

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



ПСИХОЛОГИЯ ВОСПРИЯТИЯ

Бондарко В. М., Данилова М. В., Солнушкин С. Д., Чихман В. Н.

Исследование краудинг-эффекта для стимулов низкого контраста и большого размера в центре поля зрения 5



КОГНИТИВНАЯ ПСИХОЛОГИЯ

Величковский Б. Б., Измалкова А. И.

Влияние нагрузки на вербальную рабочую память при глазодвигательной активности в условиях выполнения задания зрительного поиска 21



ПСИХОЛОГИЯ ОБЩЕНИЯ

Афиногенова В. А., Павлова Н. Д.

Интенциональные паттерны в репликах собеседников 36



ПСИХОЛОГИЯ ТРУДА

Ковалев А. И., Меньшикова Г. Я., Климова О. А., Барабанищикова В. В.

Содержание профессиональной деятельности как фактор успешности применения технологий виртуальной реальности 45



ПСИХОЛОГИЯ СОСТОЯНИЙ

Боголюбова О. Н., Шестакова А. Н.

Посттравматический стресс и принятие решений: перспективы исследований в парадигме нейроэкономики 60



ЭВОЛЮЦИОННАЯ И СРАНИТЕЛЬНАЯ ПСИХОЛОГИЯ

Резникова Ж. И.

Сравнительно-психологические аспекты онтогенетического развития поведения: экспериментальные исследования 77

Греченко Т. Н., Харитонов А. Н., Жегалло А. В.

Эволюционные пути электрических осцилляторов 105

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

Схема собственного тела у змей *Lampropeltis triangulum campbelli* 119



ПСИХОЛОГИЯ ОБРАЗОВАНИЯ

Дмитриева Е. С., Гельман В. Я.

Динамика изменений взаимосвязи эмоционального интеллекта с результатами ЕГЭ в ходе адаптации школьной системы к его введению 139

CONTENTS

	EDITORIAL	
	To our readers	4
	PSYCHOLOGY OF PERCEPTION	
	<i>Bondarko V.M., Danilova M.V., Solnushkin S.D., Chikhman V.N.</i> Study of crowding effect for stimuli of low contrast and large size in the centre of vision field	5
	COGNITIVE PSYCHOLOGY	
	<i>Velichkovsky B.B., Izmalkova A.I.</i> Effect of verbal working memory load during the oculomotor activity in visual search . . .	21
	PSYCHOLOGY OF COMMUNICATION	
	<i>Afinogenova V.A., Pavlova N.D.</i> Intentional patterns in replicas of interlocutors	36
	LABOR PSYCHOLOGY	
	<i>Kovalev A.I., Menshikova G.Ya., Klimova O.A., Barabanschikova V.V.</i> The content of professional activity as a factor of application efficiency of virtual reality technology	45
	PSYCHOLOGY OF STATES	
	<i>Bogolyubova O.N., Shestakova A.N.</i> Post-traumatic stress and decision-making: research prospects in the paradigm of neuroeconomics	60
	COMPARATIVE PSYCHOLOGY	
	<i>Reznikova Zh.I.</i> Comparative psychological aspects of ontogenetic development of behavior: A review of experimental studies	77
	<i>Grechenko T.N., Kharitonov A.N., Zhegallo A.V.</i> Evolutionary paths of electric oscillators	105
	<i>Khvatov I.A., Sokolov A.Yu., Kharitonov A.N.</i> Body schemata in snakes <i>Lampropeltis triangulum campbelli</i>	119
	EDUCATIONAL PSYCHOLOGY	
	<i>Dmitrieva E.S., Gelman V.Ya.</i> Dynamics of the relationship of emotional intelligence with the results of the state exam during the adaptation of school system to its introduction	139

От редакции

Мы продолжаем реализовывать редакционную политику журнала в рамках стратегии «открытой науки». Начиная с данного номера, всем статьям будет присваиваться свой уникальный цифровой идентификатор – doi. Последний представляет собой путь к документу в общем информационно-виртуальном пространстве для получения необходимой информации о публикации или самой публикации. Наличие идентификатора doi положительно сказывается на автоматическом индексировании цитируемости публикации.

Для поиска публикации по идентификатору doi достаточно скопировать его в поисковую строку любого браузера.

Цифровая идентификация статей позволит сделать их более доступными для различных поисковых интернет-систем, в частности, систем, входящих в базы данных Web of Science и Scopus. Этим мы делаем еще один шаг на пути включения нашего журнала в указанные базы данных.



ИССЛЕДОВАНИЕ КРАУДИНГ-ЭФФЕКТА ДЛЯ СТИМУЛОВ НИЗКОГО КОНТРАСТА И БОЛЬШОГО РАЗМЕРА В ЦЕНТРЕ ПОЛЯ ЗРЕНИЯ

БОНДАРКО В.М.*, *Институт физиологии имени И. П. Павлова РАН, Санкт-Петербург, Россия,*
e-mail: vmbond@gmail.com

ДАНИЛОВА М.В.**, *Институт физиологии имени И. П. Павлова РАН, Санкт-Петербург, Россия,*
e-mail: mar.danilova@gmail.com

СОЛНУШКИН С.Д.***, *Институт физиологии имени И. П. Павлова РАН, Санкт-Петербург, Россия,*
e-mail: solnushkin@list.ru

ЧИХМАН В.Н.****, *Институт физиологии имени И. П. Павлова РАН, Санкт-Петербург, Россия,*
e-mail: niv@pavlov.infran.ru

Представлены результаты психофизических исследований по изучению влияния дополнительных изображений (дистракторов) на опознание тестовых стимулов, предъявляемых в центре поля зрения. В качестве тестов использовали низкоконтрастные кольца Ландольфа с размером 1,1; 1,5 или 2,2 угл. град. В качестве дистракторов – кольца Ландольфа или кольца без разрывов того же размера. Дистрактор мог появляться справа или слева от теста на расстоянии от 1 до 2 диаметров теста между центрами изображений. Задача наблюдателя заключалась в различении ориентации тестового кольца Ландольфа. Показано, что предъявление аналогичного по форме дистрактора ухудшает распознавание теста на расстоянии до 1,8 диаметра тестового кольца Ландольфа, что превышает ранее определенные зоны взаимодействия при исследовании краудинг-эффекта. Дистрактор в виде кольца без разрыва ухудшал распознавание только на минимальном расстоянии, при соприкосновении с тестом. Ошибки различения ориентации разрыва тестового кольца Ландольфа не были случайными: наблюдатели часто указывали ориентацию дистрактора. Обсуждается возможное влияние на результат экспериментов факторов интеграции признаков изображений и внимания.

Ключевые слова: опознание, краудинг-эффект, кольцо Ландольфа, критическое расстояние, интеграция признаков, внимание.

Способность человека распознавать зрительные объекты снижается в том случае, когда они находятся среди других объектов. Данный феномен носит название краудинг-эффекта (термин «crowding effect» введен Эхлерсом (Ehlers, 1953)), хотя часто используются и другие термины, такие как «взаимодействие между контурами» (contour interaction), «латеральная маскировка» (lateral masking), «латеральное торможение» (lateral inhibition).

Для цитаты:

Бондарко В.М., Данилова М.В., Солнушкин С.Д., Чихман В.Н. Исследование краудинг-эффекта для стимулов низкого контраста и большого размера в центре поля зрения // Экспериментальная психология. 2015. Т. 8. № 2. С. 5–20. doi:10.17759/exppsy.2015080202

**Бондарко В.М.* Доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник, лаборатория физиологии зрения, Институт физиологии имени И. П. Павлова РАН. E-mail: vmbond@gmail.com

***Данилова М.В.* Кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, лаборатория физиологии зрения, Институт физиологии имени И. П. Павлова РАН. E-mail: mar.danilova@gmail.com

****Солнушкин С.Д.* Старший научный сотрудник, лаборатория информационных технологий и математического моделирования, Институт физиологии имени И. П. Павлова РАН. E-mail: solnushkin@list.ru

*****Чихман В.Н.* Кандидат технических наук, старший научный сотрудник, заведующий лабораторией информационных технологий и математического моделирования, Институт физиологии имени И. П. Павлова РАН. E-mail: niv@pavlov.infran.ru



В 30-е гг. прошлого века вышел в свет цикл работ Вудроу, посвященный изучению восприятия стимулов, состоящих из двух или четырех букв, различным образом расположенных в поле зрения и предъявляемых на 0,1 с. Изменялось расстояние между буквами, их взаимное расположение и группировка. Была обнаружена достоверная разница в ответах на двух- и четырехбуквенные слова, и автор предположил, что эту разницу можно объяснить конфигурацией самого паттерна. На основании полученных результатов был сформулирован следующий вывод – выявленный феномен зависит от: 1) распределения внимания, 2) смешиваемости или «торможения узнавания», являющегося результатом пространственной близости букв, и 3) степени видимости букв (Woodrow, 1938). Этот вывод формулирует основные факторы, которые вносят вклад в работу механизма краудинг-эффекта.

Наиболее изучен краудинг-эффект на пределе разрешения зрительной системы. В основополагающей работе Флома и его коллег (Flom, Weymouth, Kahneman, 1963) изучалось влияние четырех симметрично расположенных полос на определение ориентации кольца Ландольта. Варьировали расстояние между полосами и кольцом. Было показано, что при расстояниях, меньших размера минимально видимого кольца, наблюдается ухудшение зрительного восприятия. При больших расстояниях окружающие полосы не влияют на опознавание центрального стимула. Зоны взаимодействия, измеряемые в угловых минутах, различаются у разных наблюдателей, но их размер одинаков, если выражать расстояние между тестом и дистракторами в относительных единицах размера теста. Такая закономерность справедлива для восприятия и распознавания объектов любым наблюдателем с любой остротой зрения, и для наблюдателей с нормальной остротой размер зоны взаимодействия составляет 2–4 угловые минуты. Ухудшение невозможно объяснить только оптическим фактором или влиянием тормозных взаимодействий на уровне сетчатки, поскольку предъявление тестового стимула одному глазу, а окружения – другому также приводит к ухудшению восприятия стимула на тех же расстояниях (Flom, Heath, Takahashi, 1963). По мнению Флома и соавторов, в основе этого явления должна лежать работа нейрофизиологического механизма, которая осуществляется на уровне не ниже стриарной коры, поскольку только на этом уровне происходит объединение зрительных сигналов, приходящих от обоих глаз.

В дальнейших исследованиях было показано, что в центре поля зрения для стимулов больших размеров краудинг-эффект не наблюдается при использовании высококонтрастных цифр (Strasburger, Harvey, Rentschler, 1991), но выявляется при измерении контрастных порогов обнаружения и распознавания (Ehrt, Hess, 2005), а также в случае распознавания таких стимулов, как отфильтрованные буквы (Chung, Levi, Legge, 2001; Levi, Klein, Hariharan, 2002). При измерении контрастных порогов свойства краудинг-эффекта различаются для стимулов больших и малых размеров: окружение оказывает аналогичное воздействие на обнаружение и различение колец Ландольта большого размера в отличие от случая малых и средних размеров изображений, когда на обнаружение стимула окружение действует слабее, чем на различение (Ehrt, Hess, 2005).

Несмотря на большое количество исследований, до сих пор не существует удовлетворительного объяснения феномена краудинг-эффекта (обзоры: Atkinson, 1991; Flom, 1991; Levi, 2008; Pelli, Palomares, Majaj, 2004; Strasburger, Rentschler, Jüttner, 2011). Возможно, это связано с тем, что различия в изображениях и условиях их предъявления обуславливают различия в механизмах, задействованных в распознавании объектов. В своем обзоре Флом (Flom, 1991) подчеркивает, что взаимодействие между контурами представляет собой более простое явление, которое, скорее всего, наблюдается в случае попадания окружения и стимула в одни



и те же рецептивные поля нейронов первичной зрительной коры. Краудинг-эффект – более сложный феномен, в возникновение которого вносят вклад как факторы взаимодействия между контурами изображений, так и факторы направленности внимания при распознавании более сложных объектов.

Краудинг-эффект характеризуют изменения двух параметров: 1) критическое расстояние – расстояние между тестовыми и окружающими изображениями (дистракторами), в пределах которого дополнительные изображения достоверно ухудшают распознавание теста; 2) амплитуда – степень ухудшения распознавания теста, предъявляемого с дистрактором, по сравнению с распознаванием изолированного теста. Пелли и Тиллман (Pelli, Tillman, 2008) высказали предположение, что критическое расстояние и амплитуда краудинг-эффекта, скорее всего, взаимосвязаны: чем больше амплитуда, тем больше критическое расстояние.

Как сказано выше, в фовеа на пределе разрешения критическое расстояние мало, пропорционально остроте зрения наблюдателя и составляет величину в пределах диаметра тестового кольца Ландольта (Flom, Weymouth, Kahneman, 1963). Если рассматривать критическое расстояние как расстояние между краями предъявляемых изображений, то на пределе разрешения при нормальной остроте зрения для высококонтрастных стимулов оно составляет в угловых единицах величину 2–4 угл. мин, что было подтверждено последующими исследованиями (Бондарко, Данилова, 1996; Danilova, Bondarko, 2007; Hess, Jacobs, 1979). В случае, когда тестами являлись прямоугольные решетки, критическое расстояние удваивалось, если окружающие дополнительные решетки имели случайную ориентацию, в отличие от случая предъявления дополнительных решеток с фиксированной ориентацией (Данилова, Бондарко, 2002; Danilova, Bondarko, 2007). Даже незначительное увеличение размера высококонтрастного тестового стимула от величины предела разрешения приводит к уменьшению критического расстояния до 1 угловой минуты, что соответствует ширине оптической функции рассеяния (Danilova, Bondarko, 2007). В подобных условиях предъявления стимулов экспериментаторы (Strasburger, Harvey, Rentchler, 1991) не обнаружили краудинг-эффекта для высококонтрастных дистракторов при использовании в качестве тестовых изображений цифр размером 3,8 угл. мин и больше. Но следует отметить, что они не использовали достаточно малое расстояние между тестом и дистрактором. При использовании в качестве тестов отфильтрованных изображений букв при измерении контрастных порогов опознания исследователи обнаружили, что величина критического расстояния пропорциональна размеру теста (Levi, Klein, Hariharan, 2002), и сделали вывод, что в этом случае фовеальный краудинг-эффект является латеральной маскировкой. Также результаты многочисленных исследований свидетельствуют о том, что критическое расстояние зависит от контраста окружения: низкий контраст окружения приводит к уменьшению критического расстояния (Chung, Levi, Legge, 2001). Таким образом, при предъявлении тестовых объектов в центре поля зрения отмечается большая варибельность значений критического расстояния в зависимости от условий проведения экспериментов и используемых стимулов.

При изучении краудинг-эффекта на периферии Коои и др. (Kooi et al., 1994), Бернард и Чанг (Bernard, Chung, 2011) показали, что ухудшение распознавания зависит от формы дистракторов: отличающиеся от теста по форме дистракторы, предъявляемые на одном и том же расстоянии между изображениями, обуславливают меньший краудинг-эффект. Исследования с использованием различных дистракторов в центре поля зрения были проведены только на пределе разрешения зрительной системы при предъявлении высококонтрастных изображений. Их результаты оказались неоднозначными (Бондарко, Данилова,



2002; Данилова, Бондарко, 2002; Danilova, Bondarko, 2007). Для тестовых колец Ландольта существенных различий в амплитуде и критических расстояниях, зависящих от формы используемых дистракторов (кольца Ландольта, полосы и прямоугольные решетки) не было выявлено. В случае распознавания таких стимульных объектов, как тестовые прямоугольные решетки, критические расстояния оказались большими при окружении их решетками той же пространственной частоты. Аналогичные исследования специфики распознавания тестовых изображений больших размеров, предъявляемых в центре поля зрения, не проводились. Между тем их результаты могли бы помочь исследователям оценить все имеющиеся гипотезы, объясняющие возникновение краудинг-эффекта, и отдать предпочтение какой-либо из них.

В своей предыдущей работе (Бондарко и др., 2014) при изучении краудинг-эффекта на периферии мы показали достоверное ухудшение восприятия на всех используемых нами в экспериментах расстояниях от тестов до дистракторов. Максимальное расстояние до дополнительных изображений было равно эксцентриситету стимула. В этом случае дополнительное изображение появлялось в центре экрана, а тестовое – справа или слева от центра на расстоянии, равном 13,2 угл. град. Таким образом, критическое расстояние оказалось большим или равным эксцентриситету, что значительно превосходит общепризнанное расстояние: согласно правилу Боума (Booma, 1970), взаимодействие между тестом и окружением на периферии проявляется на расстоянии, равном половине эксцентриситета. В отличие от ранее проведенных исследований мы использовали тесты и дистракторы большого размера, но с пороговыми контрастами для каждого эксцентриситета. Мы полагали, что одинаковая плохая видимость изображений усложнит задачу наблюдателей, что может привести к увеличению критических расстояний. Мы предъявляли низкоконтрастные стимулы с размерами, намного превышающими предел разрешения для данного эксцентриситета.

В настоящей работе мы продолжили эти исследования. Стимулы, а также их характеристики, такие как размер и контраст, были аналогичны стимулам и их характеристикам, предъявляемым на периферию зрительного поля (Бондарко и др., 2014). Аналогичным был метод предъявления тестового стимула – стимул был либо одиночный, либо с одним дистрактором. Мы полагали, что в таких условиях полученные критические расстояния могут оказаться намного больше, чем были получены ранее. В отличие от исследования специфики распознавания объекта, предъявляемого на периферию зрительного поля в настоящей работе мы проанализировали отдельно данные для разных по форме дистракторов, поскольку такие работы, по нашим сведениям, никем ранее не проводились. Для изучения взаимосвязи критического расстояния, амплитуды краудинг-эффекта и формы дистракторов в центре поля зрения мы использовали в качестве тестов низкоконтрастные неотфильтрованные кольца Ландольта больших размеров, а в качестве дистракторов – аналогичные кольца Ландольта и сплошные кольца без разрыва такого же размера.

Таким образом, цель настоящей работы заключалась в исследовании влияния различных по форме дистракторов на распознавание предъявляемых в центре поля зрения тестовых изображений, по размеру значительно превосходящих предел разрешения. В результате мы обнаружили, что распознавание тестов при использовании аналогичных по форме дистракторов ухудшается при большем расстоянии между тестом и дополнительным изображением, чем то расстояние, величина которого была зафиксирована другими исследователями. Отличающиеся по форме дистракторы ухудшили распознавание только при соприкосновении с тестом, как было показано ранее Эртом и Хессом (Ehrt, Hess, 2005).



Методика

Аппаратура. Стимулы были синтезированы на компьютере в цифровом виде с помощью специально разработанной программы и предъявлялись наблюдателям на мониторе Mitsubishi Diamond Plus 230SB с размером диагонали 22" при разрешении экрана 1024×768 пикселей и частотой вертикальной развертки 100 Гц. Калибровка монитора выполнялась с помощью спектрорадиометра JETI. Яркость экрана составила 40 кд/м².

Стимулы. Тестовые изображения представляли собой низкоконтрастные кольца Ландольта со стандартными пропорциями, т. е. размер разрыва и ширина кольца составляли 1/5 диаметра кольца. В разных экспериментальных сессиях мы использовали размеры тестовых колец с диаметром 1,1; 1,5 и 2,2 угл. град. В качестве дистракторов использовали либо идентичные по форме кольца Ландольта, либо сплошные кольца без разрыва такого же размера. Ориентация у тестовых колец Ландольта и дистракторов менялась независимо друг от друга. На рис. 1 представлены примеры этих изображений. Тестовое кольцо имело более низкий контраст, чем дистракторы, у которых контраст был шкалирован и менялся в зависимости от расстояния до тестового кольца Ландольта.

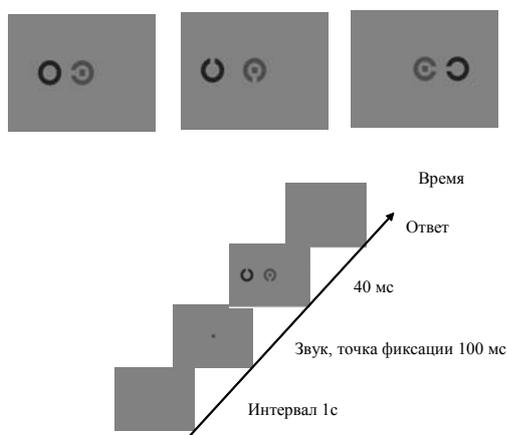


Рис. 1. Примеры изображений, использованных в исследовании.

Вверху – тестовые кольца Ландольта с точкой фиксации в центре. Дистракторы (дополнительные изображения) в виде кольца без разрыва или кольца Ландольта отличаются большим контрастом изображения. Внизу – временная последовательность предъявления изображений на экране

Процедура. Исследование состояло из двух этапов. На первом этапе в предварительных экспериментах методом «лестницы 3–1» были определены контрастные пороги различения ориентации колец Ландольта в зависимости от эксцентриситета. Метод лестницы заключался в том, что при трех правильных ответах контраст изображения уменьшался в 1,26 раз (на 0,1 логарифмической единицы), а при одном неправильном ответе контраст увеличивался на ту же величину. Для нахождения порога определяли средние значения контраста изображения в точках перегиба. Значения пороговых контрастов были определены при накоплении 40 перегибов для каждого наблюдателя в разные экспериментальные дни (Бондарко и др., 2014). Полученные таким образом контрастные пороги соответствуют 79,4% правильных ответов на психометрической кривой (Wetherill, Levitt, 1965). Время предъявления колец Ландольта составляло 40 мс. При большем времени наблюдатели рас-



познавали изображения большого размера в центре практически без ошибок даже при минимальных контрастах. Для каждого наблюдателя отдельно были измерены контрастные пороги для стимулов двух размеров.

Вторая часть исследования состояла из двух серий, основные отличия между которыми состояли в размерах предъявляемых стимулов. Предъявляли или только тестовые, или тестовые изображения с дистракторами. Все изображения были шкалированы по уровню контраста относительно пороговых значений. С увеличением расстояния до теста контраст изображений дистракторов возрастал согласно определенным ранее порогам. Стимулы предъявлялись бинокулярно с расстояния 57 см до экрана.

Каждое предъявление начиналось с появления точки фиксации размером 0,2 угл. град. и контрастом 0,1 в центре экрана, сопровождавшегося звуковым сигналом. Наблюдатель получал инструкцию смотреть на точку фиксации, которая оставалась на экране до конца предъявления теста. Через 100 мс в центре экрана появлялось либо тестовое кольцо Ландольта меньшего контраста без дистрактора, либо тестовое кольцо с одиночным дистрактором. Длительность стимула составляла 40 мс. Наблюдатель должен был ответить, какую ориентацию имеет тестовое кольцо. После ответа наблюдателя точка фиксации появлялась на экране через 1 с (рис. 1).

Дистрактор появлялся слева или справа от точки фиксации случайным образом на расстоянии от одного до двух диаметров тестового кольца между центрами изображений. Расстояние между тестом и дистрактором менялось с шагом, равным 0,2 диаметра тестового кольца. При минимальном расстоянии тестовое кольцо и дистрактор соприкасались, при максимальном – расстояние между краями составляло диаметр кольца.

Использовали процедуру четырехальтернативного вынужденного выбора: наблюдатель для идентификации ориентации предъявляемого кольца Ландольта нажимал одну из клавиш со стрелками на клавиатуре компьютера. Для случаев одновременного со стимулом предъявления дистрактора в половине случаев это было аналогичное кольцо Ландольта, а в половине – кольцо без разрыва. В данной экспериментальной сессии изолированное кольцо Ландольта предъявлялось такое же число раз, как в предыдущей.

Эксперименты с разным размером тестового стимула проводились в один день в случайном порядке. Всего было проведено по 20 повторений каждого эксперимента каждым испытуемым в разные экспериментальные дни. Для каждого расстояния между тестом и дистрактором тестовое изображение предъявлялось в четырех ориентациях, дистрактор в виде аналогичного кольца также предъявлялся независимо в 4-х ориентациях; их комбинация составила 16 предъявлений. Столько же раз тест предъявлялся в присутствии дополнительного сплошного кольца без разрыва. Таким образом, в каждом эксперименте было получено 32 ответа на стимул в присутствии дистрактора на каждом расстоянии или на изолированный стимул, а после проведения 20 повторений одного и того же эксперимента – 640 ответов.

