegicus*) and opossums (*Monodelphis domestica*): relations to anatomical differences in motor systems. *Behavioural Brain Research*, 1996, vol. 79, no. 1, pp. 163–181. DOI 10.1016/0166-4328(96)00011-3.
- Kharitonov A. N. *Evoljucionnaya i sravnitel'naya psikhologiya v Rossii: traditsii i perspektivy [Evolutionary and comparative psychology in Russia: traditions and perspectives]*. Moscow, Publ. Institut psikhologii RAN, 2013. 432 p. (In Russ.).
- Kolmogorov A. N. Tri podkhoda k opredeleniyu kolichestva informatsii [Three approaches to determine the amount of information]. *Problemy peredachi informatsii [Problems of Information Transmission]*, 1965, vol. 1. no. 1, pp. 3–11 (In Russ.).
- Lorenz K. Betrachtungen über das Erkennen derartigen Triebhandlungen der Vögel. *J. für Ornithologie*, 1932, vol. 80, pp. 50–98.
- Lorenz K. The comparative method in studying innate behaviour patterns. *Symposium of the Society of Experimental Biology*, 1950, vol. 4, pp. 221–268.
- Mason G. J. Stereotypes: a critical review. *Animal Behaviour*, 1991, vol. 41, pp. 1015–1037.
- McCowan B., Doyle L. R., Hanser S. F. Using information theory to assess the diversity, complexity, and development of communicative repertoires. *Journal of Comparative Psychology*, 2002, vol. 116, no. 2, pp. 166–172.
- Mironenko I. A. O proshlom, nastoyashchem i budushchem rossijskoi sravnitel'noi psikhologii [On the past, present and future of the Russian comparative psychology]. *Metodologiya i istoriya psikhologii [Methodology and history of psychology]*, 2009, vol. 2, pp. 45–58 (In Russ.).
- Nepomnyashchikh V. A. Kak zhivotnye reshayut plokh formalizuemye zadachi poiska [How animals decide poorly formalized search problem]. In Arshinov V. I., Trofimova I. N., Shendyapin V. A. (eds.), *Sinergetika i psikhologiya: Teksty. Vypusk 3: Kognitivnye protsessy [Synergetics and Psychology: General. Issue 3: Cognitive Processes]*. Moscow, Kogito-Tsentr Publ., 2004, pp. 197–209 (In Russ.).
- Oller D. K., Griebel U. *Evolution of Communicative Flexibility: Complexity, Creativity, and Adaptability in Human and Animal Communication*. Cambridge, MIT Press, 2008, pp. 305–325.



- Panteleeva S.N., Danzanov Zh.A., Reznikova Zh.I. Otsenka slozhnosti povedencheskikh stereotipov u murav'ev na primere analiza okhotnich'ego povedeniya *Myrmica rubra* (Hymenoptera, Formicidae) [Assessment of behavioral complexity in ants on the example of hunting behavior *Myrmica rubra* (Hymenoptera, Formicidae)]. *Zoologicheskii zhurnal [Russian Journal of Zoology]*, 2010, no. 12, pp. 500–509 (In Russ.).
- Promptov A.N. Vidovoi stereotip povedeniia i ego formirovanie u dikikh ptits [The stereotypic pattern of behavior and its formation in wild birds]. *Doklady Akademii nauk [Reports of USSR Academy of Sciences]*, 1940, vol. 27, no. 2, pp. 171–175. (In Russ.).
- Reznikova Zh.I. Dialog with black box: using Information Theory to study animal language behavior. *Acta ethologica*, 2007, vol. 10, no. 1, pp. 1–12.
- Reznikova Zh., Panteleeva S., Danzanov Zh. A new method for evaluating the complexity of animal behavioral patterns based on the notion of Kolmogorov complexity, with ants' hunting behavior as an example. *Neurocomputing*, 2012, vol. 84, pp. 58–64. DOI 10.1016/j.neucom.2011.12.019.
- Reznikova Zh. I. Kognitivnoe povedenie zhitovnykh, ego adaptatsionnaya funktsiya i zakonomernosti formirovaniya [Cognitive behavior of animals, its adaptive function and patterns of formation]. *Vestnik NGU. Seriya: Psikhologiya [Vestnik NSU: Psychology]*, 2009, vol. 3, no. 2, pp. 53–68 (In Russ.).
- Reznikova Zh.I. Sovremennye podkhody k izucheniyu yazykovogo povedeniya zhitovnykh [Modern approaches to the study of language behavior of animals]. *Sbornik "Razumnoe povedenie i yazyk. Kommunikativnye sistemy zhitovnykh i yazyk cheloveka" [Language and Reasoning. Communication systems of animals and human language]*. Moscow, "Yazyki slavyanskikh kul'tur" Publ., 2008. Pp. 293–337. (In Russ.).
- Reznikova Zh. I., Panteleeva S.N. Eksperimental'noe issledovanie formirovaniya okhotnich'ego povedeniya v ontogeneze murav'ev [Experimental study of the formation of hunting behavior in the ontogeny of ants]. *Doklady Akademii nauk [Reports of Russian Academy of Sciences]*, 2005, no. 1, pp. 139–141 (In Russ.).
- Ryabko B., Astola J., Gammerman A. Application of Kolmogorov complexity and universal codes to identity testing and nonparametric testing of serial independence for time series. *Theoretical Computer Science*, 2006, vol. 359, pp. 440–448.
- Ryabko B., Reznikova Zh. The use of ideas of information theory for studying "language" and intelligence in ants. *Entropy*, 2009, vol. 11, pp. 836–853.
- Ryabko B., Reznikova Zh., Druzyaka A., Panteleeva S. Using Kolmogorov complexity for studying biological texts. *Theory of Computing Systems*, 2013, vol. 52, no. 1, pp. 1–17. DOI 10.1007/s00224-012-9403-6.
- Ryabko B. Ya., Monarev V.A. Eksperimental'noe issledovanie metodov prognozirovaniya, baziruyushchikhsya na algoritmakh szhatiya dannykh [Experimental Investigation of Forecasting Methods Based on Data Compression Algorithms]. *Problemy peredachi informatsii [Problems of Information Transmission]*, 2005, Vol. 41, no. 1, pp. 75–78 (In Russ.).
- Tinbergen N. The Study of Instinct. *London: Oxford University Press*, 1951. P. 228.
- Whishaw I.Q., Kolb B. The Behavior of the Laboratory Rat: A Handbook with Tests. *Oxford, England: Oxford University Press*, 2005. P. 560.
- Zorina Z. A., Poletaeva I. I., Reznikova Zh. I. Osnovy etologii i genetiki povedeniya [Basics of ethology and behavioral genetics]. Moscow: Lomonosov Moscow State University, 1999, p. 383 (In Russ.).

ЭКСПЕДИЦИОННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КОГНИТИВНО-КОММУНИКАТИВНЫХ ПРОЦЕССОВ У ТУВИНЦЕВ-ТОДЖИНЦЕВ

САМОЙЛЕНКО Е.С.*, *Институт психологии РАН, Центр экспериментальной психологии МГППУ, Москва, Россия,*
e-mail: elena.samoylenko@gmail.com

НОСУЛЕНКО В.Н.**, *Институт психологии РАН, Центр экспериментальной психологии МГППУ, Москва, Россия,*
e-mail: valery.nosulenko@gmail.com

В статье дается описание пилотажного исследования восприятия и оценки эмоционально окрашенных звуков, выполненного в рамках экспедиции в Тоджинский район Республики Тува. Одной из задач экспедиции являлась оценка возможности проведения экспериментальных исследований с использованием инструментальных методов, применяемых обычно в лабораторных условиях. Научная проблема исследования заключалась в выявлении эмоционального отношения жителей этого района к звукам окружающей среды. Исследование реализовывалось в рамках парадигмы «воспринимаемого качества». Было проведено две серии экспериментов. В первой серии из предварительно выбранного набора выявлялись звуки, которые в наибольшей степени связываются при восприятии с той или иной эмоцией. Во второй серии проводилась оценка предметной отнесенности воспринимаемых звуков и выявлялись составляющие их воспринимаемого качества, характеризующие, прежде всего, их эмоциональную окрашенность. В результате были получены эмпирические данные, позволяющие определить специфику восприятия этих звуков и сравнить ее с данными, полученными в других регионах. Дается также описание ряда организационных решений, необходимых для обеспечения поставленных в экспедиции задач.

Ключевые слова: восприятие, вербальная коммуникация, акустическая среда, эксперимент, экспедиция, Тува.

Введение

В июле-августе 2013 г. была организована экспедиция в Республику Тува, одной из задач которой являлась оценка возможности проведения в экспедиционных условиях экспериментальных исследований с использованием инструментальных методов, применяемых обычно в лабораторных условиях.

Центральная научная проблема проведенного исследования заключается в определении совокупности тех факторов внешней среды, которые наиболее значимы для обитающего в этой среде субъекта. Речь идет о выявлении «воспринимаемого качества» объектов и событий среды, в котором отражается как содержание субъективно значимых составляю-

Для цитаты:

Самойленко Е.С., Носуленко В.Н. Экспедиционное исследование когнитивно-коммуникативных процессов у тувинцев-тоджинцев // Экспериментальная психология. 2014. Т. 7. № 3. С. 126–136.

* *Самойленко Е.С.* Доктор психологических наук, старший научный сотрудник, Институт психологии РАН, Центр экспериментальной психологии МГППУ, Москва, Россия. E-mail: elena.samoylenko@gmail.com

** *Носуленко В.Н.* Доктор психологических наук, главный научный сотрудник, Институт психологии РАН, Центр экспериментальной психологии МГППУ, Москва, Россия. E-mail: valery.nosulenko@gmail.com



щих среды, так и отношение к ним самого субъекта (Носуленко, 2007). Эти характеристики существенно зависят от социокультурного контекста, в котором находится человек, от обычного и профессионального опыта конкретного индивида, его образования, принадлежности к социальной или этнической группе и т.п. И в этом смысле этнические группы, сохранившие и поддерживающие традиционный способ жизни и хозяйствования, представляют особый интерес, поскольку именно в таких группах может проявиться иной способ «восприятия» и «понимания» характеристик окружающей их среды, по сравнению с этносами, интенсивно включенными в глобальные процессы изменения среды. Во многом это объясняется различиями в степени проникновения информационных и коммуникационных технологий в повседневную жизнь представителей данных групп. Под влиянием такого технологического опосредования когнитивные и коммуникативные процессы эволюционируют и трансформируются (Лалу, Носуленко, Самойленко, 2007; Носуленко, 2013). Подобные трансформации вызывают изменения и на уровне потребностей и целей в деятельности человека. Поэтому особую актуальность приобретает оценка позитивных и негативных тенденций обнаруживаемых изменений, а также выявление их связи с другими факторами, определяющими изучаемую социокультурную специфику.

Важной составляющей естественного окружения человека является акустическая среда, в которой за последние десятилетия произошли существенные изменения, связанные с технологическим прогрессом. Свойства современной акустической среды все больше становятся зависимыми от деятельности человека. В ее составе постоянно появляются новые звуки, которые, например, сопровождают работу технических устройств, являются результатом компьютерного синтеза или следствием изменений, вносимых системами звукозаписи и звукопередачи. Средства преобразования звука настолько глубоко проникли в повседневную жизнь человека, что без них немыслимо представление об окружении человека в современном мире (Носуленко, 1998, 2007, 2013).

Парадигма «воспринимаемого качества» в исследовании изменений акустической среды

Анализ характеристик акустической среды осуществляется нами в рамках исследовательской парадигмы «воспринимаемого качества», направленной на выявление тех свойств среды, которые детерминируют качественную определенность ее составляющих для человека (Носуленко, 2007). В динамических ситуациях повседневной жизни невозможно заранее определить изменения в параметрах среды с целью выявления соответствующих им изменений в восприятии у человека (как это делается в традиционном эксперименте). Поэтому на первый план выходит задача выявления совокупности наиболее значимых, «сущностных» для конкретного субъекта свойств предметов или событий. Эту совокупность свойств мы называем «воспринимаемым качеством». Все предметы или события, обладающие некоторой совокупностью свойств, идентифицируются субъектом как относящиеся к одной и той же качественной категории (например, «карандаш»), в рамках которой возможны количественные различия по ряду свойств (например, по «длине», по «твердости», по «цвету» или по «приятности» использования). Исследовательская парадигма направлена на оценку количественного соотношения между качественными составляющими воспринимаемого качества. В этом смысле воспринимаемое качество становится «измерительным инструментом» эмпирического исследования, позволяющим оценивать предметы



и события среды с точки зрения отношения к ним субъекта. Процесс «измерения» составляющих воспринимаемого качества обеспечивается системой методов, в основе которой лежит метод индуктивного анализа вербализаций, продуцируемых человеком при характеристике и сравнении воспринимаемых событий (Носуленко, Самойленко, 1995, 2012; Самойленко, 2010; Nosulenko, Samoylenko, 1997, 2011). Многочисленные инструментальные процедуры, позволяющие учитывать невербальное поведение людей и включенность контекста, дают возможность количественно-качественной интерпретации получаемых в исследовании данных.

Анализ проблемы формирования звуков современной акустической среды с позиции воспринимаемого качества ее источников показал, что современные технологии предполагают участие многочисленных субъектов, вносящих собственные представления в окончательный продукт, предлагаемый слушателю. Они осуществляют коммуникацию друг другу и слушателю собственного воспринимаемого качества исходного звукового события. В результате воспринимаемое качество этого события, возникающее у слушателя, оказывается зависимым от воспринимаемых качеств, на основании которых разработчик звуковой техники определял ее параметры, звукорежиссер формировал звуковую картину, а инженер создавал соответствующую акустику. Действия этих участников формирования событий акустической среды практически независимы. Они распределены во времени и в пространстве, но вместе образуют акустическое событие, которым определяется воспринимаемое качество акустической среды для массы слушателей. Т.е. характеристики воспринимаемого качества акустической среды для массы слушателей становятся зависящими от небольшой группы специалистов, создающих звуковой продукт. При этом конечному слушателю отведена пассивная роль.

Одной из групп характеристик, входящих в состав воспринимаемого качества акустического события, являются признаки, характеризующие эмоциональное отношение человека к воспринимаемому объекту или событию (Высочил, 2010; Высочил, Носуленко, Старикова, 2011; Носуленко, 1988, 2007). Поэтому представляется целесообразным изучение воспринимаемого качества одних и тех же звуков, сформированного у людей, в разной степени подверженных технологическим преобразованиям среды. Главный интерес направлен на обнаружение тех факторов в восприятии акустических событий, которые в широком смысле можно отнести к эмоциональным проявлениям, включая оценочные суждения «нравится – не нравится». Т.е. речь идет об эмоциональном отношении как об одной из составляющих воспринимаемого качества, определяющей, наряду с другими составляющими, предпочтения и оценку конкретного акустического события.

Мы исходили из предположения, что в окружающей акустической среде существуют звуковые события, различающиеся степенью и типом их эмоционального воздействия на человека. Анализ воспринимаемого качества таких событий позволяет выявлять их содержание и отношение к ним воспринимающего субъекта, в том числе и эмоциональное отношение. В этом плане можно разделить акустические события по типу и степени их «эмоциональной окрашенности». Если в составе воспринимаемого качества, выявленном эмпирическими методами, отсутствует какая-либо эмоциональная характеристика (или она статистически слабо представлена), то условно можно считать, что данное акустическое событие в данных условиях восприятия не является эмоционально окрашенным (Высочил, Носуленко, Старикова, 2011). В ситуации присутствия некоторых эмоциональных составляющих в описании воспринимаемого качества акустического события становится возможным говорить о содержании этих составляющих и об их количественной представленности сре-



ди других составляющих (Носуленко, 2007). А результат такого анализа позволяет дифференцировать существующие в окружении человека звуки по характеру их возможного эмоционального воздействия на человека.