Анализ данных. На первом этапе анализа данных в каждом эксперименте подсчитывались вероятности правильных ответов определения ориентации тестового кольца Ландольта на каждом расстоянии до дистракторов и ориентации изолированного стимула, затем эти вероятности были усреднены по всем 20 экспериментам. Критическое расстояние определяли путем попарного сравнения вероятностей правильных ответов на предъявление стимулов в виде изолированного тестового кольца Ландольта и тестового кольца в присутствии дистрактора. Использовали t -критерий Стьюдента для сравнения вероятностей в каждом эксперименте и критерий χ^2 -квадрат для усредненных вероятностей по всем экспериментам. За критическое



расстояние принималось максимальное расстояние между тестом и дистрактором, при котором вероятности распознавания ориентации достоверно отличались на уровне значимости 5%.

Наблюдатели. В экспериментах приняли участие четыре наблюдателя с нормальной или скорректированной остротой зрения. Все наблюдатели имели значительный опыт участия в психофизических экспериментах, но не были осведомлены о целях данного исследования. Наблюдателю S3 предъявлялись кольца Ландольта с диаметром 1,5 и 2,2 угл. град., а наблюдателям S1, S2 и S4 – с диаметром 1,1 и 1,5 угл. град.

Исследование было одобрено Этическим комитетом СПбГУ.

Результаты

Критическое расстояние. На рис. 2 показана вероятность правильных ответов распознавания ориентации центрального кольца Ландольта в зависимости от расстояния между центрами теста и дистрактора.

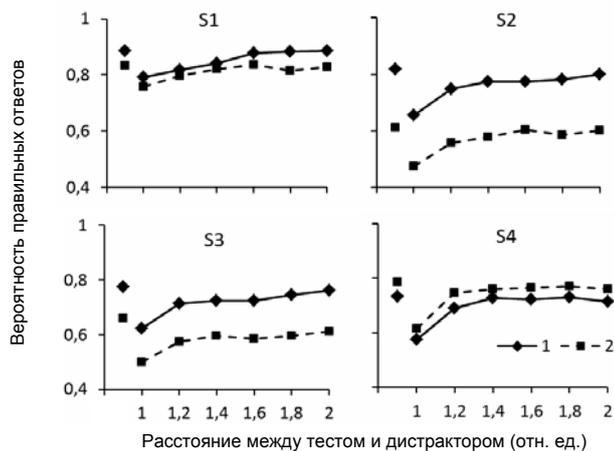


Рис. 2. Вероятность распознавания тестовых объектов в зависимости от расстояния до дистракторов.

Приведены данные наблюдателей S1, S2, S3 и S4. Кривые 1, 2 соответствуют предъявлению тестового стимула меньшего и большего размеров. Изолированные точки слева – вероятности правильного различения тестового стимула без дополнительного изображения

Данные приведены отдельно для каждого наблюдателя и каждого размера теста, но результаты усреднены для всех случаев, когда предъявлялся дистрактор – слева или справа от тестового стимула. Полученные нами кривые похожи на классические кривые, приведенные Фломом (Flom, 1991) для краудинг-эффекта в фовеальном поле зрения на пределе разрешения: минимальный процент правильных ответов обнаружен при минимальном расстоянии дистрактора от тестового стимула. С увеличением расстояния распознавание улучшается, но в нашем случае не достигает уровня, который был продемонстрирован испытуемыми при распознавании стимулов в виде изолированного кольца Ландольта в той же экспериментальной сессии.

Использование критерия χ^2 -квadrat для определения критического расстояния позволило рассчитать значения критических расстояний между объектом и дистрактором: а) наблюдатель S1 – критическое расстояние величиной 1,4 и 1,2 от размера тестового кольца; б) наблюдатель S2 – 1,8 и 1,4; в) наблюдатель S3 – 1,6 для обоих размеров колец, и, наконец, г) наблюдатель S4 – 1,2 также для обоих размеров тестовых изображений. Таким обра-



зом, среднее значение критического расстояния равно величине 1,475 от тестового стимула до дистрактора. При применении критерия Стьюдента было получено схожее среднее критическое расстояние 1,375. Данная величина не является такой малой, какие были получены другими исследователями (Ehrt, Hess, 2005; Levi, Klein, Hariharan, 2002), она сравнима с величиной 1,5, полученной Чанг и др. (Chung, Levi, Legge, 2001) при исследовании особенностей распознавания и оценки отфильтрованных букв.

Схожесть теста и дистрактора. На рис. 3 представлены результаты анализа вероятности правильных ответов при распознавании ориентации тестового стимула относительно дистрактора в зависимости от расстояния между ними (отдельно для каждого вида дистракторов). Кривые, описывающие результаты распознавания и оценки тестового стимула в случае присутствия в качестве дополнительного изображения аналогичного кольца Ландольта, расположены на графике ниже кривых, описывающих результаты распознавания и оценки тестового стимула в случае предъявления его с дистрактором в виде сплошного кольца без разрыва. Такого рода данные свидетельствует о том, что в случае предъявления тестового стимула с дистракторами одной с тестовым стимулом формы амплитуда краудинг-эффекта больше, чем в случае, когда формы тестового стимула и дистрактора различаются. Критическое расстояние также увеличивается в случае схожего с тестом дистрактора. Результаты распознавания и оценки стимулов наблюдателем S3, полученные методом анализа *Chi*-квадрат, указывают на достоверные различия между ответами на изолированный тест и на тест в присутствии дополнительного кольца Ландольта при любом расстоянии между тестовым стимулом и дистрактором и любом размере тестового стимула. Аналогичный результат был получен при анализе данных распознавания и оценки стимулов наблюдателями S2 и S4 при размере теста 1,5 угл. град. В этих случаях за величину критического расстояния было принято значение наибольшего расстояния между тестовым стимулом и дистрактором, т. е. значение, равное двойному размеру тестового стимула.

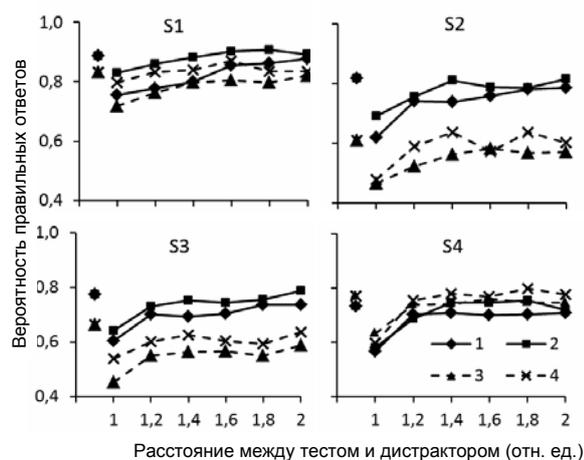


Рис. 3. Вероятность распознавания тестовых объектов в зависимости от типа дистрактора и расстояния до дистрактора

Приведены данные наблюдателей S1, S2, S3 и S4. Кривые 1, 3 соответствуют предъявлению тестового стимула с дистрактором в виде кольца Ландольта, кривые 2, 4 – с дистрактором в виде сплошного кольца. Кривые 1, 2 соответствуют предъявлению тестового стимула меньшего размера, кривые 3, 4 – большего размера



Итак, при анализе результатов распознавания стимулов испытуемыми получены следующие величины критических расстояний: а) наблюдатель S1 – критическое расстояние составляет 1,6 для размера теста 1,1 угл. град. и 1,8 – для размера 1,5 угл. град.; б) наблюдатель S2 – критическое расстояние составляет 1,8 для размера тестового стимула 1,1 угл. град.; в) наблюдатель S4 – при размере тестового стимула 1,1 угл. град. критическое расстояние составляет 1,4 единицы. Среднее значение критического расстояния (по всем наблюдателям и при двух размерах теста) составило 1,825 от размера кольца Ландольта. Однако если в качестве дистрактора предъявлялось кольцо без разрыва, ухудшение распознавания происходило только в том случае, когда расстояние между тестовым стимулом и дистрактором было наименьшим, т.е. когда тестовый стимул и дистрактор соприкасались. Таким образом, фoveальное зрение чувствительно к отличиям по форме дистрактора от тестового стимула, о чем говорит изменение амплитуды краудинг-эффекта и величины критического расстояния.

Ошибки смешивания. На рис. 4 представлена вероятность тех ошибок, когда в качестве ориентации тестового стимула наблюдатель указывал ориентацию дистрактора.

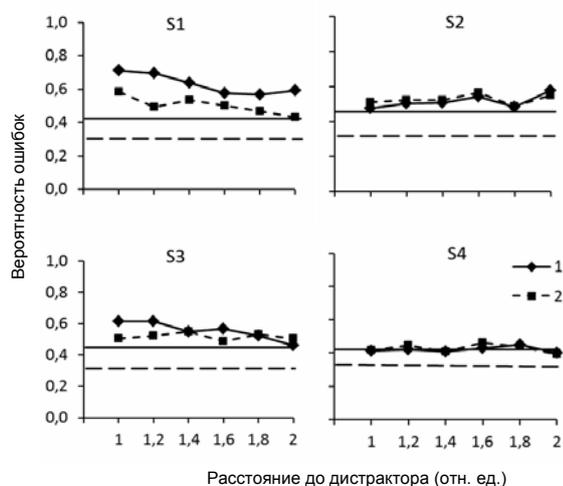


Рис. 4. Вероятность ошибок распознавания в случае, когда в качестве ориентации теста наблюдатель указывал ориентацию дистрактора.

Пунктирной линией показан уровень вероятности для случайного ответа (1/3). Сплошной линией отмечен уровень 5% по критерию Хи-квадрат, выше которого ошибки не случайны для каждого наблюдателя. Остальные обозначения те же, что и на рис. 2.

Ошибки вычислялись относительно всех неправильных ответов каждого наблюдателя, только когда в качестве дистрактора использовалось кольцо Ландольта. Во всех случаях ошибки достоверно отличаются от случайного уровня, который равен 1/3 (в случае четырех возможных ориентаций кольца Ландольта). На рисунке пунктирными линиями показан уровень случайных ошибок (1/3) и уровень, выше которого ошибки достоверно отличаются от случайных ($p=0,05$ по методу Хи-квадрат).

Следует заметить, что уровень таких ошибок практически не зависит от расстояния между тестовым стимулом и дистрактором. Ошибки не случайны и свидетельствуют, что ответы наблюдателя подвержены влиянию ориентации дистрактора.



Обсуждение

Данная работа посвящена исследованию явления краудинг-эффекта. Краудинг-эффект, как сформулировал Вудроу (Woodrow, 1938), представляет собой сложный феномен, происхождение и действие которого определяется работой нескольких механизмов зрительного восприятия. Разнообразие данных и выводов, сформулированных исследователями, объясняется различиями в условиях проведения экспериментов, запускающих действие того или иного механизма.

В настоящее время рассматриваются несколько основных гипотез для объяснения краудинг-эффекта (Levi, 2008; Pelli, Tillman, 2008; Strasburger, Rentschler, Juttner, 2011). Одна из гипотез предполагает объяснение размеров зон взаимодействия длиной связей на уровне зрительной области V1 (Pelli, 2008). Другая гипотеза (Pelli, Palomares, Majaj, 2004) предполагает двухэтапную восходящую обработку сигналов (bottom-up 'pooling of signals'). Согласно этой гипотезе, на первом этапе выделяются простые признаки изображений, и информация о них оказывается доступной для последующей обработки, как было показано Паркес и соавторами (Parkes et al., 2001) в исследовании процесса различения ориентации элементов Габора. Задача второго этапа заключается в объединении выделенных признаков для распознавания зрительного объекта. При возникновении краудинг-эффекта такое объединение осуществляется воспринимающим субъектом не всегда правильно: происходит смешивание признаков тестового стимула и дистрактора в случае их нахождения на близком расстоянии друг от друга. Именно из-за такого смешивания распознавание тестового стимула затруднено, а схожие дистракторы могут быть приняты за тестовый стимул.

Противопоставляемая первой вторая гипотеза предполагает наличие нисходящей обратной связи, и краудинг-эффект объясняется, главным образом, функционированием избирательного внимания (top-down 'attentional crowding'). Хе и соавторы (He, Cavanagh, Intriligator, 1996) вводят в анализ такое понятие, как разрешение внимания, и предполагают, что при каждом эксцентриситете существуют области определенного размера, которые может одновременно охватывать избирательное внимание. Краудинг-эффект является результатом невозможности направить внимание на тестовый объект в присутствии дистракторов в пределах области взаимодействия. Кроме того, рассматриваются также гипотезы о пространственном усреднении выделенных признаков (Parkes et al., 2001) и о пространственном замещении теста дистрактором (Strasburger, Rentschler, Juttner, 2011; Hanus, Vul, 2013).

При использовании дистракторов, отличающихся по форме от тестовых колец Ландольта (сплошные кольца без разрыва), мы получили результаты, свидетельствующие об ухудшении распознавания только для случаев соприкосновения тестового стимула и дистрактора. Аналогичный результат был получен также Эртом и Хессом (Ehrt, Hess, 2005) в исследовании особенностей восприятия стимульного объекта на материале распознавания колец Ландольта в окружении полосами большого размера. Однако при использовании дистракторов, идентичных тестовому стимулу, мы получили данные, отличающиеся от ранее известных. Ухудшение различения ориентации тестового кольца Ландольта наблюдалось на расстояниях, которые превышают величину критического расстояния, которая была получена другими исследователями (Levi, Klein, Hariharan, 2002). Мы определяли критическое расстояние как максимальное расстояние между центрами восприни-



маемых объектов, при котором правильное распознавание ориентации тестового стимула, предъявляемого с дистрактором, достоверно ниже, чем в случае предъявления изолированного стимульного объекта. В наших экспериментальных условиях критическое расстояние составило величину более 1,825 от размера тестового стимула для дистракторов, идентичных по форме тестовому кольцу Ландольта. Мы полагаем, что различия в полученных нами и другими исследователями данных обусловлены различиями в экспериментальной процедуре: 1) использование идентичных по форме или очень похожих тестовых стимулов и дистракторов; 2) короткая длительность предъявления стимулов; 3) использование стимульных изображений с низким околороговым контрастом, уровень которого шкалировался в зависимости от эксцентриситета в соответствии с индивидуальной контрастной чувствительностью каждого наблюдателя; 4) несимметричность предъявления дистрактора по отношению к тесту. Рассмотрим влияние каждого из этих условий на результаты нашего исследования.

Схожесть теста и дистрактора. Мы использовали два дистрактора подобной формы – кольцо Ландольта и сплошное кольцо без разрыва такого же размера. Даже при этом небольшом различии в форме предъявленных объектов происходит изменение амплитуды и критических расстояний краудинг-эффекта. Этот результат подтверждает предположение Пэлли и Тиллман (Pelli, Tillman, 2008) о том, что критическое расстояние и амплитуда краудинга взаимосвязаны: различие формы тестового стимула и дистрактора приводят к уменьшению как амплитуды, так и критического расстояния. Наш результат является косвенным подтверждением гипотезы о неправильном объединении первичных признаков, так как точному распознаванию тестового стимула препятствует нахождение в зрительном поле дистрактора одной с ним формы.

Короткая длительность стимулов. При проведении экспериментов по изучению краудинг-эффекта для предъявления изображений обычно используют длительности, большие 100 мс. Ухудшение распознавания букв также наблюдается и при неограниченном времени предъявления (Townsend et al., 1971). В нашем исследовании длительность предъявления стимула составляла 40 мс. В недавно проведенном исследовании Трипати и соавторов (Tripathy, Cavanagh, Bedell, 2014) при периферийном предъявлении стимулов показано, что при изменении длительности предъявления стимульных объектов от 26,7 до 426,8 мс размеры зон взаимодействия постепенно уменьшаются. Поэтому, возможно, краткое по длительности предъявление стимулов стало причиной увеличения критического расстояния, о чем свидетельствуют результаты проведенного нами исследования.

Низкий контраст стимулов. В фовета для высококонтрастного тестового стимула на пределе разрешения зрительной системы критическое расстояние не превышает размера тестового стимула. Но даже незначительное увеличение его размера приводит к значительному уменьшению критического расстояния до ширины оптической функции рассеяния (Danilova, Bondarko, 2007). Мы полагаем, что пороговые условия (предел разрешения, низкий контраст, малое время предъявления) приводят к возрастанию величины критического расстояния, которое может, в свою очередь, сокращаться даже при незначительном отклонении от пороговых условий. Аналогичное мнение высказывают Трипати и соавторы (Tripathy, Cavanagh, Bedell, 2014). Мы предполагаем, что околороговый контраст тестового стимула и небольшая длительность его предъявления могут затруднять выделение первичных признаков объектов. Краткостью предъявления стимульных объектов можно также объяснить и затруднения в работе избирательного внимания.



Несимметричность предъявления дистракторов. Возможно, что увеличение критического расстояния связано и с тем, что несимметрично предъявляемый дистрактор большего контраста, чем тестовый стимул, невольно отвлекал внимание наблюдателя от распознавания последнего. Наблюдатели точно знали, где находится тестовое изображение, тем не менее, допускали неслучайные ошибки, указывая ориентацию дистрактора вместо ориентации тестового стимула. Этот результат скорее подтверждает гипотезу о значении работы внимания: дополнительный объект в зоне внимания отвлекает от основного.

При анализе ошибок смешивания в первую очередь рассматривают действие механизмов пространственного замещения (Strasburger, Rentschler, Juttner, 2011) и неправильной интеграции признаков изображений (Pelli, Palomares, Majaj, 2004). Пространственное замещение предполагает ошибку восприятия и распознавания наблюдателем пространственного расположения тестового стимула и дистрактора. Неверная интеграция признаков означает существование расширенного поля интеграции, внутри которого простые признаки комбинируются неподходящим образом, приводящим к смешиванию признаков тестового стимула и дистрактора. Подобное заключение было сделано и другими исследователями (Hanus, Vul, 2013), которые провели несколько экспериментов с вариацией расстояния между тестовым стимулом и дистрактором, сложности задачи распознавания, длительности предъявления стимулов. Никаких доказательств, которые могли бы подтвердить преимущество того или иного механизма, при анализе ошибок и моделирования/прогнозировании различий в восприятии и распознавании тестового стимула и дистрактора, не было получено. Фриманом и соавторами была предложена комбинированная модель (Freeman, Chakravarthi, Pelli, 2012), которая учитывала наличие в краудинг-эффекте как интеграции признаков воспринимаемых объектов, так и их замещения. В проведенных нами экспериментах наблюдатели имели представление о локальном положении тестового кольца Ландольта по причине нахождения внутри него точки фиксации, но, тем не менее, делали неслучайные ошибки при распознавании объектов. В этом случае допущение о действии механизма пространственного замещения кажется маловероятным, здесь, скорее, речь идет о несовершенной интеграции признаков изображений.

Таким образом, полученные нами данные не могут быть объяснены с помощью какой-либо одной из рассмотренных выше гипотез. Мы считаем, что, как и было упомянуто в начале Обсуждения, краудинг-эффект объясняется работой нескольких механизмов восприятия и распознавания объектов, поэтому рассмотренные выше гипотезы должны не противопоставляться, а дополнять друг друга.

Заключение

В созданных нами экспериментальных условиях предъявления изображений больших размеров были впервые получены данные, свидетельствующие об ухудшении распознавания ориентации колец Ландольта в ситуации изменения формы дистракторов. В нашем исследовании тестовый стимул и дистрактор располагались на большем расстоянии друг от друга, чем расстояние, на котором они предъявлялись в такого же рода экспериментах. Возможно, что на результат распознавания предъявленных объектов оказал влияние фактор внимания. Неслучайные ошибки смешивания отражают, на наш взгляд, несовершенство механизма интеграции признаков в условиях низкого контраста изображения и дефицита времени.



Литература

- Бондарко В.М., Данилова М.В. Краудинг-эффект при различном окружении и расстоянии между стимулами // Сенсорные системы. 1996. Т. 10. № 1. С. 132–140.
- Бондарко В.М., Данилова М.В. Связь краудинг-эффекта с функционированием высокочастотных пространственных элементов // Сенсорные системы. 2002. Т. 16. № 2. С. 89–99.
- Бондарко В.М., Данилова М.В., Солнушкин С.Д., Чихман В.Н. Оценка размера зоны краудинг-эффекта при периферийном предъявлении стимулов // Физиология человека. 2014. Т. 40. № 3. С. 13–21.
- Данилова М.В., Бондарко В.М. Влияние контекста на выполнение задачи различения ориентации прямоугольных решеток на пределе разрешения зрительной системы // Сенсорные системы. 2002. Т. 16. № 2. С. 100–109.
- Atkinson J. Review of human visual development: crowding and dyslexia // Vision and visual dyslexia. London, 1991. P. 44–57.
- Bernard J.B., Chung S.T.L. The dependence of crowding on flanker complexity and target–flanker similarity [Электронный ресурс] // Journal of Vision. 2011. Vol. 11. P. 1–16. URL: <http://www.journalofvision.org/content/11/8/1>, doi:10.1167/11.8.1 (дата обращения: 15.06.2015).
- Bouma H. Interaction effects in parafoveal letter recognition // Nature. 1970. Vol. 226. № 5241. P. 177–178. doi:10.1038/226177a0.
- Chung S.T.L., Levi D.M., Legge G.E. Spatial-frequency and contrast properties of crowding // Vision Res. 2001. Vol. 41. P. 1833–1850. doi:10.1016/S0042-6989(01)00071-2.
- Danilova M.V., Bondarko V.M. Foveal contour interactions and crowding effects [Электронный ресурс] // Journal of Vision. 2007. Vol. 7. P. 1–18. URL: <http://journalofvision.org/17/12/25/>, doi:10.1167/1167.1162.1125 (дата обращения: 15. 06. 2015).
- Ehlers H. Clinical testing of visual acuity // AMA Archives of Ophthalmology. 1953. Vol. 49. №. 4. P. 431–434. doi:10.1001/archoph.1953.00920020441007.
- Ehrt O., Hess R. Foveal contour interaction: detection and discrimination // Journal of the Optical Society of America. A. 2005. Vol. 22. P. 209–216. doi:10.1364/JOSAA.22.000209.
- Flom M.C. Contour interaction and the crowding effect // Problems in Optometry. 1991. Vol. 3. P. 237–257.
- Flom M.C., Heath G.G., Takahashi E. Contour interaction and visual resolution: contralateral effects // Science. 1963. Vol. 142. P. 979–980. doi:10.1126/science.142.3594.979.
- Flom M.C., Weymouth F.W., Kahneman D. Visual resolution and contour interaction // Journal of the Optical Society of America. 1963. Vol. 53. № 9. P. 1026–1032. doi:10.1364/JOSA.53.001026.
- Freeman J., Chakravarthi R., Pelli D.G. Substitution and pooling in crowding // Atten. Percept. Psychophys. 2012. Vol. 74. P. 379–396. doi:10.3758/s13414-011-0229-0.
- Hanus D., Vul E. Quantifying error distributions in crowding // Journal of Vision. 2013. Vol. 13. № 4. P. 1–27. doi:10.1167/13.4.17.
- He S., Cavanagh P., Intriligator J. Attentional resolution and the locus of visual awareness // Nature. 1996. Vol. 383. P. 334–336. doi:10.1038/383334a0.
- Hess R.F., Jacobs R.J. A preliminary report of acuity and contour interactions across the amblyope's visual field // Vision Research. 1979. Vol. 19. P. 1403–1408. doi:10.1016/0042-6989(79)90214-1.
- Kooi F.L., Toet A., Tripathy S.P., Levi D.M. The effect of similarity and duration on spatial interaction in peripheral vision // Spatial Vision. 1994. Vol. 8. № 2. P. 255–279. doi:10.1163/156856894X00350.
- Levi D.M. Crowding—An essential bottleneck for object recognition: A mini-review // Vision Res. 2008. Vol. 48. P. 635–654. doi:10.1016/j.visres.2007.12.009.
- Levi D.M., Klein S.A., Hariharan S. Suppressive and facilitatory spatial interactions in foveal vision: foveal crowding is simple contrast masking // Journal of Vision. 2002. Vol. 2. P. 140–166. doi:10.1167/2.2.3.
- Parkes L., Lund J., Angelucci A., Solomon J., Morgan M. Compulsory averaging of crowded orientation signals in human vision // Nature Neuroscience. 2001. Vol. 4. № 7. P. 739–744. doi:10.1038/89532.
- Pelli D.G., Tillman K.A. The uncrowded window of object recognition // Nature neuroscience. 2008. Vol. 11.



№. 10. P. 1129–1135. doi:10.1038/nn1208-1463b.

Pelli D. G. Crowding: A cortical constraint on object recognition // *Current opinion in neurobiology*. 2008. Vol. 18. № 4. P. 445–451. doi:10.1016/j.conb.2008.09.008.

Pelli D. G., Palomares M., Majaj N. J. Crowding is unlike ordinary masking: distinguishing feature detection and integration // *Journal of Vision*. 2004. Vol. 4. P. 1136–1169. doi:10.1167/4.12.12.

Strasburger H., Harvey L. O., Rentschler I. Contrast thresholds for identification of numeric characters in direct and eccentric view // *Perception & Psychophysics*. 1991. Vol. 49. №. 6. P. 495–508. doi:10.3758/BF03212183.

Strasburger H., Rentschler I., Jüttner M. Peripheral vision and pattern recognition: A review // *Journal of Vision*. 2011. Vol. 11. № 5. doi:10.1167/11.5.1.

Townsend J. T., Taylor S. G., Brown D. R. Lateral masking for letters with unlimited viewing time // *Perception and Psychophysics*. 1971. Vol. 10. № 5. P. 375–378. doi:10.3758/BF03207464.

Tripathy S. P., Cavanagh P., Bedell H. E. Large crowding zones in peripheral vision for briefly presented stimuli // *Journal of Vision*. 2014. Vol. 14. № 6. doi:10.1167/14.6.11.

Wetherill G. B., Levitt H. Sequential estimation of points on a psychometric function // *British Journal of Mathematical and Statistical Psychology*. 1965. Vol. 18. P. 1–10. doi:10.1111/j.2044-8317.1965.tb00689.x.

Woodrow H. The effect of pattern upon simultaneous letter-span // *Journal of the Optical Society of America*. 1938. Vol. 51. P. 83–96. doi:10.2307/1416417.

STUDY OF CROWDING EFFECT FOR STIMULI OF LOW CONTRAST AND LARGE SIZE IN THE CENTRE OF VISION FIELD

BONDARKO V. M.^{*}, *Pavlov Institute of Physiology, RAS, St. Petersburg, Russia,*
e-mail: vmbond@gmail.com

DANILOVA M. V.^{**}, *Pavlov Institute of Physiology, RAS, St. Petersburg, Russia,*
e-mail: mar.danilova@gmail.com

SOLNUSHKIN S. D.^{***}, *Pavlov Institute of Physiology, RAS, St. Petersburg, Russia,*
e-mail: solnushkin@list.ru

CHIKHMAN V. N.^{****}, *Pavlov Institute of Physiology, RAS, St. Petersburg, Russia,*
e-mail: niv@pavlov.infran.ru

For citation:

Ekspериментal'naya Psikhologiya = Experimental Psychology (Russia), 2015, vol. 8, no. 2, pp. 5–20 (In Russ., abstr. in Engl.). doi:10.17759/exppsy.2015080202

^{*}*Bondarko V. M.* Dr.Sci. (Biology), Senior Researcher, Laboratory of Physiology, I.P. Pavlov Institute of Physiology RAN. E-mail: vmbond@gmail.com

^{**}*Danilova M. V.* Ph.D. (Biology), Leading Researcher, Laboratory of Physiology, I.P. Pavlov Institute of Physiology RAN. E-mail: mar.danilova@gmail.com

^{***}*Solnushkin S. D.* Senior Research Associate, Laboratory of Information Technologies and Mathematical Modeling, I.P. Pavlov Institute of Physiology RAN. E-mail: solnushkin@list.ru

^{****}*Chikhman V. N.* Ph.D. (Technical Sciences) Senior Research Associate, Head of the Laboratory of Information Technologies and Mathematical Modeling, I.P. Pavlov Institute of Physiology RAN. E-mail:



We present the results of psychophysical studies on the effect of additional images (distractors) for identification of test stimuli presented at the center of the visual field. As a test we used low contrast Landolt rings with size 1.1; 1.5 or 2.2 degrees. Distractors were Landolt rings or rings without discontinuities of the same size. Distractor would appear to the right or left of the ring in the region of 1 to 2 between the centers of the diameters of the test images. The task of the observer was in distinguishing the orientation of test Landolt rings. It is shown that the presentation of the same shape distractor degrades test recognition at a distance of up to 1,8 diameter of the Landolt test rings, which exceeds the interaction areas defined previously in the studies of the of crowding effect. Distractor in the form of a ring without gap degrades the perception on a minimum distance, in contact with the test. Errors in distinction of orientation of test Landolt rings were not accidental: observers have often pointed out the orientation of the distractor. The possible impact of integration features of images and attention on the outcome of experiments factor is discussed.

Keywords: recognition, crowding-effect, Landolt C, critical spacing, features integration, attention.

References

- Atkinson J. Review of human visual development: crowding and dyslexia. *Vision and visual dyslexia*, London, 1991, pp. 44–57.
- Bernard J.B., Chung S.T.L. The dependence of crowding on flanker complexity and target–flanker similarity. *Journal of Vision*, 2011, vol. 11, no. 8, pp. 1–16. <http://www.journalofvision.org/content/11/8/1>, doi:10.1167/11.8.1.
- Bondarko V.M., Danilova M.V. Krauding-effekt pri razlichnom okruzenii i rasstoyanii mezhdu stimulami [Crowding effect for different surrounding and distance between stimuli]. *Sensornye sistemy [Sensory systems (Russia)]*, 1996, vol. 10, no. 1, pp. 132–140 (In Russ.).
- Bondarko V.M., Danilova M.V. Svyaz' krauding-effekta s funktsionirovaniem vysokochastotnykh prostranstvennykh elementov [Connection of crowding-effect with work of high frequency spatial elements]. *Sensornye sistemy [Sensory systems (Russia)]*, 2002, vol. 16, no. 2, pp. 89–99 (In Russ.).
- Bondarko V.M., Danilova M.V., Solnushkin S.D., Chikhman V.N. Otsenka razmera zony krauding-effekta pri periferiinom pred'yavlenii stimulov [Estimates of the size of inhibitory areas in crowding effects in periphery]. *Fiziologiya cheloveka [Human physiology (Russia)]*, 2014, vol. 40, no. 3, pp. 13–21 (In Russ.).
- Bouma H. Interaction effects in parafoveal letter recognition. *Nature*. 1970, vol. 226, no. 5241, pp. 177–178. doi:10.1038/226177a0.
- Chung S.T.L., Levi D.M., Legge G.E. Spatial-frequency and contrast properties of crowding. *Vision Res.*, 2001, vol. 41, pp. 1833–1850. doi:10.1016/S0042-6989(01)00071-2.
- Danilova M.V., Bondarko V.M. Foveal contour interactions and crowding effects. *Journal of Vision*, 2007, vol. 7, no. 2, pp. 1–18. <http://journalofvision.org/17/12/25/>, doi:10.1167/1167.1162.1125.
- Danilova M.V., Bondarko V.M. Vliyanie konteksta na vypolnenie zadachi razlicheniya orientatsii pryamougol'nykh reshetok na predele razresheniya zritel'noi sistemy [Influence of context to discrimination of orientations of squared gratings at the resolution limit of visual system]. *Sensornye sistemy [Sensory systems (Russia)]*, 2002, vol. 16, no. 2, pp. 100–109 (In Russ.).
- Ehlers H. Clinical testing of visual acuity. *AMA Archives of Ophthalmology*, 1953, vol. 49, no. 4, pp. 431–434. doi:10.1001/archophth.1953.00920020441007.
- Ehrt O., Hess R. Foveal contour interaction: detection and discrimination. *J. Opt. Soc. Am. A*, 2005, vol. 22, pp. 209–216. doi:10.1364/JOSAA.22.000209.
- Flom M.C. Contour interaction and the crowding effect. *Problems in Optometry*. 1991, vol. 3, no. 2., pp. 237–257.
- Flom M.C., Heath G.G., Takahashi E. Contour interaction and visual resolution: contralateral effects. *Science*, 1963, vol. 142, no. 3594, pp. 979–980. doi:10.1126/science.142.3594.979.



- Flom M. C., Weymouth F.W., Kahneman D. Visual resolution and contour interaction. *J. Opt. Soc. Am.*, 1963, vol. 53, no. 9, pp. 1026–1032. doi:10.1364/JOSA.53.001026.
- Freeman J., Chakravarthi R., Pelli D. G. Substitution and pooling in crowding. *Atten. Percept. Psychophys.*, 2012, vol. 74, pp. 379–396. doi:10.3758/s13414-011-0229-0.
- Hanus D., Vul E. Quantifying error distributions in crowding. *Journal of Vision*, 2013, vol. 13, no. 4, pp. 1–27. doi:10.1167/13.4.17.
- He S., Cavanagh P., Intriligator J. Attentional resolution and the locus of visual awareness. *Nature*, 1996, vol. 383, pp. 334–336. doi:10.1038/383334a0.
- Hess R. F., Jacobs R.J. A preliminary report of acuity and contour interactions across the amblyope's visual field. *Vision Research*, 1979, vol. 19, pp. 1403–1408. doi:10.1016/0042-6989(79)90214-1.
- Kooi F.L., Toet A., Tripathy S.P., Levi D.M. The effect of similarity and duration on spatial interaction in peripheral vision. *Spatial Vision*, 1994, vol. 8, no. 2, pp. 255–279. doi:10.1163/156856894X00350.
- Levi D.M. Crowding—An essential bottleneck for object recognition: A mini-review. *Vision Res.*, 2008, vol. 48, pp. 635–654. doi:10.1167/2.2.3.
- Levi D.M., Klein S.A., Hariharan S. Suppressive and facilitatory spatial interactions in foveal vision: foveal crowding is simple contrast masking. *Journal of Vision*, 2002, vol. 2, pp. 140–166. doi:10.1016/j.visres.2007.12.009.
- Parkes L., Lund J., Angelucci A., Solomon J., Morgan M. Compulsory averaging of crowded orientation signals in human vision. *Nature Neuroscience*, 2001, vol. 4, no. 7, pp. 739–744. doi:10.1038/89532.
- Pelli D.G. Crowding: A cortical constraint on object recognition. *Current opinion in neurobiology*, 2008, vol. 18, no. 4, pp. 445–451. doi:10.1016/j.conb.2008.09.008.
- Pelli D.G., Palomares M., Majaj N.J. Crowding is unlike ordinary masking: distinguishing feature detection and integration. *Journal of Vision*, 2004, vol. 4, pp. 1136–1169. doi:10.1167/4.12.12.
- Pelli D.G., Tillman K.A. The uncrowded window of object recognition. *Nature Neuroscience*, 2008, vol. 11, pp. 1129–1135. doi:10.1038/nn1208-1463b.
- Strasburger H., Harvey L.O., Jr., Rentschler I. Contrast thresholds for identification of numeric characters in direct and eccentric view. *Perception & Psychophysics*, 1991, vol. 49, no. 6, pp. 495–508. doi:10.3758/BF03212183.
- Strasburger H., Rentschler I., Jüttner M. Peripheral vision and pattern recognition: A review. *Journal of Vision*, 2011, vol. 11, no. 5, pp. 1–30. doi:10.1167/11.5.13.
- Townsend J. T., Taylor S.G., Brown D. R. Lateral masking for letters with unlimited viewing time. *Perception and Psychophysics*, 1971, vol. 10, no. 5, pp. 375–378. doi:10.3758/BF03207464.
- Tripathy S.P., Cavanagh P., Bedell H.E. Large crowding zones in peripheral vision for briefly presented stimuli. *Journal of Vision*, 2014, vol. 14, no. 6. doi:10.1167/14.6.11.
- Wetherill G.B., Levitt H. Sequential estimation of points on a psychometric function. *British Journal of Mathematical and Statistical Psychology*, 1965, vol. 18, pp. 1–10. doi:10.1111/j.2044-8317.1965.tb00689.x.
- Woodrow H. The effect of pattern upon simultaneous letter-span. *Am. J. Psychology*, 1938, vol. 51, pp. 83–96. doi:10.2307/1416417.



ВЛИЯНИЕ НАГРУЗКИ НА ВЕРБАЛЬНУЮ РАБОЧУЮ ПАМЯТЬ ПРИ ГЛАЗОДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ В УСЛОВИЯХ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ ЗРИТЕЛЬНОГО ПОИСКА

ВЕЛИЧКОВСКИЙ Б.Б.*, факультет психологии, МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия,
e-mail: velitchk@mail.ru

ИЗМАЛКОВА А.И.**, факультет психологии, МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия,
e-mail: mayoran@mail.ru

В структуре рабочей памяти исследователями выделяются компоненты, отвечающие за хранение вербальной и зрительно-пространственной информации; несмотря на достаточно подробную изученность функций и механизмов их работы, вопрос об их взаимном влиянии остается открытым. В ходе исследований влияния нагрузки на вербальную рабочую память на особенности выполнения зрительного поиска – задания, требующего использования ресурсов зрительно-пространственной рабочей памяти – было обнаружено, что нагрузка на вербальную рабочую память приводит к повышению эффективности обнаружения целей. Результаты анализа глазодвигательной активности в условиях выполнения задания зрительного поиска также указывают на то, что выполнение такого рода задания в условиях нагрузки на вербальную рабочую память сопровождается увеличением когнитивной напряженности и повышением степени автоматизации поиска. Полученные результаты могут свидетельствовать о взаимодействии вербального и зрительно-пространственного компонентов рабочей памяти, связанного с разделением неспецифических когнитивных ресурсов между ними.

Ключевые слова: вербальная рабочая память, зрительно-пространственная рабочая память, зрительный поиск, автоматизмы, когнитивные ресурсы.

Введение

Рабочая память – это система когнитивных процессов, обеспечивающих хранение и переработку информации, необходимой для решения актуально стоящих перед человеком задач (Клингберг, 2010; Baddeley, 1986; Turner, Engle, 1989). Роль рабочей памяти может быть наглядно продемонстрирована в ситуациях выполнения простых арифметических вычислений. В ходе осуществления арифметических действий ресурсы рабочей памяти используются для удержания операндов, применения к ним операций и сохранения промежуточных результатов. Необходимость использования рабочей памяти возникает тогда, когда решение задачи требует актуализации когнитивных репрезентаций и осуществления трансформаций над ним в некотором «ментальном пространстве» (Franklin, Vaars, 2003).

Для цитаты:

Величковский Б.Б., Измакова А.И. Влияние нагрузки на вербальную рабочую память при глазодвигательной активности в условиях выполнения задания зрительного поиска // Экспериментальная психология. 2015. Т. 8. № 2. С. 21–35. doi:10.17759/exppsy.2015080203

*Величковский Б.Б. Кандидат психологических наук, доцент кафедры методологии психологии, факультет психологии, МГУ имени М.В. Ломоносова. E-mail: velitchk@mail.ru

**Измакова А.И. Научный сотрудник, лаборатория психологии труда, факультет психологии, МГУ имени М.В. Ломоносова. E-mail: mayoran@mail.ru



С точки зрения современных теорий, именно рабочая память выполняет функцию «ментального рабочего пространства», напрямую связанного с функциями произвольного контроля деятельности и сознания. Более того, исследователи указывают на тот факт, что индивидуальные различия в объеме рабочей памяти тесно связаны с показателями общего интеллекта (Ackerman et al., 2005) и эффективностью выполнения различных видов сложной деятельности (Engle et al., 1999).

Сегодня наблюдается значительный рост числа исследований, посвященных изучению структуры рабочей памяти и ее механизмов. Несмотря на большое количество концепций структуры рабочей памяти, основной моделью рабочей памяти до сих пор является мультикомпонентная модель А. Бэддели (Baddeley, 1986). В этой модели рабочая память представляется в виде иерархически организованной системы компонентов, в которой выделяется управляющий компонент («центральный исполнитель») и несколько подчиненных ему систем хранения. Системы хранения обеспечивают удержание информации в течение непродолжительных интервалов времени, причем поддержание активации отдельных репрезентаций осуществляется с помощью специализированных процессов «обновления» информации. Различные системы хранения предназначены для удержания информации разных типов. В экспериментальных исследованиях А. Бэддели хорошо документировано различие между системами хранения вербальных и зрительных репрезентаций. Вербальная информация удерживается в так называемой фонологической петле, а зрительная – в так называемом зрительно-пространственном блокноте (хранение репрезентаций объектов и их пространственных положений осуществляется отдельно). Хранение информации прочих модальностей (например, кинестетической) осуществляется в других системах хранения.

Полученные в экспериментальных работах данные о наличии в структуре рабочей памяти компонентов, связанных с переработкой вербальной и зрительно-пространственной информации, подтверждаются результатами корреляционных исследований (Giofre et al., 2013). В частности, исследования такого рода указывают на то, что латентные факторы, соответствующие вербальному и зрительно-пространственному компоненту, практически ортогональны друг другу (Shah, Miyake, 1996). Таким образом, функционирование этих компонентов описывается как независимое. Такая изоляция вербального и зрительно-пространственного компонентов имплицитно предполагается и в модели А. Бэддели. Тем не менее, вопрос о взаимовлиянии вербального и зрительно-пространственного компонентов остается открытым. Теоретическое значение этого вопроса заключается в том, что его решение связано с решением вопроса о роли доменно-неспецифических когнитивных ресурсов в функционировании рабочей памяти. Если вербальный и зрительно-пространственный компоненты оказывают влияние друг на друга, то справедливо предположение о существенном вкладе неспецифических ресурсов в реализацию функций рабочей памяти. Установление справедливости этого предположения позволяет проследить связь между функциями рабочей памяти и функциями сознательного контроля когнитивной деятельности человека (Миллер и др., 1965; Franklin, Vaars, 2003).

Цель данного исследования состояла в определении степени влияния деятельности вербального компонента хранения информации на работу зрительно-пространственного компонента. Для этого необходимо, в первую очередь, оценить, в какой мере необходимость удержания информации в вербальном компоненте определяет особенности выполнения задачи, требующей использования зрительно-пространственного компонента. В качестве такой задачи была выбрана задача зрительного поиска (Treisman, Gelade, 1980). Многие специ-



алисты в области когнитивной науки не раз высказывали предположения о том, что зрительный поиск осуществляется с привлечением ресурсов зрительно-пространственной рабочей памяти, в частности, для сравнения обследуемых объектов с эталоном и для удержания информации о пространственном положении объектов (Bundesen, 1990; Woodman, Luck, 2004). Так как влияние нагрузки на вербальную рабочую память на скорость и точность зрительного поиска может быть нейтрализовано такими факторами, как мотивация или мобилизация, способствующими поддержанию заданного уровня эффективности деятельности, то следующим весьма важным вопросом исследования стал вопрос о том, как под влиянием нагрузки на рабочую память изменяется характер глазодвигательной активности, сопровождающей зрительный поиск. Параметры движений глаз, сопровождающих решение многих зрительных и вербальных задач, являются информативными показателями особенностей психологических процессов, лежащих в основе их выполнения (Барабанщиков, Жегалло, 2014).

Итак, был сделан вывод о том, что нагрузка на зрительно-пространственную рабочую память может влиять на осуществление зрительного поиска. Манипулируя нагрузкой на пространственную рабочую память, Вудман и Лак обнаружили, что эффективность зрительного поиска уменьшается вследствие увеличения нагрузки (Woodman, Luck, 2004). При этом нагрузка на рабочую память приводила не только к увеличению времени поиска в среднем, но и к увеличению наклона поисковой кривой, что говорит о снижении эффективности процессов поиска, а не только процессов, связанных с кодированием стимуляции и реализацией моторного ответа. В другом исследовании также было обнаружено, что нагрузка на пространственную рабочую память приводит к снижению эффективности зрительного поиска, в отличие от нагрузки на объектную память (Oh, Kim, 2004). С использованием задачи зрительного поиска с реалистичной стимуляцией (обнаружение пешеходами опасных объектов) показано, что нагрузка на зрительную и пространственную рабочую память объясняет значимую долю дисперсии показателей процессов зрительного поиска (Kovesdi, Barton, 2013). Общий вывод, который может быть сделан из этих исследований, заключается в том, что выполнение зрительного поиска и хранение информации в пространственной рабочей памяти требует использования одного и того же когнитивного механизма с ограниченной пропускной способностью.

Исследования влияния нагрузки на вербальную рабочую память на эффективность зрительного поиска крайне редки. В этих исследованиях сравнивается влияние вербальной и невербальной рабочей памяти. Результаты исследования Андерсона и др. (Anderson et al., 2008) указывают на то, что нагрузка на вербальную рабочую память снижает эффективность контролируемого зрительного поиска в той же мере, в какой ее снижает нагрузка на пространственную рабочую память. Примечательно, что оба вида нагрузки не влияли на эффективность автоматического зрительного поиска. С использованием реалистичного экспериментального сценария (обнаружение периферических объектов во время вождения в симуляторе) также обнаружено, что эффективность зрительного поиска снижается как под воздействием нагрузки на пространственную рабочую память, так и под влиянием нагрузки на вербальную рабочую память (Charatto et al., 2007). Таким образом, нагрузка на вербальную рабочую память может оказывать негативное влияние на выполнение задачи, требующей использования ресурсов зрительно-пространственной рабочей памяти. Эти результаты свидетельствуют в пользу того факта, что процесс выполнения зрительного поиска определяется работой механизмов памяти – общих как для вербальной, так и для зрительно-пространственной рабочей памяти.



Нагрузка на рабочую память может приводить не только к изменениям показателей эффективности выполнения различных когнитивных задач (таких, как задача зрительного поиска), но и к специфическим изменениям глазодвигательной активности (Lehtonen et al., 2012; MacNamara et al., 2012). Например, было показано, что при управлении автомобилем на дороге с поворотами нагрузка на рабочую память приводит к снижению вероятности антиципирующих движений глаз, направленных на мониторинг точек окклюзии – ближайших к водителю точек дороги, за которыми дорога скрыта от наблюдения (Lehtonen et al., 2012). Таким образом, нагрузка на рабочую память приводит к повышению экономичности движений глаз, известному обеднению их динамики, их концентрации на элементах, непосредственно необходимых для выполнения текущей задачи (в данном примере – на элементах, мониторинг которых необходим для поддержания оптимальной траектории движения). Примечательно, что данный эффект был получен в ситуации повышенной нагрузки на рабочую память, вызванную выполнением задания, не имеющего выраженного зрительно-пространственного или моторного компонента. Было продемонстрировано, что нагрузка на рабочую память приводит к увеличению количества фиксаций на предъявляемых испытуемому эмоционально-значимых лицах, т.е. к изменению стратегий распределения и концентрации внимания (MacNamara et al., 2012). В целом, эти и другие исследования показывают, что использование ресурсов рабочей памяти может приводить к изменению характера движений глаз, отражающему изменения в когнитивных стратегиях решения актуально стоящих перед человеком задач.

В данной работе было изучено влияние нагрузки на вербальную рабочую память на глазодвигательную активность при выполнении зрительного поиска в реалистичных зрительных сценах (поиск фигур людей на фотографиях городских ландшафтов). Предполагалось обнаружить изменения характера движений глаз, связанных с тем, что необходимость использовать ресурсы вербальной рабочей памяти приводит к снижению доступности когнитивных ресурсов и, как следствие, к увеличению когнитивной нагрузки при выполнении задачи зрительного поиска. Такие изменения могут наблюдаться в динамике различных показателей глазодвигательной активности, включая как характеристики фиксаций, так и характеристики саккад. Обнаружение изменений глазодвигательной активности при выполнении задачи зрительного поиска, требующей привлечения ресурсов зрительно-пространственной рабочей памяти, под влиянием нагрузки на вербальную рабочую память, позволит опровергнуть предположение о независимости вербального и зрительно-пространственного компонентов рабочей памяти и сделать новые выводы о функциональной организации рабочей памяти.