Организация экспедиционного исследования

Экспедиционное исследование было организовано на территории Тоджинского кожууна (района) Республики Тува. Этот регион характеризуется относительной географической и инфраструктурной изолированностью от центральных районов Республики Тува и Европейской части России, с одной стороны, и архаическим образом жизни современных тувинцев-тоджинцев, с другой стороны. Тоджинцы представляют особую этническую группу тувинцев; они имеют свой собственный диалект тувинского языка и традиционные хозяйственную деятельность и быт (охота, оленеводство и кочевание), проживают в особой экологической нише. Данная этническая подгруппа относится к малочисленным народам Севера и не превышает 5000 человек при их компактном проживании в Тоджинской таежной котловине, обрамленной Западным и Восточным Саяном. В значительной степени она защищена от проникновения современных информационных и коммуникационных технологий (сотовая связь, интернет и отчасти телевидение). Это позволяет ожидать, что воспринимаемое качество среды у жителей этого региона будет характеризоваться определенной спецификой, в сравнении с воспринимаемым качеством среды, сформировавшемся у жителей, например, Московского региона.

Одной из важных задач экспедиции было проверить саму возможность организации экспериментального исследования эмоционального восприятия звуков окружающей среды. Сложность такой организации связана, во-первых, с достаточно жесткими требованиями проведения психоакустического эксперимента: необходимость обеспечения акустических условий (относительная звуковая изолированность помещения, в котором проводится эксперимент; установка предъявляющего и регистрирующего оборудования соответствующего качества и т.д.). Во-вторых, существует сложность, определяющаяся удаленностью изучаемого региона и отсутствием дорог. В-третьих, необходимо было организовать автономное энергообеспечение, в связи с отсутствием в регионе централизованного электроснабжения. В-четвертых, требовалось обеспечить перевод инструкций для эксперимента и включение их в экспериментальную программу.

Эмпирическое исследование

Ранее было показано, что эмоциональная составляющая воспринимаемого качества акустического события связана с предметной идентификацией этого события (Высочил, Носуленко, 2012). Поэтому при выборе стимульного материала и организации экспериментальной процедуры существенное внимание уделялось анализу особенностей идентификации участниками источника звука.

1. Стимульный материал

В экспериментах использовались эмоционально окрашенные звуки, выбранные в соответствии с процедурой, разработанной Н. А. Высочил (2010). Эта процедура включала опрос 307 респондентов – студентов московских вузов. В результате опроса выяснялись мнения относительно встречающихся в их жизни звуков, вызывающих определенные эмоции. Анализ полученных данных позволял определить группы звуков соответствующих категорий. Затем для каждой категории подбирались наиболее часто упоминаемые респондентами звуки.



В нашем исследовании использовались 8 категорий звуков, вызывающих, в соответствии с данными опроса, эмоции «гнева», «интереса», «отвращения», «радости», «страдания», «страха», «стыда» и «удивления». Для каждой эмоции было выбрано по три разных звука, в соответствии с табл. 1.

Таблица 1. Звуки, использованные для экспериментов

Название эмоции	Звук 1	Звук 2	Звук 3
«гнев»	«забивание гвоздя» (в стену со стороны соседней квартиры забивается гвоздь)	«мужской храп»	«скрип двери»
«интерес»	«звук игрового автомата» (нерегулярный набор ударов, щелчков и т.п.)	«тропический лес» (шум ветра, деревьев, звуки экзотических животных и т.п.)	«космос» (синтезированные звуки, нет аналога в природе)
«отвращение»	«скрежет металла по стеклу»	«чавканье»	«рвота»
«радость»	«аплодисменты» (на фоне шума большого зала и радостных выкриков)	«пение птиц» (запись утренних звуков в лесу)	«детский смех»
«страдание»	«завывание ветра» (монотонный звук ветра за окном)	«женский плач»	«мужской крик» (крик в результате неожиданной боли)
«страх»	«автомобильная авария» (звуки столкнувшихся автомобилей, бьющегося стекла и т.п.)	«рычание льва»	«взрыв» (звук мощного взрыва, сильное эхо)
«стыд»	«мужская отрыжка»	«женский оргазм»	«пуканье»
«удивление»	«падающие камни» (звуки камней, падающих в пещере)	«космос» (синтезированные звуки, нет аналога в природе)	«счетчик» (звук аппарата, считающего денежные купюры)

Один из звуков («космос») оказался общим для эмоций «интерес» и «удивление». Таким образом, для составления стимульной программы были выбраны записи 23-х акустических событий, длительностью от одного до семи секунд. Предъявление звуков осуществлялось непосредственно с компьютера при помощи наушников.

2. Процедура

Экспериментальное исследование включало 2 серии.

В первой серии выявлялись звуки, которые в наибольшей степени связываются при восприятии с той или иной эмоцией.

Участнику предъявлялись в случайном порядке пары эмоционально окрашенных акустических событий, составленные из 23-х акустических событий (табл. 1), всего 48 пар. Управление экспериментом осуществлялось при помощи специальной компьютерной программы, которая обеспечивала предъявление звуков, визуализацию на экране инструкций и регистрацию ответов участников. Весь диалог велся на тувинском языке.

Вначале эксперимента предъявлялась общая инструкция (в переводе на тувинский язык) следующего содержания:



«Здравствуйте!

Спасибо за согласие участвовать в этом исследовании. Вы будете прослушивать пары звуков, вызывающих различные эмоции. Ваша задача – сравнить звуки в паре и выбрать, какой из них, первый или второй, в большей степени вызывает у Вас эмоцию, указанную на экране.

Если у Вас есть вопросы, задайте их экспериментатору. Если Вы готовы, заполните формуляр и щелкните мышкой «Начать». Затем следуйте инструкциям, которые будут появляться на экране.»

В формуляр заносились основные данные участника (фамилия, имя, возраст, пол). Затем начинался собственно эксперимент.

На экране появлялась кнопка «Звук» и инструкция (в переводе на тувинский язык), в которой предлагалось прослушать пару звуков, щелкнув мышкой по кнопке, а затем отметить мышкой, какой звук в паре, первый или второй, в большей степени вызывает эмоцию, показанную на экране (Рис. 1). Название эмоции менялось в соответствии с представленным выше списком. Каждую пару звуков участник мог прослушивать неограниченное количество раз.

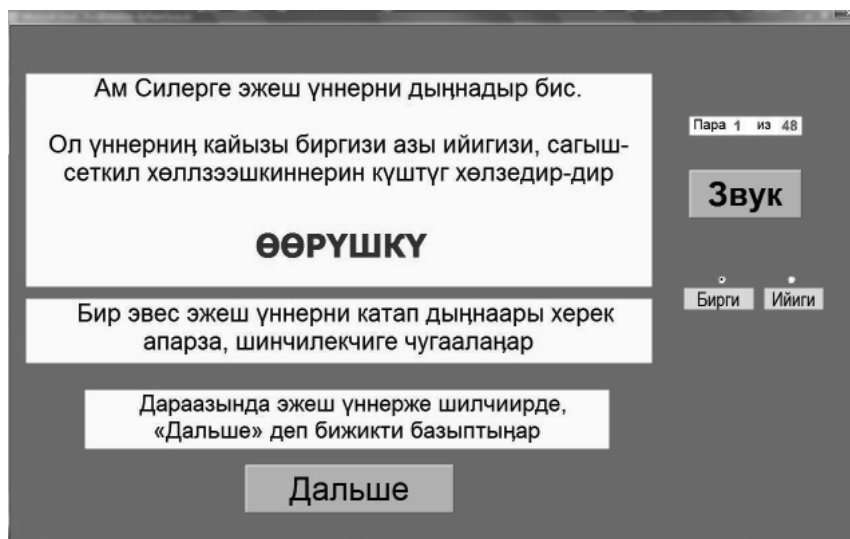


Рис. 1. Экран управляющего компьютера с инструкциями

В среднем время эксперимента составляло около 20 мин. По окончании эксперимента появлялась надпись «Спасибо за участие в эксперименте» и кнопка «Записать результаты».

Регистрировались номер и тип звуковой пары, соответствующие ответы участников и количество прослушиваний каждой пары.

Во второй серии проводилась оценка предметной отнесенности воспринимаемых звуков и выявлялись составляющие воспринимаемого качества, характеризующие, прежде всего, их эмоциональную окрашенность.

Участнику предъявлялись отдельно все звуки, из которых были составлены пары первой серии, всего 23 звука.



Вначале эксперимента предъявлялась общая инструкция (в переводе на тувинский язык) следующего содержания:

«Здравствуйте!