Методика

Испытуемые. В эксперименте приняли участие 16 человек, студенты факультета психологии МГУ имени М.В. Ломоносова, 14 женщин и 2 мужчин в возрасте от 20 до 25 лет, с нормальным или скорректированным зрением.

Аппаратура. Предъявление зрительной стимуляции осуществлялось с помощью 19" ЖК-монитора, расположенного на расстоянии 60–65 см от испытуемого. Ответы испытуемого фиксировались с помощью клавиатуры. Программирование экспериментальных заданий было осуществлено в программной среде ExperimentBuilder производства SR Research (Канада). Регистрация движений глаз осуществлялась с помощью системы бесконтактной видеорегистрации движений глаз EyeLink 1000 производства SR Research (Канада) с частотой 250 Гц. Выделение фиксаций осуществлялось на основе обработки данных о скорости и ускорении движений глаз.



Схема эксперимента. Основной задачей испытуемых было определение наличия изображений людей на фотографиях городских сцен. Фотографии были отобраны случайным образом из набора фотографий, описанного в работе Эрлингера и др. (Ehringer et al., 2009). Указанный набор содержит фотографии городских сцен, уравненные по наличию изображений людей, их пространственному расположению, средней яркости фотографий, и используется для разработки алгоритмов компьютерного зрения, позволяющих автоматически выделять области, непроизвольно привлекающие внимание испытуемых. Из 912 фотографий, содержащихся в этом наборе, для предъявления были отобраны 50 фотографий, содержащих изображения людей, и 50 фотографий, не содержащих изображений людей.

Было использовано два экспериментальных условия – условие с нагрузкой на вербальную рабочую память и условие без нагрузки на вербальную рабочую память. В условии с нагрузкой на вербальную рабочую память испытуемые во время выполнения основного задания должны были удерживать в рабочей памяти набор из четырех случайно отобранных цифр. С этой целью перед предъявлением каждого зрительного кадра, для которого следовало определить наличие или отсутствие изображений людей, испытуемым в течение 5 секунд зрительно предъявлялся набор из четырех цифр. После выполнения основной задачи – определения наличия или отсутствия изображений людей на предъявленном зрительном кадре – испытуемым предъявлялась цифра, и они должны были определить, содержалась ли она в предъявленном ранее наборе цифр. Ответы испытуемых фиксировались при помощи клавиатуры («да» – клавиша «?», «нет» – клавиша «z»). Аналогично фиксировались ответы испытуемого при выполнении основного задания. Зрительные кадры основного задания предъявлялись случайным образом.

В условии без нагрузки на вербальную рабочую память испытуемые выполняли только основное задание, определяя наличие изображений людей в серии зрительных кадров. Порядок предъявления экспериментальных условий был сбалансирован между испытуемыми (по схемам АВ и ВА).

Регистрируемые показатели. В ходе эксперимента фиксировалась точность выполнения задачи зрительного поиска (доля правильных ответов при определении наличия изображений людей) и удержания информации в рабочей памяти (доля правильных ответов при опознании цифр). Регистрировался ряд показателей глазодвигательной активности, включая характеристики фиксации и саккад:

- длительность фиксации;
- амплитуда саккад;
- средняя скорость саккад;
- пиковая скорость саккад.

В качестве показателя ментальной нагрузки также регистрировался размер зрачка. Обработка данных производилась с помощью t-критерия Стьюдента для зависимых выборок. При анализе длительности фиксации производилось построение индивидуальных эмпирических распределений длительности фиксации и их подгонка к экспоненциально-гауссовскому распределению с применением методов нелинейной оптимизации, реализованных в пакете GAMLSS программной среды R. Полученные таким образом индивидуальные распределения длительности фиксации описывались с помощью трех параметров (μ , σ , τ), с использованием которых проводился дальнейший статистический анализ. Два параметра – μ и σ – характеризуют, соответственно, среднее и стандартное отклонение гауссовского компонента экспоненциально-гауссовского распределения, а параметр τ характеризует степень сме-

щения экспоненциального компонента экспоненциально-гауссовского распределения вправо. Моделирование распределения длительности фиксации с помощью экспоненциально-гауссовского распределения получили сегодня определенное распространение (см., например: Staub, Venatar, 2013). Особый интерес при использовании этого метода представляет анализ параметра τ , отражающего долю «сверхдлинных фиксаций», связанных с процессами сознательной, фокальной зрительной обработки (Velichkovsky et al., 2005).

Результаты

Данные о точности выполнения задачи зрительного поиска показывают, что нагрузка на вербальную рабочую память приводит к ее изменению. Согласно тесту Колмогорова-Смирнова, показатели точности выполнения зрительного поиска (% правильных ответов) были распределены в соответствии с нормальным распределением (в условии без нагрузки на рабочую память – $Z=0,98$, $p>0,05$; в условии с нагрузкой на рабочую память – $Z=0,92$, $p>0,05$), что делает правомерным применение параметрического критерия сравнения средних при их сопоставлении. В условии без нагрузки средняя точность зрительного поиска составила 93%, а в условии с нагрузкой – 97,6%. Это различие оказывается значимым, $t(15)=3,54$, $p<0,01$. Точность выполнения задачи на рабочую память (опознание цифр) составила 97%. Индивидуальные значения точности зрительного поиска (рис. 1) указывают на общий характер выделенного эффекта.

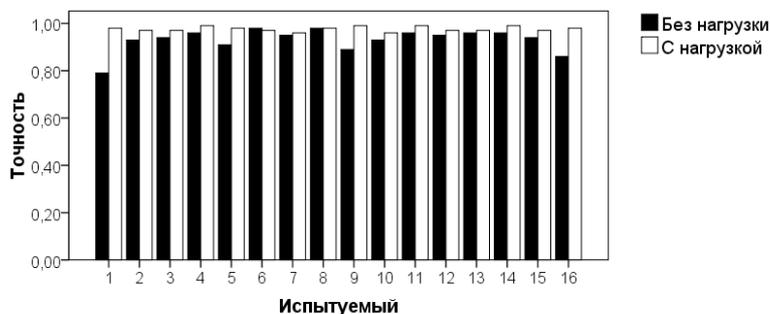


Рис. 1. Индивидуальная точность зрительного поиска в зависимости от нагрузки на вербальную рабочую память

Данные о параметрах глазодвигательной активности дают неоднородную картину их динамики под влиянием нагрузки на вербальную рабочую память. Во-первых, для показателя средней длительности фиксации не было обнаружено влияния нагрузки на рабочую память. Распределения длительности фиксации в разных экспериментальных условиях соответствовали нормальному закону ($Z=0,52$, $p>0,05$ – в условии без нагрузки на рабочую память; $Z=0,84$, $p>0,05$ – в условии с нагрузкой на рабочую память). В условии без нагрузки на рабочую память средняя длительность фиксации составила 259 мс, а в условии с нагрузкой на рабочую память она составила почти идентичные 257 мс. Это различие не является значимым, $t(15)=-0,39$, $p>0,05$. Отсутствие различий между средней длительности фиксации в условиях с нагрузкой на рабочую память и без нее является неожиданным результатом, так как длительность фиксации является достаточно надежным показателем уровня когнитивной нагрузки. В связи с этим был проведен дополнительный анализ распределений длительности фиксации (см. далее).



Во-вторых, для различных параметров саккадических движений глаз – амплитуды саккад, средней скорости саккад и пиковой скорости саккад – было обнаружено влияние нагрузки на вербальную рабочую память. Распределение параметров саккад соответствовало нормальному распределению. Для амплитуды саккад значения критерия Колмогорова–Смирнова составили $Z=0,47$ ($p>0,05$) и $Z=0,62$ ($p>0,05$) в условии без нагрузки на рабочую память и с нагрузкой на рабочую память, соответственно; для средней скорости саккад значения критерия Колмогорова–Смирнова составили $Z=0,52$ ($p>0,05$) и $Z=0,64$ ($p>0,05$); для пиковой скорости саккад – $Z=0,57$ ($p>0,05$) и $Z=0,67$ ($p>0,05$). Средняя амплитуда саккад в условии без нагрузки на рабочую память составила 5,7 градусов, а в условии с нагрузкой на рабочую память – 6,2 градуса. Это различие является значимым, $t(15)=-8,33$, $p<0,001$ (рис. 2). Средняя скорость саккад в условии без нагрузки на рабочую память составила 161 градусов/секунду, а в условии с нагрузкой на рабочую память – 171 градусов/секунду. Такое увеличение средней скорости саккад является значимым, $t(15)=-7,8$, $p<0,001$ (рис. 3). Пиковая скорость саккад в условии без нагрузки на рабочую память составила 190 градусов/секунду, а в условии с нагрузкой на рабочую память – 202 градуса/секунду. Данное различие является значимым, $t(15)=-6,2$, $p<0,001$ (рис. 4).

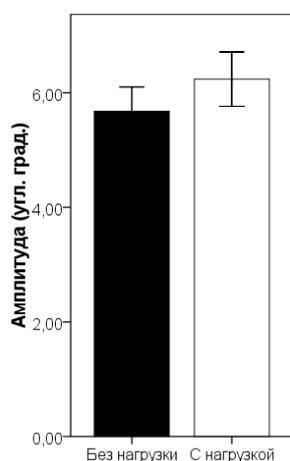


Рис. 2. Изменение амплитуды саккад (угл. град.) в зависимости от нагрузки на вербальную рабочую память

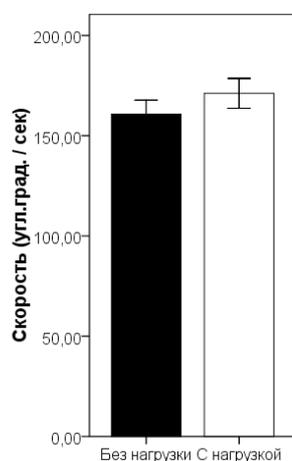


Рис. 3. Изменение средней скорости саккад (угл. град./сек) в зависимости от нагрузки на вербальную рабочую память

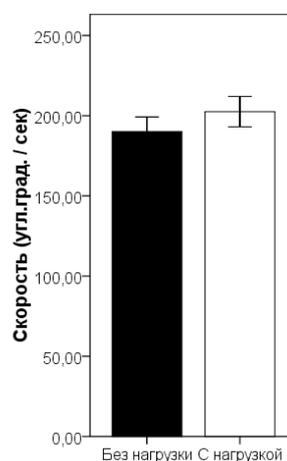


Рис. 4. Изменение пиковой скорости саккад (угл. град./сек) в зависимости от нагрузки на вербальную рабочую память

Нагрузка на рабочую память ожидаемым образом приводила и к изменению размера зрачка. Распределение значений размера зрачка соответствовало нормальному закону ($Z=0,66$, $p>0,05$ – в условии без нагрузки на рабочую память, $Z=0,59$, $p>0,05$ – в условии с нагрузкой на рабочую память). В условии без нагрузки на рабочую память размер зрачка составил 357 условных единиц, а в условии с нагрузкой на рабочую память – 325 условных единиц. Данное различие является значимым, $t(15)=3,24$, $p<0,01$.

Таким образом, были получены результаты, свидетельствующие о изменении параметров саккад и размера зрачка в условии с нагрузкой на рабочую память, а также результаты об отсутствии изменения длительности фиксации в этом условии. Такие результаты представляются противоречивыми, так как использованные параметры саккад, размер



зрчка, а также длительность фиксаций являются показателями, чувствительными к увеличению нагрузки на центральные элементы системы переработки информации у человека. В этой связи был проведен дополнительный анализ индивидуальных распределений длительности фиксаций с целью выявления изменений параметров распределения длительности фиксаций под влиянием нагрузки на вербальную рабочую память.

Для каждого испытуемого в каждом экспериментальном условии была осуществлена подгонка распределения длительности фиксаций к экспоненциально-гауссовскому распределению и определены оптимальные параметры этого распределения (μ , σ , τ – см. раздел Методика). Для всех параметров были обнаружены значимые различия между условием с нагрузкой на вербальную рабочую память и условием без нагрузки на вербальную рабочую память. Среднее значение параметра μ в условии без нагрузки на рабочую память составило 128, а в условии с нагрузкой на рабочую память – 135. Данное различие является значимым, $t(14)=-2,33$, $p<0,05$. Среднее значение параметра σ в условии без нагрузки на рабочую память составило 3,87, а в условии с нагрузкой на рабочую память – 3,96. Данное различие является значимым, $t(14)=-3,95$, $p<0,05$. Среднее значение параметра τ в условии без нагрузки на рабочую память составило 4,86, а в условии с нагрузкой на рабочую память – 4,78. Данное различие также является значимым, $t(14)=2,34$, $p<0,05$. Таким образом, нагрузка на рабочую память не приводит к изменению среднего значения длительности фиксаций, но приводит к изменению параметров, моделирующих распределения фиксаций экспоненциально-гауссовских распределений. Гауссовские компоненты этих распределений смещаются вправо и характеризуются увеличенным разбросом значений, а экспоненциальные компоненты распределений под влиянием нагрузки на рабочую память несколько смещаются влево. Последний результат можно интерпретировать как свидетельство снижения доли «сверх-длинных» фиксаций при осуществлении зрительного поиска в условии с нагрузкой на вербальную рабочую память.

Обсуждение

Проведенное исследование было посвящено изучению степени влияния нагрузки на вербальную рабочую память на выполнение задачи, требующей привлечения ресурсов зрительно-пространственной рабочей памяти. В частности, в исследовании был поставлен вопрос о том, приводит ли нагрузка на вербальную рабочую память к изменению характеристик глазодвигательной активности при выполнении задачи зрительного поиска. Полученные результаты показывают, что нагрузка на рабочую память влияет на выполнение задачи зрительного поиска и сопровождающую его глазодвигательную активность.

Во-первых, было обнаружено значимое увеличение точности выполнения зрительного поиска в условии с нагрузкой на вербальную рабочую память. Такой результат может быть объяснен различиями в уровне мобилизации когнитивных ресурсов, характерном для работы в разных экспериментальных условиях. В условии без нагрузки на вербальную рабочую память задача зрительного поиска высокозаметных фигур людей является достаточно простой для испытуемых, в силу чего при ее выполнении у них может развиваться состояние монотонии. Такие состояния приводят к увеличению количества ошибок при выполнении простой деятельности с высокой скоростью (Леонова, 1984). В условии с нагрузкой на вербальную рабочую память необходимость выделять когнитивные ресурсы на удержание информации в рабочей памяти приводит к увеличению сложности деятельно-



сти, которое сопровождается повышением уровня энергетического и ресурсного обеспечения (Канеман, 2006). Усложнение условий деятельности может приводить к мобилизации процессов когнитивной сферы, косвенным следствием которой является повышение точности зрительного поиска.

Во-вторых, между условиями с нагрузкой на вербальную рабочую память и без нагрузки на вербальную рабочую память были обнаружены значимые различия в ряде характеристик глазодвигательной активности, сопровождающей зрительный поиск. Такие различия обнаружены для амплитуды саккад, а также средней и пиковой скорости саккад. Показано (Ahlstrom, Friedman-Berg, 2006; DiStasi et al., 2011), что увеличение этих показателей является индикатором увеличения когнитивной нагрузки – умственного усилия, которое необходимо приложить для решения когнитивной задачи (Канеман, 2006). Полученные результаты подтверждают предположение о том, что нагрузка на вербальную рабочую память приводит к использованию неспецифических когнитивных ресурсов, т.е. таких когнитивных ресурсов, которые обеспечивают решение любых когнитивных задач.

Вывод об увеличении когнитивной нагрузки и возникающей вследствие этого мобилизации когнитивных ресурсов под влиянием нагрузки на вербальную рабочую память подтверждается изменениями параметров длительности фиксации. Эти изменения касаются трех аспектов индивидуальных распределений длительности фиксации – среднего значения гауссовского компонента распределений длительности фиксации, их стандартного отклонения, а также среднего значения экспоненциального компонента распределений длительности фиксации. Эти результаты, с одной стороны, показывают, что для основной массы фиксации (представленной гауссовским компонентом распределения) их длительность, а также разброс длительности вокруг среднего значения увеличивается, и таким образом свидетельствуют о том, что при выполнении задания с нагрузкой на вербальную рабочую память увеличивается сложность работы, которая проявляется в замедлении глазодвигательной активности и снижении степени сознательного контроля над ее осуществлением. С другой стороны, смещение экспоненциального компонента распределения длительности фиксации влево свидетельствует о том, что длительность фиксации, соответствующих этому компоненту, уменьшается. Экспоненциальному компоненту могут соответствовать «долгие» фиксации (обычно более 300–500 мс), связанные с сознательной зрительной обработкой. При увеличении сложности заданий доля таких фиксации обычно увеличивается, что может быть связано с увеличением уровня сознательного контроля за осуществляемой деятельностью. Наблюдаемое в данном случае изменение среднего экспоненциального компонента свидетельствует о снижении доли «долгих» фиксации, что может говорить о снижении уровня сознательного контроля над выполнением задачи зрительного поиска.

Процесс выполнения использованной в исследовании задачи зрительного поиска содержит как автоматические компоненты, так и компоненты, требующие сознательного контроля. В частности, показано, что при поиске объектов в экологически валидных сценах целенаправленные процессы организации зрительного поиска, учитывающие содержание сцен и вероятное расположение целевых объектов, позволяют существенно уменьшить зону поиска и снизить время нахождения цели. С другой стороны, изолированные фигуры людей являются объектами с высокой значимостью, обнаружение которых обеспечивается автоматизированными механизмами обнаружения. Обнаруженные в данном исследовании изменения параметров глазодвигательной активности, возможно, говорят о том, что нагрузка на вербальную рабочую память приводит: 1) к выполнению задачи зрительного



поиска в условиях увеличенной когнитивной нагрузки и 2) к снижению роли сознательного контроля над выполнением задачи зрительного поиска и увеличению степени его автоматизации. Саккадические движения глаз становятся более длинными и осуществляются с более высокой скоростью, а для фиксации характерно некоторое замедление в среднем и увеличенный разброс длительности фиксаций (признак зависимости от низкоуровневых, перцептивных признаков рассматриваемого изображения). Кроме того, снижается необходимость длительного сознательного рассматривания объектов. Такие движения глаз соответствуют автоматическому режиму обработки информации, при котором зрительный поиск осуществляется в ускоренном темпе с ориентацией на низкоуровневые, перцептивные особенности изображений, а не на медленное, стратегически контролируемое рассматривание изображений.

Полученные результаты позволяют сделать выводы о взаимодействии вербального и зрительно-пространственного компонентов рабочей памяти. Как уже отмечалось выше, в литературе высказываются различные предположения о характере такого взаимодействия. В частности, эти предположения носят совершенно противоположный характер – одни исследователи говорят о полной независимости модально-специфичных компонентов, другие утверждают, что вербальный и зрительно-пространственный компоненты находятся в отношениях взаимодействия и взаимовлияния. В последнем случае возникает вопрос о том, какой механизм обеспечивает возникновение такого влияния и какова роль неспецифических ресурсов в функционировании рабочей памяти. В рамках этих представлений предполагается, что хранение информации в модально-специфичных компонентах рабочей памяти обеспечивается распределением ограниченного числа ресурсов. Какие свидетельства подкрепляют сегодня такую точку зрения?

В пользу предположения об обеспечении модально-специфического хранения информации путем распределения неспецифических ресурсов памяти говорят результаты корреляционных исследований с использованием модально-специфичных заданий на рабочую память и кратковременную память. В исследовании Кейн и др. (Kane et al., 2004) была оценена эффективность выполнения заданий на вербальную и зрительно-пространственную рабочую память, а также заданий на вербальную и зрительно-пространственную кратковременную память. Было показано, что результаты выполнения тестов на рабочую память отличались более значительной корреляционной связью, чем результаты выполнения тестов на кратковременную память. Это говорит о повышенной роли неспецифических ресурсов в реализации функций рабочей памяти. С использованием методов структурного моделирования также была показана большая содержательная валидность модели с единственным доменно-неспецифичным фактором по сравнению с моделью с двумя коррелирующими доменно-специфичными факторами вербальной и зрительно-пространственной рабочей памяти.

Использование неспецифических ресурсов при функционировании рабочей памяти может быть продемонстрировано и в экспериментальных исследованиях. В другом исследовании (Vergauwe et al., 2012) испытуемые выполняли задание на определение объема рабочей памяти, в котором совмещались задачи хранения и переработки информации, различавшиеся модальностью информации. Например, в одном из экспериментов задача удержания последовательности зрительно предъявленных изображений должна была осуществляться на фоне идентификации семантической категории предъявляемых на слух слов. При этом также изменялся уровень когнитивной нагрузки, для чего варьировалась ско-



рость предъявления стимуляции в задаче переработки. Результаты исследования свидетельствовали о том, что, несмотря на несовпадение признаков стимулов, подлежащих запоминанию и переработке, объем рабочей памяти (оцениваемый как количество успешно сохраненной информации) снижается при высокой когнитивной нагрузке. Возникновение этого эффекта означает, что возможность одновременного хранения и переработки информации в рабочей памяти зависит от возможности разделения универсальных ресурсов.

Также показано, что при одновременном удержании в рабочей памяти вербального и зрительно-пространственного материала эффективность его распознавания зависит от «платежной матрицы», ассоциированной с правильным распознаванием материала определенной модальности (Mogey et al., 2011). Динамическое перераспределение неспецифических ресурсов переработки в зависимости от мотивационных переменных (Канеман, 2006) является свидетельством роли неспецифических ресурсов переработки в реализации функций рабочей памяти. Результаты целого ряда исследований указывают на то, что для функционирования модально-специфических компонентов хранения в рабочей памяти необходимо привлечение и распределение ограниченного числа ресурсов рабочей памяти человека.

Результаты, полученные в настоящем исследовании, могут быть интерпретированы как подтверждающие сформулированную выше точку зрения. Увеличение нагрузки на вербальную рабочую память приводит к изменению эффективности выполнения зрительного поиска как задачи, требующей использования зрительно-пространственной рабочей памяти. При этом наблюдаются признаки увеличения когнитивной нагрузки, т.е. уменьшения количества когнитивных ресурсов, доступных для решения задачи зрительного поиска. В этих усложненных условиях деятельности мобилизация субъекта данной деятельности приводит к повышению эффективности зрительного поиска, однако изменения параметров глазодвигательной активности показывают общее замедление скорости работы и снижение степени сознательного управления поисковой глазодвигательной активностью. Такое увеличение доли автоматических процессов также свидетельствует о снижении количества ресурсов, обеспечивающих функционирование зрительно-пространственной рабочей памяти. Таким образом, реализация функций вербального и зрительно-пространственного компонентов рабочей памяти обеспечивается распределенной работой ограниченного числа ресурсов рабочей памяти.

Выводы

В данном исследовании было изучено влияние нагрузки на вербальную рабочую память на особенности выполнения зрительного поиска – относительно простого задания, требующего использования ресурсов зрительно-пространственной рабочей памяти. Было обнаружено, что нагрузка на вербальную рабочую память, с одной стороны, приводит к повышению эффективности обнаружения целей. С другой стороны, результаты анализа глазодвигательной активности при зрительном поиске показывают, что выполнение этого задания в условиях нагрузки на рабочую память сопровождается увеличением когнитивной нагрузки и повышением степени автоматизации поиска. Полученные результаты могут свидетельствовать о взаимодействии вербального и зрительно-пространственного компонентов рабочей памяти, связанного с разделением неспецифических когнитивных ресурсов между ними.

Финансирование

Исследование выполнено при поддержке гранта РФФИ № 14-06-00371а.



Литература

- Барабанчиков В.А., Жегалло А.В. Айттрекинг: Методы регистрации движений глаз в психологических исследованиях и практике. М.: Когито-центр, 2014. 128 с.
- Канеман Д. Внимание и усилие. М.: Смысл, 2006. 288 с.
- Клинзберг Т. Перегруженный мозг. Информационный поток и пределы рабочей памяти. М.: Ломоносовъ, 2010. 209 с.
- Леонова А.Б. Психодиагностика функциональных состояний человека. М.: Изд. МГУ, 1984. 200 с.
- Миллер Дж., Галантер Ю., Прибрам К. Планы и структуры поведения. М.: Прогресс, 1965. 238 с.
- Ackerman P.L., Beier M.E., Boyle M.O. Working memory and intelligence: the same or different constructs? // *Psychological Bulletin*. 2005. Vol. 131. P. 30–60. doi:10.1037/0033-2909.131.1.30.
- Ahlstrom U., Friedman-Berg F.J. Using eye movement activity as a correlate of cognitive workload // *International Journal of Industrial Ergonomics*. 2006. Vol. 36. P. 623–636. doi:10.1016/j.ergon.2006.04.002.
- Anderson E.J., Mannan S.K., Rees G., Sumner P., Kennard C. A role for spatial and nonspatial working memory processes in visual search // *Experimental Psychology*. 2008. Vol. 55. P. 301–312. doi:10.1027/1618-3169.55.5.301.
- Baddeley A.D. Working memory. Oxford: Oxford University Press, 1986.
- Bundesen C. A theory of visual attention // *Psychological Review*. 1990. Vol. 97. P. 523–547. doi:10.1037/0033-295X.97.4.523.
- Chapparo A., Tokuda S., Morris N. Effects of visual-spatial and verbal working memory on visual attention and driving performance // *Journal of Vision*. 2007. Vol. 7. Article 683. doi:10.1167/7.9.683.
- DiStasi L.L., Anatoli A., Cañas J.J. Main Sequence: An index for detecting mental workload variation in complex tasks // *Applied Ergonomics*. 2011. Vol. 42. P. 807–813. doi:10.1016/j.apergo.2011.01.003.
- Ehringer K.A., Hidalgo-Sotelo B., Torralba A., Oliva A. Modelling search for people in 900 scenes: A combined source model of eye guidance // *Visual Cognition*. 2009. Vol. 17. P. 945–978. doi:10.1080/13506280902834720.
- Engle R., Tuholsky S.W., Laughlin J.E., Conway A.R.A. Working memory, short-term memory, and general fluid intelligence: A latent-variable approach // *Journal of Experimental Psychology: General*. 1999. Vol. 128. P. 309–331. doi:10.1037/0096-3445.128.3.309.
- Franklin S., Baars B.J. How conscious experience and working memory interact // *Trends in cognitive science*. 2003. Vol. 7. P. 166–172.
- Giofre D., Mammarella M., Cornoldi C. The structure of working memory and how it relates to intelligence in children // *Intelligence*. 2013. Vol. 41. P. 396–406. doi:10.1016/j.intell.2013.06.006.
- Kane M., Hambrick D., Tuholski S., Wilhelm O., Payne T., Engle R. The generality of working memory capacity: A latent-variable approach to verbal and visuospatial memory span and reasoning // *Journal of Experimental Psychology: General*. 2004. Vol. 133. P. 189–217. doi:10.1037/0096-3445.133.2.189.
- Kovesdi C.R., Barton B.K. The role of non-verbal working memory in pedestrian visual search // *Transportation Research Part F*. 2013. Vol. 19. P. 31–39. doi:10.1016/j.trf.2013.03.005.
- Lehtonen E., Lappi O., Summala H. Anticipatory eye movements when approaching a curve on a rural road depend on working memory load // *Transportation Research Part F*. 2012. Vol. 15. P. 369–377. doi:10.1016/j.trf.2011.08.007.
- MacNamara A., Schmidt J., Zelinsky G.J., Hajcak G. Electroocortical and ocular indices of attention to fearful and neutral faces presented under high and low working memory load // *Biological Psychology*. 2012. Vol. 91. P. 349–356. doi:10.1016/j.biopsycho.2012.08.005.
- Morey C., Cowan N., Morey R., Rouders J. Flexible attention allocation to visual and auditory working memory tasks: manipulating reward induces a trade-off // *Attention, Perception, and Psychophysics*. 2011. Vol. 73. P. 458–472. doi:10.3758/s13414-010-0031-4.
- Oh S.-H., Kim M.-S. The role of spatial working memory in visual search efficiency // *Psychonomic Bulletin & Review*. 2004. Vol. 11. P. 275–281. doi:10.3758/BF03196570.
- Shah P., Miyake A. The separability of working memory resources for spatial thinking and language processing: An individual differences approach // *Journal of Experimental Psychology: General*. 1996. Vol. 125. P. 4–27. doi:10.1037/0096-3445.125.1.4.



- Staub A., Benatar A.* Individual differences in fixation duration distributions in reading // *Psychonomic Bulletin & Review*. 2013. Vol. 20. P. 1304–1311. doi:10.3758/s13423-013-0444-x.
- Treisman A., Gelade G.* A feature-integration theory of attention // *Cognitive Psychology*. 1980. Vol. 12. P. 97–136. doi:10.1016/0010-0285(80)90005-5.
- Turner M., Engle R.* Is working memory capacity task dependent? // *Journal of Memory & Language*. 1989. Vol. 28. P. 127–154. doi:10.1016/0749-596X(89)90040-5.
- Velichkovsky B. M., Joos M., Helmert J. R., Pannasch S.* Two visual systems and their eye movements: evidence from static and dynamic scene perception // *CogSci 2005: Proceedings of the XXVII Conference of the Cognitive Science Society*. 2005, July 21–23. Stresa, Italy. P. 2283–2288.
- Vergauwe E., Dewaele N., Langerock N., Barrouillet P.* Evidence for a central pool of general resources in working memory // *Journal of Cognitive Psychology*. 2012. Vol. 24. P. 359–366. doi:10.1080/20445911.2011.640625.
- Woodman G. F., Luck S. J.* Visual search is slowed when visuospatial working memory is occupied // *Psychonomic Bulletin & Review*. 2004. Vol. 11. P. 269–274. doi:10.3758/BF03196569.

EFFECT OF VERBAL WORKING MEMORY LOAD DURING THE OCULOMOTOR ACTIVITY IN VISUAL SEARCH

VELICHKOVSKY B. B.*, *Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia,*
e-mail: velitchk@mail.ru

IZMALKOVA A. I.**, *Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia,*
e-mail: mayoran@mail.ru

The structure of working memory has components responsible for the storage of verbal and visual-spatial information; despite the fairly detailed study of the functions and mechanisms of their work, the question of their mutual influence is still open. Studies on the verbal working memory load influence on visual search performance (a task requiring the use of visual-spatial working memory resources) it was found that the load on the verbal working memory leads to increased efficiency of target detection. The results of the analysis of oculomotor activity during visual search also point out that the implementation of such tasks under verbal working memory load is accompanied by an increase in cognitive tension and of the degree of search automaticity. The results may indicate the interaction of verbal and visual-spatial working memory components that share non-specific cognitive resources.

Keywords: verbal working memory, visual-spatial working memory, visual search, automatism, cognitive resources.

Funding

The study was supported by RFBR grant № 14-06-00371a.

For citation:

Velichkovsky B. B., Izmalkova A. I. Effect of verbal working memory load during the oculomotor activity in visual search. *Экспериментальная Психология = Experimental Psychology (Russia)*, 2015, vol. 8, no. 2, pp. 21–35. (In Russ., abstr. in Engl.). doi:10.17759/exppsy.2015080203.

**Velichkovsky B. B.* Ph.D. (Psychology), Associate Professor, Chair of Methodology of Psychology, Department of Psychology, Lomonosov Moscow State University. E-mail: velitchk@mail.ru

***Izmalkova A. I.* Research Associate, Laboratory of Work Psychology, Lomonosov Moscow State University. E-mail: mayoran@mail.ru



References

- Ackerman P. L., Beier M. E., Boyle M. O. Working memory and intelligence: the same or different constructs? *Psychological Bulletin*, 2005, vol. 131, pp. 30–60. doi:10.1037/0033-2909.131.1.30
- Ahlstrom U., Friedman-Berg F.J. Using eye movement activity as a correlate of cognitive workload. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 2006, vol. 36, pp. 623–636. doi:10.1016/j.ergon.2006.04.002.
- Anderson E.J., Mannan S.K., Rees G., Sumner P., Kennard C. A role for spatial and nonspatial working memory processes in visual search. *Experimental Psychology*, 2008, vol. 55, pp. 301–312. doi:10.1027/1618-3169.55.5.301
- Baddely A. D. *Working memory*. Oxford, Oxford University Press, 1986.
- Barabanschikov V.A., Zhegallo A.V. *Aitrekning: Metody registratsii dvizhenii glaz v psikhologicheskikh issledovaniyakh i praktike [Eyetracking: Eye movements registration methods in psychological research and practice]*. Moscow, Kogito-tsentr [Cogito-Center Publ.], 2014 (In Russ.).
- Bundesen C. A theory of visual attention. *Psychological Review*, 1990, vol. 97, pp. 523–547. doi:10.1037/0033-295X.97.4.523.
- Chapparo A., Tokuda S., Morris N. Effects of visual-spatial and verbal working memory on visual attention and driving performance. *Journal of Vision*, 2007, vol. 7, article 683. doi:10.1167/7.9.683.
- DiStasi L.L., Anatoli A., Cañas J.J. Main Sequence: An index for detecting mental workload variation in complex tasks. *Applied Ergonomics*, 2011, vol. 42, pp. 807–813. doi:10.1016/j.apergo.2011.01.003.
- Ehringer K. A., Hidalgo-Sotelo B., Torralba A., Oliva A. Modelling search for people in 900 scenes: A combined source model of eye guidance. *Visual Cognition*, 2009, vol. 17, pp. 945–978. doi:10.1080/13506280902834720.
- Engle R., Tuholsky S. W., Laughlin J. E., Conway A. R. A. Working memory, short-term memory, and general fluid intelligence: A latent-variable approach. *Journal of Experimental Psychology: General*, 1999, vol. 128, pp. 309–331. doi:10.1037/0096-3445.128.3.309.
- Franklin S., Baars B.J. How conscious experience and working memory interact. *Trends in cognitive science*, 2003, vol. 7, pp. 166–172.
- Giofre D., Mammarella M., Cornoldi C. The structure of working memory and how it relates to intelligence in children. *Intelligence*, 2013, vol. 41, pp. 396–406. doi:10.1016/j.intell.2013.06.006.
- Kahneman D. *Attention and Effort*. New York, Prentice Hall, 1973 (Russ. ed.: Kaneman D. *Vnimanie i usilie*. Moscow, Smysl Publ., 2006).
- Kane M., Hambrick D., Tuholski S., Wilhelm O., Payne T., Engle R. The generality of working memory capacity: A latent-variable approach to verbal and visuospatial memory span and reasoning. *Journal of Experimental Psychology: General*, 2004, vol. 133, pp. 189–217. doi:10.1037/0096-3445.133.2.189.
- Klingberg T. *The Overflowing Brain: Information Overload and the Limits of Working Memory*. Oxford, Oxford University Press, 2008 (Russ. ed.: Klingberg T. *Peregruzhennyy mozg. Informatsionnyi potok i predely rabochei pamyati*. Moscow, Lomonosov Publ., 2010).
- Kovesdi C. R., Barton B. K. The role of non-verbal working memory in pedestrian visual search. *Transportation Research Part F*, 2013, vol. 19, pp. 31–39. doi:10.1016/j.trf.2013.03.005.
- Lehtonen E., Lappi O., Summala H. Anticipatory eye movements when approaching a curve on a rural road depend on working memory load. *Transportation Research Part F*, 2012, vol. 15, pp. 369–377. doi:10.1016/j.trf.2011.08.007.
- Leonova A. B. *Psikhodiagnostika funktsional'nykh sostoyanii cheloveka [Psychodiagnostics of human functional states]*. Moscow, Publ. MGU, 1984 (In Russ.).
- MacNamara A., Schmidt J., Zelinsky G.J., Hajcak G. Electrocortical and ocular indices of attention to fearful and neutral faces presented under high and low working memory load. *Biological Psychology*, 2012, vol. 91, pp. 349–356. doi:10.1016/j.biopsycho.2012.08.005.
- Miller G., Galanter E., Pribram. K. *Plans and the structure of behavior*. New York, Holt, Rhinehart, and Winston, 1960 (Russ. ed.: Miller G., Galanter E., Pribram. K. *Plany i struktury povedeniya*. Moscow, Progress Publ., 1965).



- Morey C., Cowan N., Morey R., Rouder J. Flexible attention allocation to visual and auditory working memory tasks: manipulating reward induces a trade-off. *Attention, Perception, and Psychophysics*, 2011, vol. 73, pp. 458–472. doi:10.3758/s13414-010-0031-4.
- Oh S.-H., Kim M.-S. The role of spatial working memory in visual search efficiency. *Psychonomic Bulletin & Review*, 2004, vol. 11, pp. 275–281. doi:10.3758/BF03196570.
- Shah P., Miyake A. The separability of working memory resources for spatial thinking and language processing: An individual differences approach. *Journal of Experimental Psychology: General*, 1996, vol. 125, pp. 4–27. doi:10.1037/0096-3445.125.1.4.
- Staub A., Benatar A. Individual differences in fixation duration distributions in reading. *Psychonomic Bulletin & Review*, 2013, vol. 20, p. 1304–1311. doi:10.3758/s13423-013-0444-x.
- Treisman A., Gelade G. A feature-integration theory of attention. *Cognitive Psychology*, 1980, vol. 12, pp. 97–136. doi:10.1016/0010-0285(80)90005-5.
- Turner M., Engle R. Is working memory capacity task dependent? *Journal of Memory & Language*, 1989, vol. 28, pp. 127–154. doi:10.1016/0749-596X(89)90040-5.
- Velichkovsky B. M., Joos M., Helmert J. R. & Pannasch S. Two visual systems and their eye movements: evidence from static and dynamic scene perception. *CogSci 2005: Proceedings of the XXVII Conference of the Cognitive Science Society. 2005, July 21–23 Stresa, Italy*. Austin, Cognitive Science Society, pp. 2283–2288.
- Vergauwe E., Dewaele N., Langerock N., Barrouillet P. Evidence for a central pool of general resources in working memory. *Journal of Cognitive Psychology*, 2012, vol. 24, pp. 359–366. doi:10.1080/20445911.2011.640625.
- Woodman G. F., Luck S. J. Visual search is slowed when visuospatial working memory is occupied. *Psychonomic Bulletin & Review*, 2004, vol. 11, pp. 269–274. doi:10.3758/BF03196569.



ИНТЕНЦИОНАЛЬНЫЕ ПАТТЕРНЫ В РЕПЛИКАХ СОБЕСЕДНИКОВ

АФИНОГЕНОВА В.А. *, *Институт психологии, Российская академия наук, Москва, Россия,*
e-mail: viktoriyamail87@mail.ru

ПАВЛОВА Н.Д. **, *Институт психологии, Российская академия наук, Москва, Россия,*
e-mail: pavlova_natalya@mail.ru

На материале студенческого рекреационного дискурса с использованием метода интен-анализа характеризуются интенциональные паттерны в репликах собеседников. Моделируются варианты интенциональной координации высказываний, предусматривающие непосредственное, отсроченное и совмещенное отреагирование речевых интенций субъекта коммуникативным партнером. Выявляются случаи игнорирования речевых интенций собеседника и обуславливающие их факторы.

Ключевые слова: дискурс, диалог, механизм согласования реплик, интенции собеседников, интен-анализ.

Введение

При взаимодействии лицом к лицу участники разговора имеют возможность постоянно реагировать на сказанное партнером, перехватывать коммуникативную инициативу. Наряду с относительно систематичным чередованием реплик возможны перебивания, наложение высказываний. Реплики собеседников подхватываются, прерываются, совмещаются, формируя, таким образом, сложную структуру речевого обмена. Лишь в первом приближении она укладывается в те схемы, которые предложены для ее описания и объяснения. Реальная структура разговора не сводится к логической развертке содержания, как это предполагает пропозициональный подход (Дейк, 2000). Существенно упрощают картину и сформулированные в рамках конверсационного подхода правила сочетания речевых актов: вопрос предполагает ответ, предложение – принятие или отклонение и т.п. (Atkinson, Heritage, 1984; Psathas, 1995; Wooffitt, 2005). Движение разговора регулируется не правилами соподчинения пропозиций или функциональной сочетаемостью высказываний, а лежащими в основе речи интенциями коммуникантов (Павлова, 2004, 2005, 2007; Павлова, Пескова, 2012). Эта сложная и динамичная психологическая реальность может быть реконструирована с помощью интен-анализа – психологического метода изучения интенций, раскрывающего стоящие за речью устремления собеседников и их влияние на организацию дискурса (Гребенщикова, Зачесова, 2012, 2014; Павлова и др., 2011).

Основная задача настоящего исследования состояла в интен-анализе спонтанных диалогов, обозначении и описании речевых интенций субъектов общения и особенностей их отреагирования коммуникативными партнерами.

Для цитаты:

Афиногенова В.А., Павлова Н.Д. Интенциональные паттерны в репликах собеседников // Экспериментальная психология. 2015. Т. 8. № 2. С. 36–44. doi:10.17759/exppsy.2015080204

* *Афиногенова В.А.* Соискатель лаборатории психологии речи и психолингвистики, Институт психологии РАН. E-mail: viktoriyamail87@mail.ru

** *Павлова Н.Д.* Доктор психологических наук, заведующая лабораторией психологии речи и психолингвистики, Институт психологии РАН. E-mail: pavlova_natalya@mail.ru



В качестве основного метода использовался метод интен-анализа, предусматривающий квалификацию интенциональных оснований речи в различных видах коммуникативной практики (Ушакова и др., 2000). Важной особенностью данного метода является его направленность на изучение аутентичных речевых материалов, таких интенциональных характеристик, которые связаны с ходом коммуникации, практической деятельностью участников. Анализу подвергаются не только типовые открыто выражаемые намерения (просьба, приказ), но и другие более сложные интенции (в том числе неосознаваемые), которые воспринимаются партнерами и составляют психологическую реальность коммуникации.

Методика

Процедура исследования. С помощью «скрытого магнитофона» осуществлялась запись диалогов, продуцируемых в условиях непринужденного повседневного общения в перерывах учебных занятий. Было записано 58 естественно протекающих неподготовленных разговоров средней продолжительностью 34 реплики. Аудиозаписи транскрибировались по специальной системе, учитывающей паузы, перебивания, другие особенности устной речи (Atkinson, Heritage, 1984). Затем проводилась квалификация психологического содержания диалогов методом интен-анализа: составлялся перечень актуальных интенций субъектов общения, выявлялись варианты отреагирования проявленных интенций партнером и формирующиеся интенциональные паттерны. Валидации полученных результатов служила экспертная оценка. Экспертами выступали 4 исследователя-психолингвиста, имеющие опыт проведения интен-анализа.

Участники исследования. В исследовании принимала участие группа студентов факультета психологии ГАУГН (третий–четвертый год обучения). Среди них 17 девушек и 6 юношей. Возраст студентов от 19 до 21 года.

Общая гипотеза исследования предусматривала, что реплики собеседников формируют согласованные интенциональные паттерны. *Эмпирические гипотезы:* 1) в диалогах реализуется непосредственное, отсроченное и совмещенное отреагирование речевых интенций субъекта коммуникативным партнером; 2) неотреагирование речевых интенций сопряжено с действием ситуационных, конвенциональных и коммуникативных факторов.

Результаты

По результатам исследования выражение в речи актуальной интенции вызывает сопряженное с ней интенциональное проявление партнера. Так, обнаружение интереса к третьему лицу вызывает интенцию сообщить (напротив, не сообщать) интересующие сведения:

А: *Куда Люба пропала?*

Лр: *Люба в больнице лежит // Она две недели уже // Простыла // <...>.*

Стремление упрекнуть партнера влечет за собой ответный упрек или в других случаях выражение недоумения, желание оправдаться:

А: *Между прочим / я считаю / что более культурно свалить до пары / чем посреди пары!*

Л: *Да ладно / никто не заметил!*

Наряду с вербальным откликом манифестируемая интенция может вызывать поведенческое отреагирование: собеседник в ответ на инициирующую реплику совершает определенные действия (передает или принимает предметы, включается в разговор и пр.).



А: *Можно / можно посмотреть / что получилось [на фотографиях]?*

В: Показывает фотографии.

Поведенческое отреагирование речевых интенций отмечается значительно реже, чем вербальное (3,1% случаев выражения интенций). Тем не менее, был выявлен целый перечень интенций, ответом на которые является именно поведенческое отреагирование, например: привлечение внимания, вовлечение в разговор, указание, просьба.

Непосредственное отреагирование интенции, находящей отклик в реплике собеседника, непосредственно следующей за данной, как в приведенных выше примерах, является наиболее обычной формой интенциональной координации реплик. Ответная реакция такого типа обнаруживается в 59,6% от общего числа зарегистрированных интенций.

Вместе с тем, ответная реакция собеседника может быть и отсроченной. *Отсроченное отреагирование* речевых интенций партнера отмечается в 89 случаях (3,7% от общего числа интенций). Примером может служить диалог, в котором инициатор общения побуждает партнера составить себе компанию:

Л: <...> *Макиш / идешь?*

А: Молчит.

Л: *Ну идешь?*

А: *Иду!*

Отсроченный отклик на речевую интенцию чаще всего (61,2% случаев) связан с включением в разговор нескольких коммуникантов. Так, в разговоре, фрагмент которого представлен ниже, на вопрос, заданный инициатором общения, один партнер дает отклик незамедлительно, другой дожидается своей очереди и, таким образом, отвечает отсроченно.

Ар: *Чего было на первой паре-то?*

М: *Меня не было //*

И: *Меня тоже не было //*

Нередко (18,4% случаев) отсроченно отреагируется одна из интенций в полиинтенциональной реплике, обычно имеющая менее выраженный характер. Такой вариант может быть проиллюстрирован следующим диалогом:

К: *Твой телефон даем [руководителю практики]? Я не буду звонить //*

Аб: *Не / я тоже не хочу главной //*

В: *Та-ак!*

Ао: *Я могу позвонить //*

Здесь из двух интенций, реализуемых в иницирующей реплике – предложение и отказ (от выполнения действий) – первая отреагируется сразу же. Вторая интенция вызывает отклик отсроченно, и ответами служат последовательные реплики третьего и четвертого участников взаимодействия: коммуникант В. реагирует возмущением, коммуникант Ао вызывается помочь.

Соответствующую ответную реплику могут отсрочивать также уточняющие вопросы (5,1% случаев), перебивание собеседниками друг друга (6,1% случаев). Отсроченный отклик, связанный с необходимостью уточнить сказанное, иллюстрирует следующий диалог:

А: <...> *А у тебя у мамы высшее образование?*

М: *Чего?*

А: *У мамы высшее образование?*

М: *Да //*



В качестве особого интенционального паттерна можно выделить отсроченное неоднократное отреагирование речевых интенций (9,2% случаев). Данный вариант обнаруживается в разговорах, где одним из участников поднимается вопрос, в поиск ответа на который включаются все присутствующие.

И: *Как зовут А.?*

А: *Я не поняла //*

Л: *В.А. // То ли Александрович / то ли Алексеевич //*

И: *Не Сергеевич?*

Л: *Не знаю // У Вики написано / В.А. //*

А: *В.?!*

И: *Чего-то мне кажется / что он Сергеевич //*

Л: *Ой / не знаю // Тогда уточни у кого-нибудь //*

А: *А мне, вообще, слышалось / Максимович //*

Вербальные интенции могут вызывать отклик участников взаимодействия не только каждая по отдельности, как в ранее рассмотренных случаях, но и совмещенно (16,6% случаев). *Совмещенное отреагирование интенций*, как правило, связано с тем, что наряду с ведущими интенциями дискурса актуализируются подчиненные им частные интенции, которые как таковые не обязательно инициируют самостоятельный отклик партнера, как это происходит в следующем разговоре:

Л: *Викусь / я тебе рубль дам? Тут у меня по 10 копеек //*

В: *Да / хорошо //*

В реплике коммуниканта Л. выражено две интенции: просьба (разменять деньги) и пояснение. Вторая интенция имеет вспомогательный характер, и ответ на нее и на первую интенцию оказывается совмещенным: собеседник соглашается выполнить просьбу, учитывая пояснения.