Спасибо за согласие участвовать в этом исследовании. Вы будете прослушивать звуки, вызывающие различные эмоции. Ваша задача – описать вслух экспериментатору каждый звук, указав, что Вы услышали и какие впечатления у Вас остались от прослушивания. После описания каждого звука ответьте на возможные вопросы экспериментатора.

Если у Вас есть вопросы, задайте их экспериментатору. Если Вы готовы, заполните формуляр и щелкните мышкой «Начать». Затем следуйте инструкциям, которые будут появляться на экране.»

В основном эксперименте на экране появлялась кнопка «Звук» и номер предъявления. Так же, как и в первой серии, каждую пару звуков участник мог прослушивать неограниченное количество раз. Вербализации участников записывались на диктофон, а затем переводились в текстовый файл для обработки.

3. Участники исследования

В экспериментах приняли участие 26 участников (16 женщин и 10 мужчин) – жители нескольких населенных пунктов Тоджинского района Республики Тува. Все участники являются коренными тувинцами-тоджинцами: оленеводами и охотниками. Средний возраст участников составил 45 лет и находился в диапазоне от 17 до 86 лет. Следует особо отметить очень высокую ответственность и интерес участников экспериментов: несмотря на продолжительное ожидание своей очереди (каждый эксперимент проводился индивидуально), все участники тщательно выполняли инструкцию и стремились детально выяснить у экспериментатора ее непонятные моменты.

Предварительные результаты экспериментов

В первой серии экспериментов были получены данные о предпочтениях сравниваемых звуков в отношении их эмоциональной окрашенности. Эти данные позволяют уточнить и детализировать выбор акустических событий для дальнейших исследований эмоционального отношения к звукам акустической среды у представителей изучаемого региона. Наибольшее число ответов, связывающих прослушанные звуки с конкретной эмоцией, распределились следующим образом:

- для эмоции «*гнев*» – звук «*забывание гвоздя*»;
- для эмоции «*интерес*» – звук «*космос*»;
- для эмоции «*отвращение*» – звук «*рвота*»;
- для эмоции «*радость*» – звук «*детский смех*»;
- для эмоции «*страдание*» – звук «*женский плач*»;
- для эмоции «*страх*» – звук «*автомобильная авария*»;
- для эмоции «*стыд*» – звук «*женский оргазм*»;
- для эмоции «*удивление*» – звук «*космос*».

Отметим, что звук «космос» наиболее часто указывался как вызывающий эмоцию «интерес» (в сравнении со звуками «игровой автомат» и «тропический лес»), так и эмоцию «удивление» (в сравнении со звуками «падающие камни» и счетчик, см. табл. 1). Этот результат показывает необходимость поиска акустических событий, позволяющих лучше дифференцировать эти две эмоции, т.е. содержащих в их воспринимаемом качестве больше составляющих данной эмоциональной окрашенности.



Во второй серии эксперимента были получены развернутые вербализации каждого из выбранных для экспериментальной программы звуков. Напомним, что инструкция на вербализацию предполагала получение данных об идентификации источника звука (что за звук Вы услышали?) и об эмоциональном отношении к прослушанному звуку участника эксперимента. Продуцируемые участниками вербализации являются основным источником данных о субъективно значимых свойствах воспринимаемого качества звуков, а их анализ должен дать информацию для более глубокой интерпретации результатов первой серии. Использовалась процедура поэтапного анализа вербализаций, в рамках которой из текста выделяются вербальные единицы, независимым образом отражающие отдельные аспекты звука, а затем осуществляется их кодирование с точки зрения логико-понятийной структуры и семантического содержания описания (Носуленко, Самойленко, 1995, 2012; Самойленко, 2010; Nosulenko, Samoylenko, 1997). Создаваемая таким образом база данных вербальных единиц позволяет выделить и количественно оценить «вес» отдельных вербальных характеристик в содержании воспринимаемого качества описываемого звука. Для кодирования каждая вербальная единица должна быть переведена на русский язык. В настоящее время завершена запись в базу данных вербальных единиц на тувинском языке.

Одним из регистрируемых в эксперименте параметров было количество прослушиваний участниками предъявляемых звуков. Анализ полученных данных показал, что в большинстве случаев, как в первой, так и во второй серии эксперимента, было достаточно одного прослушивания. Это говорит о том, что участники достаточно однозначно и без особых трудностей решали экспериментальную задачу.

Заключение

Одной из задач исследования было проверить саму возможность проведения в условиях экспедиции психоакустических экспериментов, требующих специального технологического обеспечения. Удаленность изучаемого региона и плохая транспортная доступность вносили дополнительные сложности, ставя под сомнение вопросы сохранения прецизионного оборудования и контроля его параметров.

Существенная проблема возникла в связи с отсутствием в регионе централизованного электроснабжения. Экспериментальные сессии заняли в общей сложности более 28 ч, что не позволяло использовать внутренние батареи компьютеров. Требовалась установка внешнего автономного бензинового генератора.

Шум генератора представлял значительную акустическую помеху, и возникала организационная и техническая сложность обеспечения акустической защищенности помещения. Эта проблема решалась путем максимального удаления генератора от экспериментального помещения.

Важный предварительный этап подготовки исследования заключался в переводе инструкций для участников и их включении в экспериментальную программу. В процессе проведения экспериментов языковая проблема решалась постоянным присутствием переводчика, который обеспечивал разъяснение участникам задач эксперимента, а также полу-синхронный перевод вербализаций во время 2-й серии экспериментов.

Главный результат экспедиции заключается, по нашему мнению, в подтверждении возможностей проведения экспериментов с использованием инструментальных методов в



столь сложных организационных условиях. Были выполнены запланированные эксперименты на значительной выборке участников, которая позволит даже на этапе пилотажного исследования сравнить полученные данные с результатами экспериментов в других регионах страны. Тем самым обеспечена база для сравнительного межкультурного анализа когнитивных и коммуникативных процессов у жителей разных регионов. Отработана процедура исследования и обработки данных, в том числе содержащих вербализации на тувинском языке.

Дальнейшая перспектива видится в проведении аналогичных экспериментов в других регионах и в разработке расширенной программы исследования, учитывающей полученные результаты и организационный опыт.

Финансирование

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского Гуманитарного Научного Фонда (РГНФ), проект №13-16-17601е.

Литература

- Высочил Н.А. Подбор аудиального стимульного материала для изучения эмоциональной сферы человека // Экспериментальная психология в России: традиции и перспективы / Под ред. В.А. Барабанщикова. М.: ИП РАН, 2010. С. 477–482.
- Высочил Н.А., Носуленко В.Н. Роль предметной идентификации источника акустического события в формировании эмоциональной составляющей его воспринимаемого качества // Материалы Пятой международной конференции по когнитивной науке. Калининград, 2012. Т. 1. С. 306–307.
- Высочил Н.А., Носуленко В.Н., Старикова И.В. О некоторых вопросах изучения эмоционального отношения человека к акустическим событиям // Экспериментальная психология. 2011. Т. 4. № 2. С. 62–78.
- Лалу С., Носуленко В.Н., Самойленко Е.С. Средства общения в контексте индивидуальной и совместной деятельности // Общение и познание / Под ред. В.А. Барабанщикова, Е.С. Самойленко. М.: ИП РАН, 2007. С. 407–434.
- Носуленко В.Н. Психология слухового восприятия. М.: Наука, 1988.
- Носуленко В.Н. Психофизика восприятия естественной среды. Проблема воспринимаемого качества. М.: ИП РАН, 2007.
- Носуленко В.Н. Коммуникация воспринимаемого качества звукового события при формировании акустической среды человека // Мир психологии. 2013. Т. 73. № 1. С. 236–246.
- Носуленко В.Н., Самойленко Е.С. Вербальный метод в изучении восприятия изменений в окружающей среде // Психология и окружающая среда / Под ред. В.Н. Носуленко, Е.Г. Епифанова, Т.Н. Савченко. М.: ИП РАН, 1995. С. 13–59.
- Носуленко В.Н., Самойленко Е.С. «Познание и общение»: системная исследовательская парадигма // Психологический журнал. 2012. Т. 33. № 4. С. 5–16.
- Самойленко Е.С. Проблемы сравнения в психологическом исследовании. М.: ИП РАН, 2010.
- Nosulenko V., Samoylenko E. Approche systémique de l'analyse des verbalisations dans le cadre de l'étude des processus perceptifs et cognitifs // Social Science Information. 1997. Vol. 36. № 2. P. 223–261.
- Nosulenko V., Samoylenko E. Cognition et communication: un paradigme de recherche et d'application // Social Science Information. 2011. Vol. 50. № 3-4. P. 656–677.