Хотя большая часть манифестируемых интенций вызывает тот или иной отклик собеседников, достаточно обычным является и *неотреагирование интенций* (20,1%). При этом, как показывают полученные данные, в одних случаях определяющими являются объективные и конвенциональные факторы, в других – факторы коммуникативного плана, связанные с устремлениями коммуникантов.

К объективным факторам относятся, в первую очередь, различные ситуативные помехи. Например, общение может прервать появление того или иного субъекта, не принимающего участия в диалоге, например, преподавателя, как это произошло в следующей ситуации диалогического общения:

В: *<...> Из А следует утверждение В и из утверждения В следует утверждение С //*
Это операция «или» // <...>

Ан: *То есть / вот / вот смотри / вот эта стрелочка / она означает связь между вот этим В и С //*
Или она означает связь между вот этим всем и вот этим?

В: *Нет //*

Ан: *Или только С?*

(вошел преподаватель).

Вместе с тем, неотреагирование интенций партнера может быть обусловлено характером самих интенций. Так, интенции, связанные с активным слушанием (обозначение участия в разговоре, выражение интереса, согласия), не требуют обязательного отклика, как это обнаруживает следующий диалог:



В: <...> В общем / она сказала / что она постарается выздороветь к следующему четвергу //

Лр: А-а-а //

Л: Чтобы все было хорошо //

Проявление в разговоре некоторых других интенций демонстрирует воспитанность субъекта: обращение за разрешением, выражение благодарности и т.п. Подобные «этикетные» интенции также не предусматривают неопровержимого отклика.

И: Ой / Саша / какое счастье! Спасибо! А где моя тетрадь? Это тоже мой учебник?!

С: Я учебник нашел / а лекции я тебе наверно завтра //

Случаи неотрагивания речевых интенций, являющиеся следствием их собственных специфических особенностей, можно отнести к конвенциональным.

Иной характер имеет неотрагивание интенций собеседника, связанное с коммуникативными факторами. Выраженная интенция могла бы получить отклик, но по каким-то причинам, сопряженным с ходом коммуникации, отклика не находит.

Игнорирование манифестируемой интенции проявляется в интенциональном рассогласовании реплик: за жалобой может следовать выражение недовольства вместо сочувствия, за намеком – встречный намек вместо выполнения скрытой в намеке просьбы и пр. Подобное реагирование, обозначаемое как «коммуникативный саботаж» (Горелов, Седов, 2001), не свидетельствует о конфликтности ситуации или негативном характере отношений. Обычно такое игнорирование является коммуникативной стратегией, позволяющей повлиять на течение разговора. Так, в диалоге, фрагмент которого представлен ниже, собеседник игнорирует жалобу коммуниканта Л. на физическое состояние и вместо сочувствия выражает удивление:

Л: Холодно // Замерзла //

Св: Да ладно?!

Менее выраженным является действие коммуникативных факторов в отклике на полиинтенциональную реплику, когда собеседником отреагируются не все манифестируемые интенции, а лишь наиболее для него значимые. Иллюстрацией может служить диалог, в котором из двух интенций, выраженных в первой реплике – информирование и совет – ответную реакцию партнера вызывает лишь первая:

Лр: Люба в больнице лежит // Она две недели уже // Простыла // Одевайтесь / девочки / теплее!

В: Ты простыла?

Лр: Нет / не я / Люба //

Специальным вариантом реакции на полиинтенциональную реплику выступает игнорирование интенций эмоционального характера (выражение недовольства, сожаления, радости). Например, в диалоге, приведенном ниже, коммуникант С. пытается уточнить полученную информацию и выражает удивление; в ответ партнер (Ан.) дает пояснения, не обращая внимания на эмоциональную составляющую реплики.

Ан: Знаешь / да / что практику сегодня отменили?

С: Какую практику?! Вам отменили / да?!

Ан: Она заболела //

Соотношение рассмотренных вариантов неотрагивания речевых интенций коммуникативного партнера иллюстрирует рис. 1. Согласно полученным данным, влия-



ние объективных факторов выражено незначительно (5% случаев). Конвенциональные факторы, в том числе интенции активного слушания и этикетные интенции играют большую роль (10,8% и 0,4%, соответственно). Превалирующими факторами в случае неотрагирования манифестируемых интенций являются коммуникативные (83,8%). При этом отсутствием отклика партнера чаще всего характеризуются не реплика в целом, а отдельные составляющие полиинтенциональной реплики (49%), в частности, интенции эмоционального характера (19,6%). Коммуникативный саботаж отмечается в 34,8% случаях, и он не приводит к серьезным нарушениям коммуникации. Диалог продолжается, хотя может менять линию своего развития. Эти данные говорят о гибкости и динамизме разговорной коммуникации. В отличие от таких высоко структурированных видов дискурса, как интервью или лекция, студенческий рекреационный дискурс характеризуется высокой контекстной обусловленностью, свободной меной коммуникативных ролей, наличием множества локальных целей, которые, как правило, не отличаются устойчивостью.

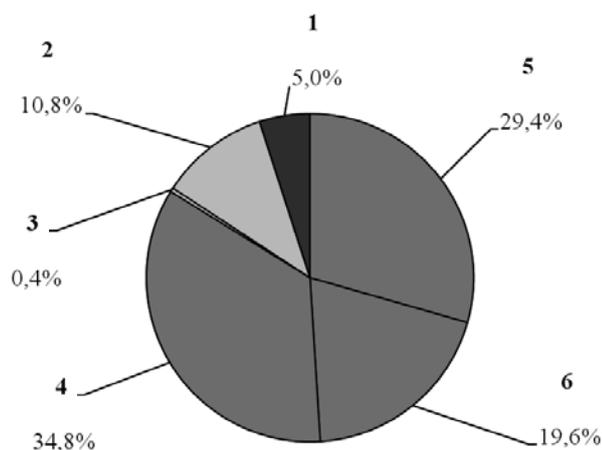


Рис. 1. Соотношение вариантов неотрагирования речевых интенций субъекта собеседником:
1 – ситуативные помехи; 2 – интенции «активного слушания»; 3 – «этикетные» интенции;
4 – «коммуникативный саботаж» (игнорирование интенций); 5 – рациональная составляющая полиинтенциональной реплики; 6 – эмоциональная составляющая полиинтенциональной реплики.
Черный цвет (1) – объективные факторы; светло-серый цвет (2,3) – конвенциональные факторы;
темно-серый цвет (4, 5, 6) – коммуникативные факторы

Выводы

1. В ходе диалога в репликах собеседников формируются согласованные интенциональные паттерны. Однако механизм координации реплик не сводится к парным сочетаниям интенциональных актов партнеров общения и не предполагает однозначной детерминации последующих актов предыдущими.

2. Наиболее обычной формой интенциональной координации реплик выступает непосредственное отреагирование выраженной интенции, которая находит вербальный или поведенческий отклик в реплике собеседника, непосредственно следующей за иницирующей.



3. Отклик партнера может быть как непосредственным, так и отсроченным. Он может относиться также одновременно к нескольким выраженным интенциям, реакция на которые может быть совмещенной. Случаи игнорирования речевых интенций собеседника сопряжены с ситуационными помехами, типом выражаемых интенций («этикетные» интенции и др.), так называемым «коммуникативным саботажем», позволяющим оказывать влияние на ход беседы.

Финансирование

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского гуманитарного научного фонда (проект №13-06-00551а «Речевые интенции субъектов общения: типология и контекстная специфика»).

Литература

- Горелов И.Н., Седов К.Ф. Основы психолингвистики. М.: Лабиринт, 2001. 304 с.
- Гребенщикова Т.А., Зачесова И.А. Дискурсивное воздействие в семейном межличностном взаимодействии // Психологическое воздействие: механизмы, стратегии, возможности противодействия / Отв. ред. А.Л. Журавлев, Н.Д. Павлова. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2012. С. 323–352.
- Гребенщикова Т.А., Зачесова И.А. Психология повседневного дискурса: Интенциональный аспект. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2014. 208 с.
- Дейк ван Т.А. Язык. Познание. Коммуникация. М.: Изд-во: БГК имени И.А. Бодуэна де Куртенэ, 2000. 308 с.
- Павлова Н.Д. Интенциональные основания вербальной коммуникации // Вестник Российского гуманитарного научного фонда. 2004. № 3. С. 187–198.
- Павлова Н.Д. Интерактивный аспект дискурса: подходы к исследованию // Психологический журнал. 2005. Т. 26. № 4. С. 66–76.
- Павлова Н.Д. Новые направления исследований в психологии речи и психолингвистике // Психологический журнал. 2007. Т. 28. № 2. С. 19–30.
- Павлова Н.Д., Зачесова И.А., Алексеев К.И. и др. Дискурс в современном мире. Психологические исследования. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2011. 368 с.
- Павлова Н.Д., Пескова Е.А. Понимание интенционального подтекста речи адресатом // Экспериментальная психология. 2012. Т. 5. № 2. С.74–82.
- Ушакова Т.Н., Павлова Н.Д., Латышов В.В., Цепцов В.А., Алексеев К.И. Слово в действии. Интенциональный анализ политического дискурса. СПб.: Алетейя, 2000. 316 с.
- Atkinson J.M., Heritage J.C. Structures of Social Actions: Studies in Conversation Analysis. Cambridge: Cambridge University Press, 1984. 386 p.
- Psathas G. Conversation Analysis: The study of talk-in-interaction. Thousand Oaks, 1995. 85 p.
- Wooffitt R. Conversation Analysis and Discourse Analysis. A Comparative and Critical Introduction. London, 2005. 245 p.



INTENTIONAL PATTERNS IN REPLICAS OF INTERLOCUTORS

AFINOGENOVA V.A. *, *Institute of Psychology, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia,*
e-mail: viktoryamail87@mail.ru

PAVLOVA N.D. **, *Institute of Psychology, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia,*
e-mail: pavlova_natalya@mail.ru

Intentional characteristics of dialogue and their modification in the process of interaction are studied on the basis of authentic conversations of the students. Using the method of intent-analysis the authors describe the various intentional patterns of speech interaction. Such factors of dialogue organization as the types of response actions of partners (direct, delayed, combined) are characterized. Factors determining the cases of ignoring of communicative partners' intentions are also investigated.

Keywords: discourse, dialogue, mechanism of conversation coherence, communicative partners' intentions, intent-analysis.

Funding

The study was supported by the Russian Foundation for Humanities (project № 13-06-00551 «Speech intentions of communicating subjects: typology and context specific”).

References

- Atkinson J.M., Heritage J.C. *Structures of Social Actions: Studies in Conversation Analysis*. Cambridge, Cambridge University Press, 1984.
- Dijk T.A. van. *Yazyk. Poznanie. Kommunikatsiya [Language. Knowledge. Communication]*. Moscow, BGK im. I. A. Boduena de Kurtene Publ., 2000. 308 s. (In Russ.).
- Gorelov I.N., Sedov K.F. *Osnovy psikholingvistiki [Fundamentals of psycholinguistics]*. Moscow, Labirint Publ., 2001 (In Russ.).
- Grebenshchikova T.A., Zachesova I.A. Diskursivnoe vozdeistvie v semeinom mezhlichnostnom [Discursive impact of interpersonal interaction in the family]. In *Psikhologicheskoe vozdeistvie: mekhanizmy, strategii, vozmozhnosti protivodeistviya [Psychological impact: mechanisms, strategies, opportunities to counteract]*. Moscow, Institut Psikhologii RAN Publ., 2012, pp. 323–352 (In Russ.).
- Grebenshchikova T.A., Zachesova I.A. *Psikhologiya povesednevnogo diskursa: Intentsional'nyi aspekt [Psychology of everyday discourse: intentional aspect]*. Moscow, Institut Psikhologii RAN Publ., 2014 (In Russ.).
- Pavlova N.D. Intentsional'nye osnovaniya verbal'noi kommunikatsii [Intentional base of verbal communication]. *Vestnik Rossiiskogo gumanitarnogo nauchnogo fonda*, 2004, no. 3, pp. 187–198 (In Russ.).
- Pavlova N.D. Interaktivnyi aspekt diskursa: podkhody k issledovaniyu [Interactive aspect of discourse: approaches to research] *Psikhologicheskii zhurnal [Psychology Journal]*, 2005, vol. 26, no. 4, pp. 66–76 (In Russ.).

For citation:

Afinogenova V.A., Pavlova N.D. Intentional patterns in replicas of interlocutors. *Ekspierimental'naya Psikhologiya = Experimental Psychology (Russia)*, 2015, vol. 8, no. 2, pp. 36–44 (In Russ., abstr. in Engl.). doi:10.17759/exppsy.2015080204

*Afinogenova V.A. Postgraduate Student, Institute of Psychology, Russian Academy of Sciences. E-mail: viktoryamail87@mail.ru

**Pavlova N.D. Dr. Sci. (Psychology), Head of laboratory, Institute of Psychology, Russian Academy of Sciences. E-mail: pavlova_natalya@mail.ru



- Pavlova N. D. Novye napravleniya issledovaniy v psikhologii rechi i psikholingvistike [New lines of researches in psychology of speech and psycholinguistics]. *Psikhologicheskii zhurnal [Psychology Journal]*, 2007, vol. 28, no. 2, pp. 19–30 (In Russ.).
- Pavlova N. D., Peskova E. A. Ponimanie intentsional'nogo podteksta rechi adresatom [Understanding the intentional implication of speech]. *Ekspierimental'naya psikhologiya [Experimental Psychology (Russia)]*, 2012, vol. 5, no. 2, pp. 74–82 (In Russ., abstr. in Engl.).
- Pavlova N. D., Zachesova I. A., Alekseev K. I. et al. *Diskurs v sovremennom mire. Psikhologicheskie issledovaniya [Discourse in the modern world. Psychological research]*. Moscow, Institut Psikhologii RAN Publ., 2011, 368 pp. (In Russ.).
- Psathas G. *Conversation Analysis: The study of talk-in-interaction*. Thousand Oaks, 1995. 85 p.
- Wooffitt R. *Conversation Analysis and Discourse Analysis. A Comparative and Critical Introduction*. London, 2005.
- Ushakova T.N., Pavlova N. D., Latynov V. V., Tseptsov V. A., Alekseev K. I. *Slovo v deistvii. Intent-analiz politicheskogo diskursa [Word in action. Intent-analysis of political discourse]*. St Petersburg, Aleteiya Publ., 2000 (In Russ.).



СОДЕРЖАНИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ КАК ФАКТОР УСПЕШНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ

КОВАЛЕВ А.И.*, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия,
e-mail: artem.kovalev.msu@mail.ru

МЕНЬШИКОВА Г.Я.**², Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия,
e-mail: gmenshikova@gmail.com

КЛИМОВА О.А.***³, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия,
e-mail: Okli07@yandex.ru

БАРАБАНИЦКОВА В.В.****⁴, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,
Москва, Россия,
e-mail: vvb-msu@bk.ru

Исследования психофизиологического состояния человека-оператора и его адаптивных возможностей с помощью технологий виртуальной реальности получают все большее распространение в мировой когнитивной психологии и физиологии. Полимодальное воздействие на человека различного рода стимулов, продуцируемое виртуальной средой, требует от человека формирования систем интеграции сенсорной и когнитивной информации. Одной из таких систем является вестибулярная функция, нарушение работы которой приводит к возникновению симуляторного расстройства. Цель данного исследования состояла в оценке влияния профессиональной деятельности индивидов со схожей степенью развития вестибулярной функции на успешность противодействия возникновению симуляторного расстройства. В качестве объективного показателя успешности были выбраны показатели глазодвигательной активности. В эксперименте приняли участие спортсмены-профессионалы (кандидаты в мастера спорта и мастера спорта) – 30 фигуристов, 30 ушуистов, 30 футболистов (экспериментальные группы), а также 20 студентов (контрольная группа). Было показано, что показатели количества фиксации, саккад и морганий, амплитуды саккад у фигуристов значимо отличаются ($p \leq 0,001$) от аналогичных показателей остальных спортсменов и студентов, а кроме того, именно фигуристы обнаруживают наименьшую склонность к развитию выраженного симуляторного расстройства.

Ключевые слова: виртуальная реальность, профессиональная деятельность, симуляторное расстройство, движения глаз, спорт.

Для цитаты:

Ковалев А.И., Меньшикова Г.Я., Климова О.А., Барабанщикова В.В. Содержание профессиональной деятельности как фактор успешности применения технологий виртуальной реальности // Экспериментальная психология. 2015. Т. 8. № 2. С. 45–59. doi:10.17759/exppsy.2015080205.

*Ковалев А.И. Младший научный сотрудник, лаборатория «Восприятие», факультет психологии, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова. E-mail: artem.kovalev.msu@mail.ru

**Меньшикова Г.Я. Доктор психологических наук, заведующий лабораторией «Восприятие», факультет психологии, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова. E-mail: gmenshikova@gmail.com

***Климова О.А. Аспирант, кафедра психологии труда и инженерной психологии, факультет психологии, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова. E-mail: Okli07@yandex.ru.

****Барабанщикова В.В. Кандидат психологических наук, доцент кафедры психологии труда и инженерной психологии, факультет психологии, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова. E-mail: vvb-msu@bk.ru



Введение

В последнее десятилетие технологии виртуальной реальности прочно заняли свое место в различного рода психологических исследованиях, включающих исследования в социальной, клинической и организационной психологии (Зинченко и др., 2010). Технология виртуальной реальности – это комплекс средств визуализации, включающий в себя как специализированные установки виртуальной реальности (CAVE-системы, системы дополненной реальности, HMD-шлемы, сферические дисплеи), так и более простые устройства – широкоформатные проекционные 3D-дисплеи, 3D-кинотеатры, очки виртуальной реальности. На первых этапах исследований особенностей формирования профессиональных операторских навыков (в первую очередь для тренировки пилотов в космонавтике и авиации) с применением технологий виртуальной реальности ученые выявили негативные последствия погружения человека в виртуальную среду. К такого рода негативным реакциям относятся: головокружение, тошнота, потеря ориентации в пространстве, потеря устойчивости позы, затруднения в выполнении двигательных актов. Кроме этого, многие участники исследований отмечали стойкое ощущение перемещения собственного тела в пространстве во время взаимодействия с виртуальной средой, в то время как сами они оставались совершенно неподвижными. Данные негативные реакции поначалу пытались объяснить несовершенством самих технологий виртуальной реальности (Вюсса, 1992). Однако было показано, что их усовершенствование (повышение степени детализации изображения, усиление интерактивности, введение систем динамического изменения изображения в зависимости от изменения позиции испытуемого) не снижает, а, напротив, усиливает такого рода реакции: они становятся более выраженными, а их латентное время уменьшается (Bailey et al., 1994).

Комплекс возникающих у субъекта дискомфортных ощущений в ходе нахождения и деятельности в установках виртуальной реальности сначала был отнесен к так называемому локомоционному расстройству (*motion sickness*), которое отмечается у людей во время укачивания, морской болезни или после посещения центрифуги. Было выдвинуто предположение о том, что локомоционное расстройство возникает из-за сенсорного конфликта между вестибулярными и зрительными сигналами (Reason, 1978). Например, человек, находящийся в каюте корабля, видит неподвижную обстановку каюты, но воспринимает движения собственного тела (сигналы вестибулярного канала) – такое рассогласование воспринимаемых стимулов порождает перцептивный конфликт и, в конечном итоге, приводит к возникновению морской болезни.

Однако далее для описания дискомфортных ощущений, возникающих у человека-оператора при его взаимодействии с системами виртуальной реальности, были введены другие термины, способные охарактеризовать степень выраженности симптоматики и ее разнообразие. Так, было показано, что воздействие систем виртуальной реальности, в отличие от воздействия центрифуги, носит избирательный характер – испытуемые продемонстрировали различную степень выраженности симптоматики от полного ее отсутствия до невозможности более 2 минут находиться в виртуальной среде (Keshavarz, Berti, 2014). Результаты других исследований свидетельствуют о высокой степени воздействия виртуальной среды на психофизиологическое состояние и жизнедеятельность человека-оператора: в одном из экспериментов из 1102 испытуемых 142 человека (12,9%) остановили эксперимент, а 960 человек отметили в самоотчете высокую степень дискомфорта во



время выполнения задачи (Stanney et al., 2003). Термины, используемые для описания расстройств, часто отражали тип виртуальной установки: «симуляторное расстройство», или «тренажерное расстройство» (*simulator sickness*), возникающее в авиа-, авто-, мото- симуляторах (Kennedy et al., 1993), «киберрасстройство» (*cybersickness*), возникающее при игре в видеоигры на больших дисплеях (McLeod et al., 2008), «кинотеатровое расстройство» (*cinema sickness*), возникающее при просмотре фильмов в 3D-кинотеатрах (Griffin, 2012). Самым распространенным из-за краткости стал термин «векция» (от англ. *vection* – перенос, передача), применяющийся, в первую очередь, для описания особенностей и последствий зрительного воздействия (Nettinger et al., 1990). В то же время этим термином обозначают иллюзию собственного движения тела, возникающую в виртуальной реальности, которая рассматривается как один из симптомов симуляторного расстройства. Данный симптом, возникающий при просмотре видео на широкоформатных экранах, оказался настолько распространенным, что в 2005 г. Международная организация по стандартизации (ISO) обязала производителей широкоформатных дисплеев проводить перед выводом продукции на рынок специальные тесты на потенциальную возможность индуцировать иллюзию векции у пользователей.

В связи с этим возникла задача оценки силы воздействия устройств виртуальной реальности на человека и определения психических качеств людей, устойчивых к такого рода воздействиям. Попытки исследователей использовать вегетативные реакции в качестве критериев оценки воздействия технологий виртуальной реальности не привели к положительным результатам, поскольку вегетативные реакции позволяют измерить лишь неспецифическую стрессовую реакцию человека на окружающую обстановку, обладающую широкой вариативностью (Harm, Schlegel, 2002). В связи с этим наибольшее распространение получили методы субъективной оценки выраженности симптомов психофизиологического дискомфорта.

Примером методики такого рода является общепризнанный опросник «Симуляторные расстройства» (*Simulator sickness questionnaire*) (Kennedy et al., 1993). Данная методика была разработана Р.С. Кеннеди с коллегами на основе опросника «Расстройства движения» (*Pensacola motion sickness questionnaire*, или MSQ), созданного специалистами Национального Аэрокосмического Агентства США в рамках программы оценки состояния будущих космонавтов после тренировок в центрифугах и бассейне, имитирующих состояние невесомости (Kellogg, Kennedy, Graybiel, 1964). Группа Р.С. Кеннеди провела факторный анализ MSQ на основе данных более тысячи испытуемых, проходивших тестирование на обычных симуляторах, разработанных для пилотов гражданских авиалиний. По каждому из 16 пунктов опросника испытуемый отмечает одну из четырех степеней выраженности обозначенного ощущения – «не ощущаю» (*none*), «незначительно ощущаю» (*slight*), «умеренно ощущаю» (*moderate*) и «ощущаю сильно» (*severe*). В результате было выделено три фактора – тошнота, глазодвигательные реакции, потеря ориентации. По трем факторам можно посчитать общий результат (*Total score*) для каждого испытуемого: чем он больше, тем значительнее воздействие симулятора.