EXPEDITION STUDIES OF COGNITIVE-COMMUNICATIVE PROCESSES IN TOZHU TUVANS

SAMOYLENKO E.S.*, *Institute of Psychology, Russian Academy of Sciences, Center of Experimental Psychology MSUPE, Moscow, Russia,*
e-mail: elena.samoylenko@gmail.com

NOSULENKO V.N.**, *Institute of Psychology, Russian Academy of Sciences, Center of Experimental Psychology MSUPE, Moscow, Russia,*
e-mail: valery.nosulenko@gmail.com

The article describes the pilot study of perception and evaluation of emotive sounds conducted during the expedition in the area of Todzhinsky District, Republic of Tuva. One of the goals of the expedition was to evaluate the possibility of experimental studies using instrumental methods usually used in the laboratory. Scientific problem of the study was to identify the emotional attitude of the area residents to the sounds of the environment. The study was conducted within the paradigm of perceived quality. Two series of experiments were conducted. In the first series, we detected from a pre-selected set the sounds most linked with the perception of a particular emotion. In the second series, we evaluated the object relatedness to perceive sounds and identified the components of perceived quality, that characterize, above all, their emotional valence. As a result we obtained empirical data to determine the specific perception of these sounds and compare it with the data obtained in other regions. We also give a description of a number of organizational decisions necessary to complete the goals of expedition.

Keywords: perception, verbal communication, acoustic environment, experiment, expedition, Tuva.

Funding

The study was supported by the Russian Foundation for Humanities, project № 13-16-17601e.

References

Vyskochil N.A. Podbor audial'nogo stimul'nogo materiala dlya izucheniya emotsional'noj sfery cheloveka [Choice of auditory stimulus material for investigation of human emotions]. In Barabanshikov V.A. (ed.), *Ekspperimental'naya psikhologiya v Rossii: traditsii i perspektivy* [Experimental psychology in Russia: traditions and perspectives], Moscow, Institut psihologii RAN, 2010, pp. 477–482 (In Russ.).

Vyskochil N.A., Nosulenko V.N. Rol' predmetnoj identifikatsii istochnika akusticheskogo sobytiya v formirovani emotsional'noj sostavlyaushej ego vosprinimaemogo katchestva [Role of object identification of the source of acoustical event in formation of emotional component of its perceived quality]. *Materialy P'yatoy mejdunarodnoj konferentsii po kognitivnoj nauke (Kaliningrad, 2012)* [Proceedings of the Fifth international conference on cognitive science (Kaliningrad, 2012)], 2012, vol. 1, pp. 306–307 (In Russ.).

For citation:

Samoylenko E.S., Nosulenko V.N. Expedition studies of cognitive-communicative processes in Tozhu Tuvans. *Ekspperimental'naya psikhologiya = Experimental Psychology (Russia)*, 2014, vol. 7, no. 3, pp. 128–138 (In Russ., abstr. in Engl.).

* Samoylenko E.S. Dr. Sci. (Psychology), Senior Research Associate, Institute of Psychology, Russian Academy of Sciences, Center of Experimental Psychology MSUPE, Moscow, Russia. E-mail: elena.samoylenko@gmail.com

** Nosulenko V.N. Dr. Sci. (Psychology), Leading Research Associate, Institute of Psychology, Russian Academy of Sciences, Center of Experimental Psychology MSUPE, Moscow, Russia. E-mail: valery.nosulenko@gmail.com



- Vyskochil N. A., Nosulenko V. N., Starikova I. V. O nekotorykh voprosakh izucheniya emotsional'nogo otnosheniya cheloveka k akusticheskim sobytaiym [About investigation of emotional attitude of individual to acoustical events]. *Ekspierimental'naya psikhologiya [Experimental Psychology (Russia)]*, 2011, vol. 4, no. 2, pp. 62–78 (In Russ., abstr. in Engl.).
- Lalu S., Nosulenko V. N., Samoylenko E. S. Sredstva obscheniya v kontekste individual'noj i sovmestnoj deyatel'nosti [Communication means used in individual and joint activity]. In Barabanshikov V. A., Samoylenko E. S. (eds.), *Obschenie i poznanie [Communication and cognition]*, Moscow, Institut psikhologii RAN, 2007, pp. 407–434 (In Russ.).
- Nosulenko V. N. *Psikhologiya slukhovogo vospriyatiya [Psychology of auditory perception]*. Moscow, Nauka, 1988. 216 p. (In Russ.).
- Nosulenko V. N. *Psikhofizika vospriyatiya estestvennoj sredy [Psychology of perception of natural environment]*. Moscow, Institut psikhologii RAN, 2007. 400 p. (In Russ.).
- Nosulenko V. N. Kommunikatsiya vosprinimaemogo kachestva zvukovogo sobytaiya pri formirovanii akusticheskoy sredy cheloveka [Communication of perceived quality of sound event in formation of acoustical environment of people]. *Myr psikhologii [World of psychology]*, 2013, vol. 73, no. 1, pp. 236–246 (In Russ., abstr. in Engl.).
- Nosulenko V. N., Samoylenko E. S. Verbalnyj metod v izuchenii vospriyatiya izmenenij v okrujayuschej srede [Verbal method in investigation of perception of changes in environment]. In Nosulenko V. N., Epifanov E. G., Savchenko T. N. (eds.), *Psikhologiya i okrujayuschaya sreda [Psychology and environment]*, Moscow, Institut psikhologii RAN, 1995, pp. 13–59 (In Russ.).
- Nosulenko V. N., Samoylenko E. S. Poznanie i obschenie: systemnaya issledovatel'skaya paradigma [Cognition and communication: systems research paradigm]. *Psikhologicheskiy zhurnal [Psychological journal]*, 2012, vol. 33, no. 4, pp. 5–16 (In Russ., abstr. in Engl.).
- Samoylenko E. S. *Problemy sravneniya v psikhologicheskom issledovanii [Problems of comparison in psychological research]*. Moscow, Institut psikhologii RAN, 2010. 416 p. (In Russ.).
- Nosulenko V., Samoylenko E. Approche systématique de l'analyse des verbalisations dans le cadre de l'étude des processus perceptifs et cognitifs. *Social Science Information*, 1997, vol. 36, no. 2, pp. 223–261.
- Nosulenko V., Samoylenko E. Cognition et communication: un paradigme de recherche et d'application. *Social Science Information*, 2011, vol. 50, no. 3–4, pp. 656–677.



МЕТОДИКА ИЗУЧЕНИЯ СХЕМЫ ТЕЛА У МЕЛКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ

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

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

ХАРИТОНОВ А. Н. ***, *Институт психологии РАН, МГППУ, Москва, Россия,*
e-mail: ankhhome47@list.ru

КУЛИЧЕНКОВА К. Н. ****, *Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия,*
e-mail: koulitchenkova@gmail.com,

Предлагается методика исследования схемы тела у мелких млекопитающих, представляющая собой модифицированный вариант ранее разработанной авторской методики для исследования схемы тела у беспозвоночных. Приводятся результаты апробации методики на крысах и обсуждаются возможности и ее применения.

Ключевые слова: методика для изучения схемы тела, экспериментальная установка, мелкие млекопитающие, беспозвоночные.

Одним из основных методов исследования специфики восприятия животными самих себя является тест с зеркалом (англ. “mirror-test”), в котором выявляется их способность опознавать собственное отражение. В классических экспериментах Г. Гэллага (Gallup, 1970) шимпанзе под легким наркозом наносили пятнышки краски на одну из бровей и на противоположное ухо. После пробуждения животные не ощущали никаких физических последствий операций, проведенных с ними: они прикасались к этим частям тела не чаще, чем к остальным. Увидев же себя в зеркале, они начали активно ощупывать окрашенные места. Делался вывод, что шимпанзе помнили свой облик и замечали в нем изменения, а также понимали, что изображение в зеркале эквивалентно их собственному телу. На настоящий момент установлен факт наличия способности к самоузнаванию у понгид, макак-резусов, дельфинов, слонов, касаток и сорок (подробнее см.: Хватов, 2013).