Поскольку симуляторное расстройство возникает не у всех испытуемых, а степень его выраженности зависит от того, насколько человек может приспособиваться к виртуальной среде, многими авторами было высказано предположение о широкой вариативности данной способности и значительных отличиях между индивидами, обусловленных профессиональным опытом и навыками погружения в виртуальную реальность (Mon-Williams, Wann,



Rushton, 1995). В экспериментах П. А. Говарда (Howarth, Costello, 1997), основной целью которых была оценка негативного воздействия шлемов виртуальной реальности различных фирм-производителей, испытуемые в течение часа играли в компьютерную игру – шутер. Результаты исследования свидетельствовали о том, что выраженность симуляторного расстройства зависит не от технических особенностей шлема, а от длительности игрового опыта: испытуемые, которые имели больший опыт компьютерных игр, особенно в авто- и авиа-симуляторы, получили меньший балл по опроснику «Симуляторные расстройства». Полученные в исследовании влияния контроля субъектом виртуальной среды на его психофизиологическое состояние результаты (Sharples et al., 2008) обнаружили снижение дискомфортных ощущений в ситуации, когда испытуемые имели возможность активно перемещаться внутри среды (лишь некоторые испытуемые жаловались на неприятные, дискомфортные ощущения). Было также показано, что участники, успешно прошедшие испытание, чаще в своей практике взаимодействовали с компьютерными средами, что позволило им быстрее приспособиться к управлению и особенностям отображения перемещения в виртуальной среде.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод о том, что для подготовки человека к воздействию виртуальных сред и взаимодействию с ними необходимо разработать специальные методики объективной оценки психофизиологических нарушений, возникающих при взаимодействии человека-оператора с такого рода системами. В настоящей работе в качестве такой методики оценки подготовленности человека к нахождению в виртуальной среде предлагается использовать параметры движения глаз во время наблюдения виртуальных событий.

Глазодвигательная активность и ее динамика давно рассматриваются в качестве одного из критериев оценки симуляторного расстройства. Согласно глазодвигательной теории С.М. Эбенгольца и его коллег (Ebenholtz, Cohen, Linder, 1994), именно проприоцептивные сигналы от глазных мышц во время активного рассматривания виртуальной сцены в ситуации стационарного положения тела наблюдателя и являются одной из причин возникновения иллюзии векции. Другой, не менее важной причиной, является нарушение вестибулярной функции, отвечающей за определение положения и ориентации тела в пространстве на основе получаемой человеком сенсорной и когнитивной информации. Кроме того, были высказаны предположения о важной роли вестибуло-окулярного рефлекса при виртуальных движениях пользователя в виртуальной среде (Смит, 2005; Authie, Mestre, 2011).

Программа исследования

В данной работе стояла задача изучения глазодвигательных показателей в виртуальной среде как индивидуальных индикаторов подготовленности субъекта к взаимодействию с ней. Проблема поиска адекватных критериев оценки степени адаптированности человека к сложным условиям взаимодействия с виртуальной средой, несмотря на свою актуальность, остается мало изученной. Наша гипотеза состоит в том, что люди, обладающие в силу своей профессиональной деятельности устойчивой вестибулярной функцией, менее подвержены симуляторным расстройствам; основным критерием оценки степени приспособленности субъекта к взаимодействию с такой средой является динамика его глазодвигательной активности.

Высокоустойчивой вестибулярной функцией обладают, в первую очередь, спортсмены, которые имеют большой опыт выполнения сложных элементов с вращением, в част-



ности, фигуристы. Программа фигурного катания включает в себя выполнение комбинированных упражнений, в которых преобладают ациклические движения. Многообразие форм движений, различный характер прилагаемых усилий требуют развития у фигуристов разных по характеру физических качеств (Абсалямова, Беляева, Жгун, 1992). Данный вид спорта оказывает огромное влияние не только на развитие двигательного аппарата, но и на функции сенсорных систем организма (Мишин, 1985).

Следующим видом спорта, или видом боевого искусства, в котором успешные результаты обеспечиваются развитой способностью индивида как к сохранению устойчивости позы, так и к точной координации двигательных движений, является ушу. Так же как и фигуристы, ушуисты выполняют программу, состоящую из большого числа последовательных двигательных элементов. Заданная ритмика движений и ограниченное пространство действия вкуче с многообразием элементов программы требуют высокоразвитой вестибулярной функции, позволяющей эффективно перераспределять вес тела и напряжение мышц. При этом профессиональная деятельность ушуистов отличается от фигуристов строгостью и точностью выполняемых двигательных актов и их четким разграничением (Спортивная психология, 2002).

Другим видом спорта, который отличается динамичностью и большим пространством действий, является футбол. В работу вестибулярного аппарата футболистов большой вклад вносит зрительная система, так как успешность тактических действий игрока на футбольном поле зависит от точности и быстроты оценки игровой ситуации на большом пространстве поля. В этом футболисты схожи с фигуристами, зрительная система которых должна производить точную оценку как общего пространства выполнения элементов с учетом скольжения, поворотов и разбега, так и выполнения отдельного элемента – захода и выхода из него (McLeod et al., 2008).

С учетом основной цели и задач исследования, а именно, проверки влияния работы вестибулярной и зрительной систем на устойчивость к возникновению симуляторных расстройств, была сформирована выборка испытуемых. В качестве испытуемых основной экспериментальной группы выступили: а) 30 фигуристов в возрасте от 15 до 24 лет (18 женщин и 12 мужчин), из которых 21 фигурист имел разряд «Мастер спорта» и 9 – «Кандидат в мастера спорта»; б) 30 футболистов в возрасте от 15 до 20 лет (30 мужчин), из которых 7 футболистов имели разряд «Мастер спорта» и 23 футболиста – «Кандидат в мастера спорта»; в) 30 ушуистов в возрасте от 16 до 21 года (19 мужчин и 11 женщин), 20 из которых имели разряд «Мастер спорта» и 10 – «Кандидат в мастера спорта». В качестве контрольной группы выступили 20 студентов (9 мужчин и 11 женщин) различных факультетов МГУ имени М. В. Ломоносова, не состоящих в центральной спортивной секции МГУ и не занимающихся профессионально каким-либо видом спортивной деятельности. Все испытуемые имели нормальное или скорректированное зрение, а также не имели органических поражений вестибулярного аппарата и травм головного мозга.

Особое внимание необходимо уделить характеристикам выборок испытуемых. На основании анализа спортивной деятельности испытуемых каждой из экспериментальных групп можно сделать вывод о том, что именно фигуристы могут продемонстрировать высочайший уровень владения двигательной системой, в то время как остальные группы спортсменов отличаются значительно меньшей нагрузкой на вестибулярную систему. В табл. 1 представлен сравнительный анализ спортивной деятельности фигуристов, ушуистов и футболистов, основанный на сопоставлении ситуаций соревнований.



Таблица 1

Анализ деятельности спортсменов в ситуации соревнований

Задачи деятельности	Средство деятельности	Результат деятельности
Фигуристы		
Артистизм. Точность движений. Четкость двигательных элементов	Художественный образ. Координация. Равновесие. Скорость реакции. Вестибулярная функция (при исполнении вращений)	Демонстрация уровня мастерства при целостном художественном исполнении соревновательной программы, четкое выполнение элементов, победа на соревнованиях
Ушуисты		
Артистизм. Точность движений. Четкость двигательных элементов	Художественный образ. Равновесие. Координация. Скорость реакции	Демонстрация уровня мастерства при целостном художественном исполнении соревновательной программы, четкое выполнение элементов, победа на соревнованиях
Футболисты		
Активное проведение приемов, прямо или косвенно ведущих к командной победе	Координация. Быстрота. Скорость реакции	Зависит от амплуа спортсмена. Например, у вратаря это количество пропущенных мячей, а у нападающего – количество забитых голов

Фигуристы, ушуисты и футболисты относятся к высококвалифицированным спортсменам (Hutter, Oldenhof-Veldman, Oudejans, 2015), однако между данными группами спортсменов имеются существенные различия в стратегических и тактических приемах осуществления соревновательной спортивной деятельности. Спортивная подготовка футболистов отличается четкой специализацией (вратарь, защитник, нападающий), а, следовательно, небольшим репертуаром тактико-стратегических приемов, которыми необходимо овладеть. Специфика ушу и фигурного катания, напротив, предполагает формирование целостного художественного образа спортивной программы, основанного на использовании выразительных средств и четкого выполнения требуемого набора элементов, т.е. спортивная деятельность этих групп спортсменов отличается большей универсальностью. Сложнейшим в этом случае является именно фигурное катание, где к вышеизложенным требованиям добавляется высокая скорость выполнения элементов и значительная нагрузка на вестибулярную функцию спортсмена, связанная с выполнением необходимого для квалификации элемента – вращения. Высокоустойчивую вестибулярную функцию можно назвать своеобразным профессионально важным качеством фигуриста; эта функция развивается у спортсменов в ходе ранней профессиональной специализации (около 4–5 лет) в связи с постоянной нагрузкой на вестибулярный аппарат при выполнении сложно координационных прыжков, вращений и поддержек. Аналогичные профессиональные качества развиваются также у спортсменов-ушуистов, однако из-за меньшего количества вращательных движений их вестибулярная функция развивается в значительно меньшей степени.

Поскольку испытуемые – представители различных видов спорта (фигуристы, ушуисты и футболисты) – обладают различной степенью устойчивости вестибулярной функции, в эксперименте было создано 3 виртуальные среды. В первую очередь, виртуальные



среды отличались шириной поля зрения – чем больше ширина поля зрения, тем выше вероятность возникновения симуляторного расстройства (Keshavarz, Berti, 2014). В качестве виртуальной среды использовался набор ярких шариков, которые, как единое целое, вращались вокруг испытуемого. Шарик имел синий цвет, их диаметр составлял в первом, втором и третьем условиях 5 см, 10 см и 15 см, соответственно. Всего использовалось 256 шариков. В центре экрана была установлена фиксационная точка. Ширина поля зрения варьировалась следующим образом: в 1 условии – все шарики располагались исключительно в центральной части фронтального экрана с шириной угла обзора, равной 45° , во 2 условии – все шарики располагались во фронтальной зоне с шириной угла обзора в 90° , а в 3 условии – все шарики занимали все поле зрения испытуемого с шириной угла обзора, равной 180° . Три условия были выбраны в соответствии с параметрами различных углов обзора, которым обладают фигуристы при выполнении различных элементов программы. Таким образом, в качестве независимых переменных выступили межгрупповой четырехуровневый фактор и внутригрупповой трехуровневый фактор.

Согласно инструкции, испытуемые должны были стоять неподвижно в центре комнаты виртуальной реальности и фиксировать взгляд на фиксационной точке.

В качестве индикатора выраженности векции использовались показатели движения глаз – количество фиксаций, морганий и саккад, амплитуда саккад, а также результаты, полученные по опроснику «Симуляторные расстройства». Испытуемым предлагалось заполнить опросник после выполнения каждого из условий эксперимента, следовательно, одним испытуемым было заполнено три одинаковых опросника. Испытуемый стоял в центре экспериментальной комнаты и в статичном положении наблюдал за вращением вокруг него стимуляции по криволинейной траектории в течение двух минут (в каждом экспериментальном условии). Временные промежутки между условиями составляли 5 минут. Последовательность предъявления условий для всех испытуемых сохранялась одинаковой – от первого до третьего. Рандомизация условий не применялась из-за возможной неодинаковой силы воздействия виртуальной среды.

Для демонстрации стимуляции была использована установка виртуальной реальности CAVE-system (CAVE active virtual environment). Установка состоит из четырех больших плоских квадратных экранов, соединенных в куб (рис. 1).



Рис 1. Общий вид экспериментальной установки виртуальной реальности CAVE-system



За кубом располагаются четыре проектора, каждый из которых проецирует изображение на соответствующий экран. Проекторы поочередно проецируют картинки для левого и правого глаза. На экраны проецируется деформированное изображение таким образом, чтобы наблюдатель не замечал искажения перспективы и наличия граней куба. Система работает под управлением 5 компьютеров: 4 компьютера рассчитывают изображения для каждого экрана и один мастер-компьютер обеспечивает их синхронизацию и работу систем трекинга положения наблюдателя в системе виртуальной реальности.

Для регистрации движения глаз использовался прибор SMI Eyetracking glasses. Отслеживание траектории движения и положения глаз обеспечивается двумя небольшими камерами, которые размещены в дужках очков, в то время как третья камера, расположенная по центру (на переносице), ведет запись того, что попадает в поле зрения испытуемого. Частота записи равна 30 Гц. Выделение фиксаций производилось по алгоритму Dispersion Threshold Identification со следующими параметрами: предельная величина дисперсии – 20 пикселей, минимальная продолжительность фиксации – 50 мс.

Программное обеспечение для установки виртуальной реальности было написано в специальной среде Virtools 4.0. Обработка данных проводилась при помощи пакета SPSS 17.0.

Результаты и их интерпретация

Полученные данные были проанализированы методом двухфакторного дисперсионного анализа с повторными измерениями. М-тест Бокса не достигает уровня статистической значимости (M Бокса=1523,838, $F=3,369$, $df=396$, $p=0,996$), следовательно, дисперсионно-ковариационные матрицы статистически достоверно не различаются, и результаты многомерных тестов могут быть приняты к рассмотрению.

Многомерные тесты показывают статистически значимые влияния факторов «Номер условия» ($F=77,867$, $df=16$, $p\leq 0,001$) и «Принадлежность к профессиональной группе» ($F=2,544$, $df=24$, $p\leq 0,001$) на исследованные переменные. При этом взаимодействие между факторами также достигает значимого уровня ($F=2,471$, $df=48$, $p\leq 0,001$). То есть обнаружена разнонаправленность динамики показателей глазодвигательной активности и показателей опросника в зависимости от принадлежности к той или иной группе.

В табл. 2 представлены результаты дисперсионного анализа, свидетельствующие о наличии значимой взаимосвязи между динамикой показателей глазодвигательной активности и показателей наличия симуляторного расстройств ($p\leq 0,001$) и динамикой показателей ширины угла обзора испытуемых, а также об их вариативности между группами испытуемых.

Таблица 2

Результаты дисперсионного анализа

		df	F	Уровень значимости
Ширина угла обзора	Количество морганий	2	156,556	0,001
	Количество фиксаций	2	39,040	0,001
	Количество саккад	2	2,543	0,001
	Амплитуда саккад	2	2,292	0,001
	Общий балл опросника	2	383,424	0,001
условие × группа	Количество морганий	6	5,367	0,001
	Количество фиксаций	6	1,981	0,001
	Количество саккад	6	1,327	0,001
	Амплитуда саккад	6	3,322	0,001
	Общий балл опросника	6	14,121	0,001



Подробный анализ показателей по методу апостериорных критериев указывает на отсутствие значимых отличий между средними значениями всех зависимых переменных в разных группах испытуемых ($p > 0,05$) как в первом, так и во втором условиях предъявления стимуляции (ширина угла обзора 45° и 90° , соответственно) (рис. 2). При этом сами условия, как показала проверка по методу внутригрупповых контрастов, значительно отличаются между собой по всем показателям глазодвигательной активности испытуемых и значениям общего показателя наличия симуляторного расстройства ($p \leq 0,001$).

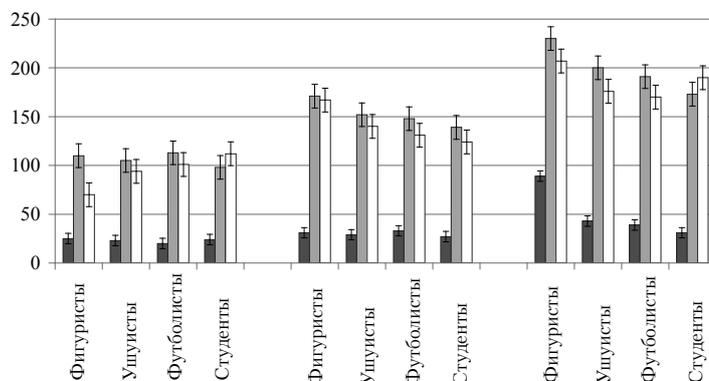


Рис. 2. Средние значения числа морганий, фиксаций и саккад испытуемых для трех условий предъявления стимуляции (ширина угла обзора 45° , 90° и 180° соответственно), ■ – среднее число морганий, ■ – среднее число фиксаций, □ – среднее число саккад

В первом условии испытуемые как экспериментальной, так и контрольной группы совершают в среднем одинаковое количество морганий (23), фиксаций (106) и саккад (94) с амплитудой в среднем $7,3$ градуса, что свидетельствует в пользу наличия у испытуемых способности к фиксации взгляда на точке (рис. 2). Значение общего балла по опроснику «Симуляторные расстройства» также невелико – в среднем 201, а испытуемые в самоотчетах после наблюдения стимуляции в первом условии не указывали на возникновение дискомфортных условий. Ненулевое значение общего балла по опроснику объясняется тем, что испытуемые отмечали такие общие пункты как «скука» или «утомление», мотивируя это тем, что им действительно было скучно наблюдать за движением точек.

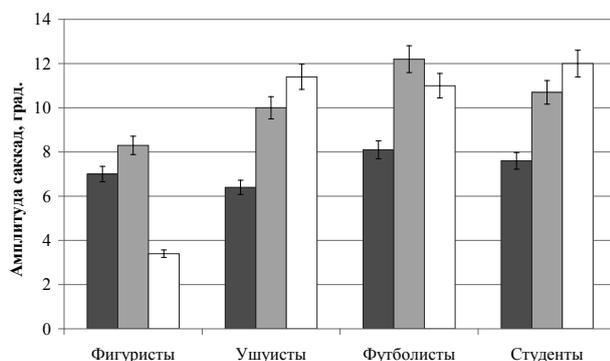


Рис. 3. Средние значения амплитуд саккад (■ – угол обзора 45° , ■ – угол обзора 90° , □ – угол обзора 180°)

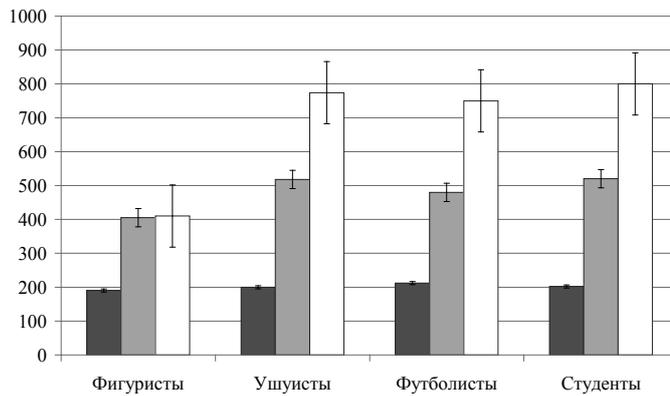


Рис. 4. Средние значения общего балла опросника «Симуляторные расстройства» (■ – угол обзора 45°, ■ – угол обзора 90°, □ – угол обзора 180°).

Второе условие отличается от первого значимым возрастанием у всех групп испытуемых глазодвигательной активности по сравнению с первым условием ($p < 0,001$). При этом были выявлены различия в амплитуде саккад у фигуристов по сравнению с другими группами испытуемых (8 градусов против в среднем 10,3 у футболистов, ушуистов и студентов). На основании данных о том, что количество фиксаций у испытуемых группы фигуристов имеет незначительную, но в общем явную тенденцию к росту по сравнению с количеством фиксаций и саккад у испытуемых остальных исследованных групп (171 против 152) и саккад (167 против 140), можно сделать вывод о развитии у них приспособительного навыка к изменившимся условиям среды (Рис. 3). Показатели наличия симуляторного расстройства у фигуристов также характеризуются менее значительным ростом во втором условии (405 против 480) (Рис. 4). Увеличение значений баллов по опроснику связано с тем, что испытуемые начинают отмечать такие пункты как «напряжение глаз» и «ощущение вращения окружающего мира». В своих самоотчетах студенты, футболисты и ушуисты указывают на возникновение векции и на то, что стало сложнее удерживать взгляд на фиксационной точке.

Результаты проведенного анализа свидетельствуют о различиях между показателями глазодвигательной активности и показателями наличия симуляторного расстройства между группами испытуемых в третьем (ширина угла обзора 180°) и других условиях (Рис. 2). Так, испытуемые группы фигуристов характеризуются значительным ростом количества морганий, фиксаций и саккад при уменьшении амплитуд саккад в среднем до 3,4 градуса. Показатели наличия симуляторного расстройства (согласно анализа данных опросника «Симуляторное расстройство») у фигуристов остаются неизменными, в то время как у испытуемых остальных групп показатели наличия симуляторного расстройства характеризуются заметным ростом (до 800 баллов) – ушуисты, футболисты и студенты отмечают такие реакции как «головокружение при открытых глазах», «тошнота». В своих самоотчетах фигуристы не указывают на наличие дискомфортных состояний, в то время как испытуемые других исследуемых групп, напротив, указывают на выраженный дискомфорт, а в некоторых случаях признаются, что с трудом смогли дождаться окончания действия стимуляции.

Таким образом, различная степень ширины угла обзора (с увеличением от меньшего угла к большему) приводит, с одной стороны, к разной степени выраженности симуля-



торного расстройства, а с другой, к изменению глазодвигательной активности, например, в случае фигуристов. Кроме того, субъективная степень дискомфорта, выраженная фигуристами и в самоотчетах и в баллах опросника, оказывается ниже, чем у других испытуемых. Объяснение данного факта лишь с точки зрения высокой мотивации фигуристов к получению наивысших результатов при выполнении задания является недостаточным, поскольку контроль данной побочной переменной осуществлялся путем включения в выборку испытуемых и проведения сравнительного анализа показателей глазодвигательной активности и наличия симуляторного расстройства у представителей иных видов спорта (футболистов и ушуистов), воздействие виртуальной среды на которых, как показали полученные данные, оказалось более значительным.

Таким образом, на основании сравнительного анализа показателей глазодвигательной активности и наличия симуляторного расстройства можно сделать вывод о том, что именно фигуристы характеризуются наибольшей адаптивной способностью к условиям виртуальной среды, в то время как представители других видов спорта не отличаются по исследуемым показателям от нетренированных студентов. Успешное противостояние фигуристов симуляторному расстройству можно объяснить более развитой вестибулярной функцией, что является, при условии ранней профессиональной специализации, необходимым профессионально важным качеством представителей данного вида спорта. Характерные изменения в показателях движений глаз, по нашему мнению, связаны с особенностью спортивной деятельности фигуристов. Многочисленные ускорения и замедления, наклоны и вращения, сложность сохранения равновесия на малой площади опоры повышают тонкость анализа положений и перемещений тела и развивают вестибулярный аппарат; возрастает мышечно-суставная и тактильная чувствительность, точность глазомера, дифференцировка слуховых ощущений, способность к комплексному восприятию информации от многих сенсорных систем («чувство льда») (Чайковская, 2003).

Одним из основных профессионально важных качеств футболистов является способность к ориентации в пространстве дистантных стимулов, развитие которой происходит в процессе командного взаимодействия и особенно при организации совместного противостояния противникам или при слежении за единичным объектом (мячом) во время игры. Поэтому достаточно парадоксальными являются полученные в исследовании результаты, свидетельствующие о том, что в случае наиболее широкого угла обзора у футболистов появляются негативные симптомы (головокружение и тошнота), ведь именно футболисты должны обладать развитой способностью к удержанию под контролем всего поля игры: в данном случае можно было бы предположить, что стимуляция, состоящая из отдельных точек, должна была индуцировать глазодвигательную активность и процесс слежения за множеством однородных объектов (схожих с игроками на поле). Однако, судя по отсутствию изменений в количестве фиксации и морганий, этого не произошло, и футболисты в данном случае не осуществляли попыток к отслеживанию и контролю всего поля виртуальной среды, которые могли бы в конечном итоге редуцировать векцию.

В ушу, как и в фигурном катании, все элементы программы доводятся до определенного автоматизма (до «чувства льда» или «чувства ковра»), в то время как на футбольном поле постоянно возникают непредвиденные обстоятельства, а схема игры не может быть полностью алгоритмизирована. Фигуристы, как и спортсмены-ушуисты, перед началом соревнований повторяют одни и те же части программы несчетное количество раз, что приводит к полной автоматизации их деятельности. Для четких и хорошо отточенных движений



спортсмены неоднократно выполняют элементы программы, вследствие чего формируются и поддерживаются их профессионально важные навыки и качества. Тем не менее, ограниченность пространства ведения боя и тренировок ушуистов по сравнению с пространствами катков фигуристов приводит к недостаточной развитости способности к мультисенсорной обработке окружающей стимуляции и вестибулярной функции в целом. Кроме того, динамика выполнения элементов в ушу и фигурном катании отличаются степенью плавности. Если в фигурном катании каждый элемент проистекает из предыдущего, то ушуисты отрабатывают каждый элемент по отдельности и со временными промежутками. Вероятно, такая непостоянная нагрузка на вестибулярную функцию в процессе тренировок не позволяет сформировать устойчивый механизм противодействия ее нарушению в случае постоянно действующего стимула (Jing, 1998).