Следует отметить, что данный метод подвергается существенной критике: во-первых, его трудно применять по отношению к животным, у которых зрительная модальность не является ведущей – например, к большинству млекопитающих (Beckoff, 2001), во-вторых, как животные, так и человек могут не проявлять интереса к отметинам на собственном теле

Для цитаты:

Хватов И. А., Соколов А. Ю., Харитонов А. Н., Куличенкова К. Н. Методика изучения схемы тела у мелких млекопитающих // Экспериментальная психология. Т. 7. № 3. С. 137–144.

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

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

*** *Харитонов А. Н.* Кандидат психологических наук, научный сотрудник, Институт психологии РАН, старший научный сотрудник, МГППУ. E-mail: ankhhome47@list.ru

**** *Куличенкова К. Н.* Аспирант, биологический факультет, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова. E-mail: koulitchenkova@gmail.com



(Asendorpf et al., 1996), в-третьих, дискуссионным остается вопрос о том, действительно ли самоузнавание в зеркале свидетельствует о самосознании (там же).

В рамках другого направления исследований изучается специфика схемы собственного тела у животных (Herman et al., 2001; Maravita, Iriki, 2004). Под схемой тела следует понимать систему двигательных навыков и способностей, позволяющих осуществлять различные движения, а также представление о физических характеристиках собственного тела (его границах, весе, взаиморасположении отдельных членов). В отличие от образа тела, схема тела является неосознаваемым феноменом (Gallagher, Cole, 1995). Существует точка зрения, что схема тела (принятие себя в расчет) является филогенетически наиболее ранней ступенью развития всех прочих представлений о себе, включая самосознание (Столин, 1983). В проведенных ранее исследованиях было показано, что животные способны включать в схему собственного тела внешние объекты (Maravita, Iriki, 2004).

На сегодняшний день в науке отсутствует отработанная методика, позволяющая ставить поведенческие эксперименты на млекопитающих с целью изучения особенностей их схемы тела. Однако за последние годы авторским коллективом данной статьи была разработана оригинальная методика, нацеленная на исследование специфики схемы тела беспозвоночных. Ниже будет приведено краткое описание данной методики.

В ходе эксперимента изучалось влияние изменения физических параметров тела животного на его поведение в различных экспериментальных установках. На начальном этапе эксперимента животное помещалось в экспериментальную установку (лабиринт или проблемную клетку) с целью формирования у него привыкания к данным условиям и осуществлению в них своей жизнедеятельности – в первую очередь кормления. Далее границы тела животного увеличивались экспериментатором с помощью крепления на него различных объектов таким образом, что они препятствовали осуществлению животным ранее сформированных двигательных навыков – проникновению в отверстия в перегородках, отделяющих один отсек лабиринта или проблемной клетки от другого. На других этапах эксперимента, наоборот, изменялись физические параметры среды (размеры отверстий в лабиринтах и проблемных клетках) при неизменности границ тела животного. Анализ данных о локомоторной активности животных, полученных в ходе этих экспериментов, позволил определить, способны ли животные учитывать физические параметры собственного тела при осуществлении поведения, а также способны ли они научиться менять свое поведение при изменении этих параметров и экстраполировать приобретенный опыт в новые ситуации. С помощью этой методики были получены данные о специфике психического отражения параметров собственного тела у тараканов, сверчков и моллюсков (Хватов, 2010, 2011; Хватов, Харитонов, 2012, 2013; Хватов, Харитонов, Соколов, 2013).

В настоящей работе мы предлагаем описание и апробацию методики и новой экспериментальной установки, ориентированной на исследование схемы тела млекопитающих, созданной на основе вышеизложенного опыта на беспозвоночных.

Метод

В качестве объекта исследования предполагается использование крыс и других мелких млекопитающих. Крысы и мыши являются модельными объектами в поведенческих исследованиях с применением различных типов лабиринтов (Barnes, 1979; Morris, 1984; Pellow et al., 1985; Takeda et al., 1998; Brown et al., 2009). Экологически и этологически обоснованной задачей для этих животных является проникновение в отверстия. Это обстоя-



тельство используется в конструкциях некоторых лабиринтов (Barnes, 1979; Takeda et al., 1998). Для наших исследований мы создали экспериментальную установку, в которой животному было необходимо учитывать границы собственного тела при проникновении в различные отверстия для достижения приманки.

Оборудование. Для экспериментальных исследований сконструирован стеклянный лабиринт квадратной формы с пятью отсеками: центральным отсеком квадратной формы и четырьмя отсеками в форме равнобедренных трапеций, обрамляющими его. Обрамляющие отсеки сообщались между собой отверстиями в форме усеченного круга (диаметром 100 мм), расположенными в боковых сторонах отсеков (рис. 1). Центральный отсек сообщался с каждым из четырех обрамляющих отсеков круглыми отверстиями (диаметром 80 мм). Диаметр отверстий центрального отсека мог уменьшаться с помощью дополнительных вставок до 40 мм (в это отверстие проникала только голова крысы) или 18 мм (в это отверстие проникала только передняя часть морды крысы). Таким образом, конструкция установки позволяла варьировать диаметр отверстий, через которые центральный отсек был доступен из боковых, что давало возможность планировать и чередовать различные экспериментальные серии.

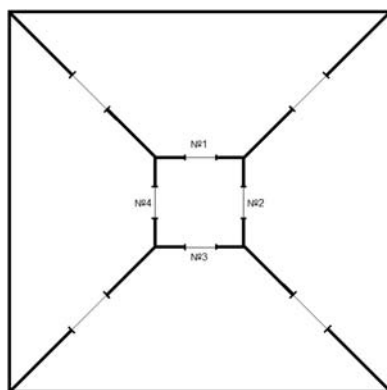


Рис. 1. Схема экспериментальной установки: номерами обозначены отверстия, через которые внешние отсеки сообщаются с центральным

Апробация

Испытуемые: 8 крыс Long-Evans (*Rattus norvegicus*), возраст 4 мес.

Фиксируемые показатели: время решения экспериментальной задачи (от момента помещения в экспериментальную установку до момента достижения приманки), количество проникновений/попыток проникновения в отверстия центрального отсека, время проникновений/попыток проникновения в отверстия центрального отсека.

Цель исследования: установить, способны ли крысы формировать навык получения приманки кратчайшим путем, о чем должно было свидетельствовать сокращение времени решения задачи, а также сокращение проникновений и попыток проникновения в различные типы отверстий.

Ход эксперимента. Эксперимент состоял из 20-и серий, проводившихся по две пробы ежедневно в 9 и 18 ч. В начале каждой пробы крыса запускалась во внешний отсек с отверстием № 1. В центральный отсек помещалась приманка (сыр). Расположение отверстий: № 1 – диаметром 40 мм, № 2, 3, 4 – диаметром 18 мм. Крысы обучались кормиться, просовывая голову в отверстие диаметром 40 мм (рис. 2).

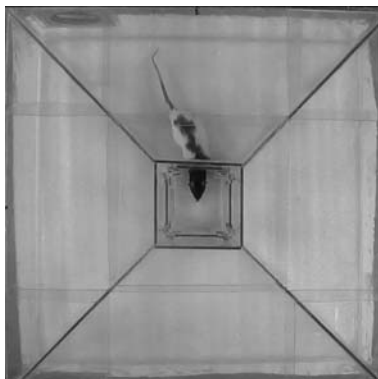


Рис. 2. Крыса в экспериментальной установке

Результаты. У всех испытуемых от 1-й к 20-й пробе наблюдалось снижение времени решения задачи: на 1-й пробе у экспериментальной выборки среднее время решения составило 2187 с (SD=69,73), на 20-й пробе – 6 с (SD=1,83) (Wilcoxon Matched Pairs Test, $T=0$, $p<0,01$) (рис. 3). Также у всех крыс к 20-й пробе снижалось количество проникновений в различные отверстия: у экспериментальной выборки на 1-й пробе общее количество проникновений, считая то, которое привело к достижению приманки, составило 86, а на 20-й пробе – 8 (по одному на каждое животное); Wilcoxon Matched Pairs Test, $T=0$, $p<0,01$ (рис. 4).

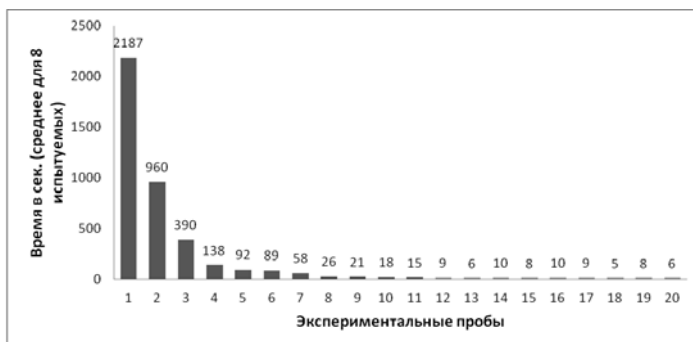


Рис. 3. Среднее время, затраченное на решение экспериментальной задачи

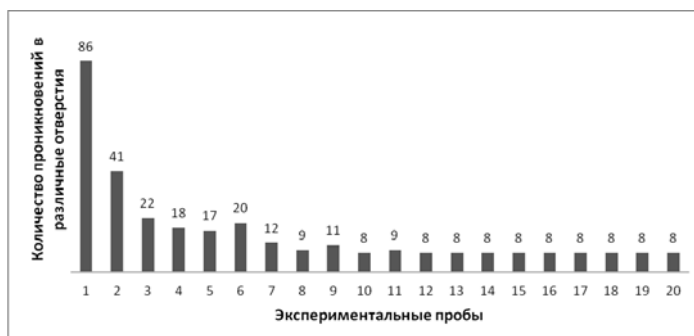


Рис. 4. Общее количество проникновений в различные отверстия



Обсуждение

Полученные данные свидетельствуют о том, что у крыс формируется навык достижения приманки кратчайшим путем через отверстие № 1. Соответственно, данная экспериментальная установка может быть использована для изучения особенностей научения у грызунов и, вероятно, других аналогичных по размеру млекопитающих. Для исследования схемы тела у животных можно ввести дополнительную экспериментальную переменную – варьирование границ тела животного с помощью закрепления на его теле различных легких конструкций.

Данные, полученные в ходе предыдущих исследований, проводившихся на беспозвоночных (Хватов, 2010, 2011; Хватов, Харитонов, 2012, 2013, Хватов, Харитонов, Соколов, 2013), позволяют заключить, что у ряда видов этой таксономической группы отсутствует схема тела в качестве целостной самостоятельной когнитивной структуры, данная схема складывается у них ситуативно в качестве элемента определенной перцептивной системы (целостного образа ситуации), формирующегося в процессе взаимодействия субъекта с конкретными условиями внешней среды. Если целостный образ ситуации у этих животных являлся перцептивным – в частности, в его структуре интегрируется визуальная и кинестетическая информация, – то отражение собственных характеристик, как компонент этого образа, остается сенсорным, поскольку формируется на основе одномодальной информации, преобладающей по силе и поступающей из определенного сегмента тела. На основе данных об основных тенденциях эволюции психики позвоночных и, в частности, млекопитающих (Филиппова, 2012; Хватов, 2012а, 2012б) можно выдвинуть гипотезу о том, что у позвоночных – возможно, уже у хладнокровных (пресмыкающихся) – возникает перцептивная схема тела, формирующаяся на основе интеграции сенсорных сигналов различных модальностей, поступающих от отдельных частей тела. Это позволяет животному антиципировать возможные последствия взаимодействия собственного тела с объектами в окружающем пространстве. Возможно, такая особенность в ходе прогрессивной эволюции привела к формированию обобщенного психического образа собственного тела у млекопитающих и птиц, и именно это качественно отличает психику позвоночных от психики беспозвоночных, схема тела которых представляет собой совокупность сенсорных сигналов, не связанных (или очень слабо связанных) между собой.

На наш взгляд, предложенная в настоящей статье методика может быть использована в ходе сравнительно-психологических экспериментов, нацеленных, в частности, на проверку вышеизложенной гипотезы.

Финансирование

Работа поддержана грантом Президента РФ № МК-5915.2014.6.

Литература

- Столин В. В. Самосознание личности. М.: Издательство Московского Университета, 1983. 284 с.
- Филиппова Г. Г. Зоопсихология и сравнительная психология: учеб. пособие для студентов вузов. 6-е изд., перераб. М.: Академия, 2012. 543 с.
- Хватов И. А. Особенности самоотражения у животных на разных стадиях филогенеза. Дисс. ... канд. психол. наук. М., 2010.
- Хватов И. А. Специфика самоотражения у вида *Periplaneta americana* // Экспериментальная психология. 2011. Т. 4. № 1. С. 28–39.



- Хватов И.А. Главные направления эволюции психики в контексте онтологического и дифференционно-интеграционного подходов. Часть 1 // Психологические исследования. 2012а. № 1 (21). С. 1. 0421200116/0001. URL: <http://psystudy.ru/index.php/num/2012n1-21/622-khvatov21.html> (дата обращения: 22.09.2014).
- Хватов И.А. Главные направления эволюции психики в контексте онтологического и дифференционно-интеграционного подходов. Часть 2 // Психологические исследования. 2012б. № 2 (22). С. 12. 0421200116/0024. URL: <http://psystudy.ru/index.php/num/2012n2-22/648-khvatov22.html> (дата обращения: 22.09.2014).
- Хватов И.А. Проблема интеллекта животных в контексте структурно-интегративного и дифференционно-интеграционного подходов // Психологические исследования. 2013. Т. 6, № 28. С. 1. URL: <http://psystudy.ru/index.php/num/2013v6n28/788-khvatov28.html> (дата обращения: 28.07.2014).
- Хватов И.А., Харитонов А.Н. Специфика самоотражения у вида *Achatina fulica* // Экспериментальная психология. 2012. Т. 5. № 3. С. 96–107.
- Хватов И.А., Харитонов А.Н. Модификация плана развертки собственного тела в процессе научения при решении задачи на нахождение обходного пути у улиток вида *Achatina fulica* // Экспериментальная психология. 2013. Т. 6. № 2. С. 101–14.
- Хватов И.А., Харитонов А.Н., Соколов А.Ю. Особенности соотношения физических характеристик собственного тела с объектами окружающей среды при ориентации во внешнем пространстве у сверчков *Gryllus assimilis* // Экспериментальная психология. 2013. Т. 6. № 4. С. 79–95.
- Asendorpf J.B., Warkentin V., Baudonniere P.M. Self-Awareness and Other-Awareness II: Mirror Self-Recognition, Social Contingency Awareness, and Synchronic Imitation // *Developmental Psychology*. 1996. Vol. 32. № 2. P. 313–321.
- Barnes C.A. Memory deficits associated with senescence: a neurophysiological and behavioral study in the rat // *J. Comp. Physiol. Psychol.* 1979. Vol. 93. № 1. P. 74–104.
- Bekoff M. Observations of scent-marking and discriminating self from others by a domestic dog (*Canis familiaris*): tales of displaced yellow snow // *Behavioural Processes*. 2001. Vol. 55. № 2. P. 75–79.
- Brown M.F., Prince T.N., Doyle K.E. Social effects on spatial choice in the radial arm maze // *Learning & Behavior*. 2009. Vol. 37. № 3. P. 269–280.
- Gallagher S., Cole J. Body Schema and Body Image in a Deafferented Subject // *Journal of Mind and Behavior*. 1995. Vol. 16. P. 369–390.
- Gallup G. G. Jr. Chimpanzees: Self recognition // *Science*. 1970. Vol. 167. № 3914. P. 86–87.
- Herman L.M., Matus D.S., Herman E.Y.K., Ivancic M., Pack A.A. The bottlenosed dolphin's (*Tursiops truncatus*) understanding of gestures as symbolic representations of its body parts // *Animal Learning & Behavior*. 2001. Vol. 29. № 3. P. 250–264.
- Maravita A., Iriki A. Tools for the body (schema) // *Trends in Cognitive Sciences*. 2004. Vol. 8. № 2. P. 79–86.
- Morris R. Developments of a water-maze procedure for studying spatial learning in the rat // *Journal of neuroscience methods*. 1984. Vol. 11. № 1. P. 47–60.
- Pellow S., Chopin P., File S.E., Briley M. Validation of open:closed arm entries in an elevated plus-maze as a measure of anxiety in the rat // *J. Neurosci. Methods*. 1985. Vol. 14. P. 149–167.
- Takeda H., Tsuji. M., Matsumiya T. Changes in head-dipping behavior in the hole-board test reflect the anxiogenic and/or anxiolytic state in mice // *European Journal of Pharmacology*. 1998. Vol. 350. № 1. P. 21–29.



A METHOD FOR STUDYING BODY SCHEMA IN SMALL MAMMALS

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

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

KHARITONOV A.N. ***, Institute of Psychology, Russian Academy of Sciences, MCUPE, Moscow, Russia,
e-mail: ankhhome47@list.ru

KULICHENKOVA K.N. ****, M.V. Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia,
e-mail: koulitchenkova@gmail.com

A method is proposed for the study of the body schema in small mammals, which is a modified version of the author's previously developed technique for the study of the body schema in invertebrates. The results of testing the method on rats are presented and discussed, as well as the possibilities and applications.

Keywords: body schema studies method, experimental set, small mammals, invertebrates

Funding

The study was supported by a grant from the President of the Russian Federation, project # MK-5915.2014.6

References

- Asendorpf J.B., Warkentin V., Baudonniere P.-M. Self-Awareness and Other-Awareness II: Mirror Self-Recognition, Social Contingency Awareness, and Synchronic Imitation. *Developmental Psychology*, 1996, vol. 32, no. 2, pp. 313–321.
- Barnes C.A. Memory deficits associated with senescence: a neurophysiological and behavioral study in the rat. *J. Comp. Physiol. Psychol.*, 1979, vol. 93, no. 1, pp. 74–104.
- Bekoff M. Observations of scent-marking and discriminating self from others by a domestic dog (*Canis familiaris*): tales of displaced yellow snow. *Behavioural Processes*, 2001, vol. 55, no. 2, pp. 75–79.
- Brown M.F., Prince T.N., Doyle K.E. Social effects on spatial choice in the radial arm maze. *Learning & Behavior*, 2009, vol. 37(3). P. 269–280.
- Filippova G.G. *Zoopsikhologiya i sravnitel'naya psikhologiya [Zoopsychology and comparative psychology: Students' manual. 6th ed., Rev.]*. M.: Academiya, 2012. 543 p. (in Russian).

For citation:

Khvatov I.A., Sokolov A. Yu., Kharitonov A.N., Kulichenkova K.N. A method studying body schema in small mammals. *Eksperimental'naya psikhologiya = Experimental psychology (Russia)*, 2014, vol. 7, no. 3, pp. 137–144 (in Russ., abstr. in Engl.)

* *Хватов И. А.* 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

** *Соколов А. Ю.* Cand. Sci. in Biology, Senior Researcher, ANO Living Earth Laboratory and Studio, Moscow, Russia. E-mail: apophis-king@mail.ru

*** *Харитонов А. Н.* Cand. Sci. in Psychology, Researcher, Institute of Psychology, RAS, Senior Researcher, MCUPE, Moscow, Russia. E-mail: ankhhome47@list.ru

**** *Куличенкова К. Н.* Post-graduate Student, Biological Faculty, Lomonosov Moscow State University. E-mail: koulitchenkova@gmail.com



- Gallagher S., Cole J. Body Schema and Body Image in a Deafferented Subject. *Journal of Mind and Behavior*, 1995, vol. 16, pp. 369–390.
- Gallup G. G. Jr. Chimpanzees: Self recognition. *Science*, 1970, vol. 167, no. 3914, pp. 86–87.
- Herman L. M., Matus D. S., Herman E. Y. K., Ivancic M., Pack A. A. The bottlenosed dolphin's (*Tursiops truncatus*) understanding of gestures as symbolic representations of its body parts. *Animal Learning & Behavior*, 2001, vol. 29, no. 3, pp. 250–264.
- Khvatov I. A. Glavniye napravleniya evolutsii psikhiki v kontekste ontologicheskogo i differentsionno-integratsionnogo pjdkhodov. Ch. 1. [The main lines of the evolution of mind in the context of the ontological and differentiation-integration approaches. Part 1]. *Psikhologicheskiye Issledovaniya* [Psychological studies], 2012a, vol. 1, no. 21, p. 1. URL: <http://psystudy.ru> (date accessed: 22/09/2014). 0421200116/0001 (in Russian)
- Khvatov I. A. Glavniye napravleniya evolutsii psikhiki v kontekste ontologicheskogo i differentsionno-integratsionnogo podkhdov. Ch. 2. [The main lines of the evolution of mind in the context of the ontological and differentiation-integration approaches. Part 2]. *Psikhologicheskiye Issledovaniya* [Psychological studies]. 2012b, vol. 2, no. 22, p. 12. <http://psystudy.ru> (date accessed: 22/09/2014). 0421200116/0024 (in Russian).
- Khvatov I. A. Osobennosti samootrazheniya u zhivotnykh na raznykh stadiyakh filigeneza [Peculiarities of animal self-reflexion on different phylogenetic stages]. Dissertation. Moscow. 2010 (in Russian).
- Khvatov I. A. Problema intellekta zhivotnykh v kontekste strukturno-integrativnogo i differentsionno-integratsionnogo podkhdov [The problem of animal intelligence in the contexts of structural-integrative and differentiation-integration approaches]. *Psikhologicheskiye Issledovaniya* [Psychological studies], 2013, vol. 6, no. 28. P. 1. URL: <http://psystudy.ru> (date accessed: 28/07/2014) (in Russian).
- Khvatov I. A. Spetsifika samootrazheniya u vida Periplaneta americana [Specific self-reflexion in cockroach *Periplaneta americana*]. *Ekspierimental'naya psikhologiya* [Experimental psychology (Russia)], 2011, vol. 4, no. 1, pp. 28–39 (in Russian).
- Khvatov I. A., Kharitonov A. N. Modifikatsiya plana razvertki sobstvennogo tela v protsesse naucheniya pri reshenii zadach na nakhozhdeniye obkhodnogo puti [Modification of the body scheme in the learning process while solving the problem of finding the workaround by snails *Achatina fulica*]. *Ekspierimental'naya psikhologiya* [Experimental psychology (Russia)]. 2012, vol. 6, no. 2, pp. 101–114 (in Russian).
- Khvatov I. A., Kharitonov A. N. Spetsifika samootrazheniya e vida *Achatina fulica*. [Specifics of self-reflection in snails *Achatina fulica*]. *Ekspierimental'naya psikhologiya* [Experimental psychology (Russia)], 2012, vol. 5, no. 3, pp. 96–107.
- Khvatov I. A., Kharitonov A. N., Sokolov A. Yu. Osobennosti sootneseniya fizicheskikh kharakteristik sobstvennogo tela s obuektami okruzhayushey sredy pri orientatsii vo vneshnem prostranstve u sverchkov *Grillus assimilis* [How crickets *Grillus assimilis* relate physical characteristics of their bodies to environmental objects in spatial orientation]. *Ekspierimental'naya psikhologiya* [Experimental psychology (Russia)], 2013, vol. 6, no. 4, pp. 79–95.
- Maravita A., Iriki A. Tools for the body (schema). *Trends in Cognitive Sciences*, 2004, vol. 8, no. 2, pp. 79–86.
- Morris R. Developments of a water-maze procedure for studying spatial learning in the rat. *Journal of neuroscience methods*, 1984, vol. 11, no. 1, pp. 47–60.
- Pellow S., Chopin P., File S. E., Briley M. Validation of open:closed arm entries in an elevated plus-maze as a measure of anxiety in the rat. *J. Neurosci. Methods*, 1985, vol. 14, pp. 149–167.
- Stolin V. V. Samosoznanie lichnosti [Self-consciousness]. M.: Moscow University Publishing House, 1983. 284 p.
- Takeda H., Tsuji. M., Matsumiya T. Changes in head-dipping behavior in the hole-board test reflect the anxiogenic and/or anxiolytic state in mice. *European Journal of Pharmacology*, 1998, vol. 350, no. 1, pp. 21–29.