Выводы

Итак, результаты проведенного нами исследования свидетельствуют о том, что именно фигуристы обладают наиболее развитой функциональной сенсорной системой, позволяющей им оптимизировать свое психофизиологическое состояние и деятельность в объемной зрительной движущейся виртуальной среде даже в ситуации необходимости удержания статичного положения при наблюдении за движущимися объектами среды. Виртуальная среда оказывается не простым устройством предъявления информации, а методом проверки уровня работы механизмов интеграции мультисенсорной информации у человека. Результаты данного эксперимента не только выделяют специфику и свойства систем виртуальной реальности как особого класса научных и практических инструментов (Зинченко и др., 2010), но также описывают специфику работы сенсорных, перцептивных и когнитивных систем человека в целом и вестибулярной системы – в частности, в ситуации его взаимодействия с виртуальной средой.

Метод оценки функционального состояния сенсорной системы человека по показателям его глазодвигательной активности являются эффективным средством объективной оценки успешности взаимодействия субъекта с виртуальной реальностью, предоставляющим исследователю возможности для неинвазивной регистрации исследуемых параметров без строгой фиксации тела человека и получения точных количественных показателей.

Таким образом, предложенный в настоящем исследовании методический подход к изучению психофизиологического состояния человека-оператора открывает новый путь к объективной оценке специфики его реагирования в сложных условиях окружающей среды путем моделирования таковой с помощью технологий виртуальной реальности. С нашей точки зрения, нахождение человека в виртуальной среде не только не ухудшает способности человека к эффективному функционированию, а напротив, активизирует адаптивные возможности его организма.

Литература

- Абсалямова И. В., Беляева А. Ю., Жгун Е. В. Пособие по синхронному катанию на коньках: Точные линии М.: ГЦОЛИФК, 1992. 36 с.
- Зинченко Ю. П., Меньшикова Г. Я., Баяковский Ю. М., Черноризов А. М., Войскунский А. Е. Технологии виртуальной реальности: методологические аспекты, достижения и перспективы // Национальный психологический журнал. 2010. Т. 2. № 4. С. 64–72.
- Мишин А. Н. Фигурное катание на коньках: учебник для ин-тов физ. культуры. М.: Физкультура и спорт, 1985.



- Смит К.Ю.М. Биология сенсорных систем. М.: Бином, 2005. 583 с.
- Спортивная психология в трудах отечественных специалистов / Сост. и общ. ред. И.П. Волкова. СПб.: Питер, 2002. 384 с.
- Чайковская Е.А. Фигурное катание. Физкультура и спорт. 3-е изд. Москва, 2003, 160 с.
- Authié C.N., Mestre D.R. Optokinetic nystagmus is elicited by curvilinear optic flow during high speed curve driving // Vision research. 2011. Vol. 51. № 16. P. 1791–1800. doi:10.1016/j.visres.2011.06.010.
- Bailey L., Denis J.H., Goldsmith G., Hall P.L., Sherwood J.D. A wellbore simulator for mud-shale interaction studies // Journal of Petroleum Science and Engineering. 1994. Vol. 11. № 3. P. 195-211, doi:10.1016/0920-4105(94)90040-X.
- Biocca F., Will simulation sickness slow down the diffusion of Virtual Environment technology? // Presence: Teleoperators Virtual Environments. 1992. Vol. 1. № 3. P. 334–343.
- Ebenholtz S.M., Cohen M.M., Linder B.J. The possible role of nystagmus in motion sickness: a hypothesis // Aviation Space and Environmental Medicine. 1994. Vol. 65. P. 1032–1035.
- Griffin M. Handbook of Human Vibration. Academic Press, 2012, 988 p.
- Harm D.L., Schlegel T.T. Predicting motion sickness during parabolic flight // Autonomic Neuroscience: Basic and Clinical. 2002. Vol. 97. № 2. P. 116–121. doi:10.1016/S1566-0702(02)00043-7.
- Hettinger L.J., Berbaum K.S., Kennedy R.S., Dunlap W.P., Nolan M.D. Vection and simulator sickness // Military Psychology. 1990. Vol. 2. № 3. P. 171–181. doi:10.1207/s15327876mp0203_4.
- Howarth P. A., Costello P.J. The occurrence of virtual simulation sickness symptoms when an HMD was used as a personal viewing system // Displays. 1997. Vol. 18. № 2. P. 107–116. doi:10.1016/S0141-9382(97)00011-5.
- Hutter R.V., Oldenhof-Veldman T.M., Oudejans R.R. What trainee sport psychologists want to learn in supervision // Psychology of Sport and Exercise. 2015. Vol. 16. P. 101–109. doi:10.1016/j.psychsport.2014.08.003.
- Jing C.D.H. Competitive Series of Skills and Tricks in Wushu – the Main Way to Preserve and Develop // Chinese Wushu Journal of Chehgd University Physical Education Institute. 1998. Vol. 1.
- Kellogg R.S., Kennedy R.S., Graybiel A. Motion sickness symptomatology of labyrinthine defective and normal subjects during zero gravity maneuvers // Aerospace Medicine. 1964. Vol. 36. P. 315–318.
- Kennedy R.S., Lane N.E., Kevin S., Berbaum K.S., Lilienthal M.G. Simulator Sickness Questionnaire: An Enhanced Method for Quantifying Simulator Sickness // The International Journal of Aviation Psychology. 1993. Vol. 3. № 3. P. 203–220. doi:10.1207/s15327108ijap0303_3.
- Keshavarz B., Berti S. Integration of sensory information precedes the sensation of vection: A combined behavioral and event-related brain potential (ERP) study // Behavioural Brain Research. 2014. Vol. 259. № 1. P. 131–136. doi:10.1016/j.bbr.2013.10.045.
- McLeod P., Reed N., Gilson S., Glennerster A. How soccer players head the ball: A test of optic acceleration cancellation theory with virtual reality // Vision Research. 2008. Vol. 48. № 13. P. 1479–1487. doi:10.1016/j.visres.2008.03.016.
- Mon-Williams M., Wann J.P., Rushton S. Design factors in stereoscopic virtual-reality displays Journal of the Society for information // Display. 1995. Vol. 3. № 4. P. 207–210. doi:10.1889/1.1984970.
- Reason J.T. Motion sickness adaptation: a neural mismatch model // Journal of the Royal Society of Medicine. 1978. Vol. 71. P. 819–829.
- Sharples S., Cobb S., Moody A., Wilson J.R. Virtual reality induced symptoms and effects (VRISE): Comparison of head mounted display (HMD), desktop and projection display systems // Displays. 2008. Vol. 29. № 2. P. 58–69. doi:10.1016/j.displa.2007.09.005.
- Stanney K.M., Hale K.S., Nahmens I., Kennedy R.S. What to expect from immersive virtual environment exposure: influence of gender, body mass index, and past experience // Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society. 2003. Vol. 45. № 3. P. 504–520. doi:10.1518/hfes.45.3.504.27254.



THE CONTENT OF PROFESSIONAL ACTIVITY AS A FACTOR OF APPLICATION EFFICIENCY OF VIRTUAL REALITY TECHNOLOGY

KOVALEV A.I.*, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia,
e-mail: artem.kovalev.msu@mail.ru

MENSHIKOVA G. YA.**, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia,
e-mail: gmenshikova@gmail.com

KLIMOVA O.A.***, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia,
e-mail: Okli07@yandex.ru

BARABANSHIKOVA V. V.****, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia,
e-mail: vvb-msu@bk.ru

Nowadays the virtual reality systems get to be more common and widespread in the world. They need users to develop system of the integration systems of sensory and cognitive information, while them creating polymodal effects on man. Vestibular function is one of these systems, and its disruption can lead to simulator sickness. The aim of this study was to find how professional activity of different men with similar vestibular function's degree of development can influence on simulator sickness appearance. Eye movements were chosen as objective measure of successful interaction with virtual reality. There were attended professional athletes: 30 figure skaters, 30 wushu athletes, 30-football players and also 20 students take part as a control group. The results showed the significant different ($p=0,001$) between figure skaters and others by such items as number of fixations, saccades and blinks, and also amplitudes of saccades. At the same time figure skaters get lower scores in simulator sickness questionnaire, which says about less intensity of simulator disorder.

Keywords: virtual reality, professional activity, simulator sickness, eye movements, sport.

References

- Absalyamova I. V., Belyaeva A. Yu., Zhgun E. V. *Posobie po sinkhronnomu kataniyu na kon'kakh: Tochnye linii* [The handbook of synchronized skating: accurate lines]. Moscow, GTsOLIFK Publ., 1992. 36 p.
- Zinchenko Yu. P., Men'shikova G. Ya., Bayakovskii Yu. M., Chernorizov A. M., Voiskunskii A. E. Tekhnologii virtual'noi real'nosti: metodologicheskie aspekty, dostizheniya i perspektivy [Virtual reality technology: the methodological aspects, achievements and outlook]. *Natsional'nyi psikhologicheskii zhurnal* [National psychological journal], 2010, vol. 2, no. 4, pp. 64–72.

For citation:

Kovalev A.I., Menshikova G. Ya., Klimova O.A., Barabanshikova V.V. The content of professional activity as a factor of application efficiency of virtual reality technology. *Ekspierimental'naya Psikhologiya = Experimental Psychology (Russia)*, 2015, vol. 8, no. 2, pp. 45–59 (In Russ., abstr. in Engl.). doi:10.17759/exppsy.2015080205

*Kovalev A.I. Postgraduate Student, Department of Psychology, Lomonosov Moscow State University. E-mail: artem.kovalev.msu@mail.ru

**Menshikova G. Ya. Dr. Sci. (Psychology), Chair of Laboratory "Perception", Lomonosov Moscow State University. E-mail: gmenshikova@gmail.com

***Klimova O.A. Postgraduate Student, Department of Psychology, Lomonosov Moscow State University. E-mail: Okli07@yandex.ru

****Barabanshikova V. V. Ph.D. (Psychology), Associate Professor, Department of Psychology, Lomonosov Moscow State University. E-mail: vvb-msu@bk.ru



- Mishin A. N. *Figurnoe katanie na kon'kakh: ucheb. dlya in-tov fiz. kul't.* [Figure skating on ice: the handbook for sport institutes]. Moscow, Fizkul'tura i sport Publ., 1985.
- Smit K. Yu. M. *Biologiya sensornykh sistem* [Biology of sensory systems]. Moscow, Binom, 2005, 583 p.
- Sportivnaya psikhologiya v trudakh otechestvennykh spetsialistov* [Sport psychology in blighty specialists review]. Sost. i obshchaya redaktsiya I. P. Volkova. [Ed. I. P. Volkov] St Petersburg, Piter, 2002. 384 p.
- Chaikovskaya E. A. *Figurnoe katanie* [Figure skating]. Third edition. Moscow, Fizkul'tura i sport Publ., 2003.
- Authié C. N., Mestre D. R. Optokinetic nystagmus is elicited by curvilinear optic flow during high speed curve driving. *Vision research*, 2011, vol. 51, no. 16, pp. 1791–1800. doi:10.1016/j.visres.2011.06.010.
- Bailey L., Denis J. H., Goldsmith G., Hall P. L., Sherwood J. D. A wellbore simulator for mud-shale interaction studies. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 1994, vol. 11, no. 3, pp. 195-211. doi:10.1016/0920-4105(94)90040-X.
- Biocca F. Will simulation sickness slow down the diffusion of Virtual Environment technology? *Presence: Teleoperators Virtual Environments*, 1992, vol. 1, no. 3, pp. 334–343.
- Ebenholtz S. M., Cohen M. M., Linder B. J. The possible role of nystagmus in motion sickness: a hypothesis. *Aviation Space and Environmental Medicine*, 1994, vol. 65, pp. 1032–1035.
- Griffin M. *Handbook of Human Vibration*. Academic Press, 2012.
- Harm D. L., Schlegel T. T. Predicting motion sickness during parabolic flight. *Autonomic Neuroscience: Basic and Clinical*, 2002, vol. 97, no. 2, pp. 116–121. doi:10.1016/S1566-0702(02)00043-7.
- Hettinger L. J., Berbaum K. S., Kennedy R. S., Dunlap W. P., Nolan M. D. Vection and simulator sickness. *Military Psychology*, 1990, vol. 2, no. 3, pp. 171–181. doi:10.1207/s15327876mp0203_4.
- Howarth P. A., Costello P. J. The occurrence of virtual simulation sickness symptoms when an HMD was used as a personal viewing system. *Displays*, 1997, vol. 18, no. 2, pp. 107–116. doi:10.1016/S0141-9382(97)00011-5.
- Hutter R. V., Oldenhof-Veldman T. M., Oudejans R. R. What trainee sport psychologists want to learn in supervision. *Psychology of Sport and Exercise*, 2015, vol. 16, pp. 101–109. doi:10.1016/j.psychsport.2014.08.003
- Jing C. D. H. Competitive Series of Skills and Tricks in Wushu – the Main Way to Preserve and Develop Chinese Wushu. *Journal of Chehgd University Physical Education Institute*, 1998, vol. 1.
- Kellogg R. S., Kennedy R. S., Graybiel A. Motion sickness symptomatology of labyrinthine defective and normal subjects during zero gravity maneuvers. *Aerospace Medicine*, 1964, vol. 36, pp. 315–318.
- Kennedy R. S., Lane N. E., Kevin S., Berbaum K. S., Lilienthal M. G. Simulator Sickness Questionnaire: An Enhanced Method for Quantifying Simulator Sickness. *The International Journal of Aviation Psychology*, 1993, vol. 3, no. 3, pp. 203-220. doi:10.1207/s15327108ijap0303_3.
- Keshavarz B., Berti S. Integration of sensory information precedes the sensation of vection: A combined behavioral and event-related brain potential (ERP) study. *Behavioural Brain Research*, 2014, vol. 259, no. 1, pp. 131–136. doi:10.1016/j.bbr.2013.10.045.
- McLeod P., Reed N., Gilson S., Glennerster A. How soccer players head the ball: A test of optic acceleration cancellation theory with virtual reality. *Vision Research*, 2008, vol. 48, no. 13, pp. 1479–1487. doi:10.1016/j.visres.2008.03.016.
- Mon-Williams M., Wann J. P., Rushton S. Design factors in stereoscopic virtual-reality displays. *Journal of the Society for Information Display*, 1995, vol. 3, no. 4, pp. 207–210. doi:10.1889/1.1984970.
- Reason J. T. Motion sickness adaptation: a neural mismatch model. *Journal of the Royal Society of Medicine*, 1978, vol. 71, pp. 819–829.
- Sharples S., Cobb S., Moody A., Wilson J. R. Virtual reality induced symptoms and effects (VRISSE): Comparison of head mounted display (HMD), desktop and projection display systems. *Displays*, 2008, vol. 29, no. 2, pp. 58–69. doi:10.1016/j.displa.2007.09.005.
- Stanney K. M., Hale K. S., Nahmens I., Kennedy R. S. What to expect from immersive virtual environment exposure: influence of gender, body mass index, and past experience. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 2003, vol. 45, no. 3, pp. 504–520. doi:10.1518/hfes.45.3.504.27254.



ПОСТТРАВМАТИЧЕСКИЙ СТРЕСС И ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ: ПЕРСПЕКТИВЫ ИССЛЕДОВАНИЙ В ПАРАДИГМЕ НЕЙРОЭКОНОМИКИ

БОГОЛЮБОВА О. Н.*, Санкт-Петербургский Государственный университет, Санкт-Петербург, Россия,
e-mail: o.bogolyubova@spbu.ru

ШЕСТАКОВА А. Н.**, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»,
Москва, Россия,
e-mail: a.shestakova@hse.ru

Современный человек нередко сталкивается с событиями, представляющими угрозу его благополучию. Травматический стресс, связанный с переживанием ситуаций, угрожающих жизни и здоровью, в своем крайнем проявлении оборачивается посттравматическим стрессовым расстройством (ПТСР). Клиническая картина ПТСР включает симптомы вторжения, симптомы избегания, негативные изменения в когнитивной и эмоциональной сферах, а также значимые изменения возбудимости и реактивности. В последние годы также растет интерес к изучению сложного посттравматического расстройства, связанного с переживанием хронической травматизации в детском возрасте. В задаче данной статьи входит рассмотрение последствий психологической травмы с позиций современной нейробиологии, а также обсуждение возможностей применения нейроэкономической парадигмы к исследованиям последствий психологической травматизации. В статье представлен достаточно подробный обзор исследований нейробиологии ПТСР, анализ нейробиологических коррелятов хронической травматизации в детском возрасте, а также рассматриваются перспективные направления исследований ПТСР с применением инструментов нейроэкономики.

Ключевые слова: посттравматическое стрессовое расстройство, насилие, принятие решений, нейроэкономика, гипоталамо-гипофизарная адреналовая система, фМРТ, миндалина, гиппокамп, экономические игры.

Введение

Предлагаемые в рамках новейших нейробиологических исследований новые подходы к пониманию работы мозга способствуют значительному расширению и углублению знаний о причинах и механизмах возникновения и развития психологических расстройств, а следовательно, и о методах их лечения. Так, в последние годы особый интерес у специалистов в области психического здоровья, психиатров и клинических психологов вызывает сравнительно недавно получившая развитие междисциплинарная область нейробиологии – нейроэкономика (Behrens et al., 2008; Glimcher, Rustichini, 2004). Нейроэкономика объединяет нейробиологию, экономические науки, психологию и ряд других дисциплин, достижения которых легли в основу новых концепций механизмов и процессов принятия решений, а

Для цитаты:

Боголюбова О. Н., Шестакова А. Н. Посттравматический стресс и принятие решений: перспективы исследований в парадигме нейроэкономики // Экспериментальная психология. 2015. Т. 8. № 2. С. 60–76. doi:10.17759/exppsy.2015080206.

*Боголюбова О. Н. Кандидат психологических наук, доцент кафедры медицинской психологии и психофизиологии, Санкт-Петербургский государственный университет. E-mail: o.bogolyubova@spbu.ru

**Шестакова А. Н. PhD, директор центра нейроэкономики и когнитивных исследований, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики». E-mail: a.shestakova@hse.ru



также позволили успешно моделировать когнитивные процессы, поведение человека и животных. В 2012 г. специальный выпуск журнала *Biological Psychiatry* был посвящен обсуждению возможностей применения нейроэкономической парадигмы к изучению психологических расстройств.

В задачи данной статьи входит рассмотрение психологической травмы и связанных с ней психологических расстройств с точки зрения современных знаний о нейробиологии стресса, а также обсуждение возможностей применения нейроэкономической парадигмы к исследованиям последствий психологической травматизации.

ПТСР и комплексная травма: современные представления и актуальные вопросы

Основоположник теории стресса Ганс Селье выделял два типа стресса – эустресс и дистресс. Эустресс – оптимальный, необходимый для благополучного функционирования стресс, дистресс – стресс, превосходящий индивидуальные ресурсы совладания. Несколько позднее исследователи стали говорить о существовании травматического стресса, т.е. такого стресса, который в силу своей природы (природы стрессора), превосходит ресурсы совладания любого человека. Согласно исследованиям, травматическое событие – это опыт столкновения субъекта с событием или ситуацией, представляющей угрозу для него самого (или его близких) и сопровождающейся интенсивным страхом, ужасом, беспомощностью (Heim, Nemeroff, 2009). При неблагоприятных обстоятельствах переживание травматического стресса может приводить к развитию посттравматического стрессового расстройства (ПТСР).

Сегодня посттравматическое стрессовое расстройство (ПТСР) представлено как отдельная нозологическая форма как в DSM-5, так и в МКБ-10. Согласно современному диагностическому критерию (по DSM-5), наличие ПТСР можно диагностировать в том случае, если субъект пережил опыт столкновения со смертью или угрозой смерти, серьезной физической травмой или сексуальным насилием; при этом субъект может быть либо жертвой травмирующего события, либо его свидетелем или близким пострадавшего, либо регулярно сталкиваться с отталкивающими подробностями травматических событий по роду деятельности (критерий А). Клиническая картина ПТСР включает симптомы вторжения (критерий В), симптомы избегания (критерий С), негативные изменения в когнитивной и эмоциональной сферах, связанные с травмой (критерий D), а также значительные изменения в уровне эмоциональной возбудимости и реактивности (критерий E).

Впервые данное расстройство было включено в системы классификации психических расстройств в 1980 г. в связи со значительным увеличением популяции лиц, страдающих от последствий психической травмы, в первую очередь, ветеранов боевых действий. Со времени официального включения ПТСР в международные классификации психических расстройств в этой области ведутся интенсивные исследования, и сегодня ученые обладают достаточно обширными сведениями об этиологии посттравматического стресса, о психологических и психофизиологических аспектах развития и течения ПТСР. Но, конечно, рост научного знания в этой области, его дальнейшая экстраполяция и разработка более надежного и валидного диагностического инструментария позволяют осуществить постановку новых научно-практических вопросов и проблем. Так, например, чрезвычайно интересной является разработка в современной науке о психическом здоровье понятия сложной травмы или сложного ПТСР (complex PTSD и/или DESNOS – disorders of extreme stress not otherwise specified). Введение и анализ данного понятия приобрели актуальное значение, поскольку специалисты в области посттравматического стресса пришли к заключению



о необходимости разделения психологических проблем людей, переживших однократное травмирующее событие (например, автокатастрофу или нападение грабителя), от психологических проблем людей, подвергавшихся воздействию травмирующего события на протяжении длительного времени (как, например, в случае домашнего насилия).

Таким образом, на сегодняшний момент определение сложного ПТСР звучит следующим образом: сложное ПТСР – это психологическое повреждение, связанное с длительной травматизацией субъекта и возникающее в условиях нарушенных межличностных отношений и невозможности выхода из сложившейся ситуации. Такой тип травматизации приводит к утрате контроля, чувству беспомощности, деформации идентичности и переживания собственного «Я» (Herman, 1997). Наиболее характерным примером подобной ситуации является переживание ребенком насилия в семье. В данном случае речь идет не о переживании отдельных травм, но о формировании личности в условиях насилия. Для людей, страдающих сложным ПТСР, характерными являются следующие нарушения личностного функционирования: 1) нарушения регуляции аффектов и импульсов; 2) расстройства внимания и сознания; 3) нарушение самовосприятия; 4) соматизация; 5) деформация смысловой сферы (Herman, 1997; van der Kolk, 2005). Несмотря на то, что в жизненном опыте такого рода пациентов отсутствует переживание того травматического события, которое строго соответствует критерию А для диагноза ПТСР в МКБ-10 и DSM-5, проявление клинических симптомов отличается высокой интенсивностью, поскольку они испытывали длительное хроническое воздействие непереносимой ситуации на сензитивных этапах развития.

В последние годы быстрое развитие нейронаук и методов неинвазивного исследования мозга позволяет подойти к исследованию известных психологических расстройств с иной методической точки зрения, расширить знания о нейробиологических механизмах их возникновения и течения, а также о факторах уязвимости (предрасположенности) к их развитию. Не являются исключением и исследования травматического стресса. В следующих разделах статьи представлен достаточно подробный обзор современных исследований нейробиологии ПТСР, а также нейробиологических коррелятов переживания насилия в детском возрасте.

Нейробиология ПТСР

В своем исследовании причин и механизмов развития ПТСР Хейм и Немерофф (Heim, Nemeroff, 2009) делают вывод о том, что симптомы ПТСР можно считать отражением вызванных стрессом изменений нейробиологических систем и/или неадекватной адаптации нейробиологических систем к экстремальному стрессу. Исследования в области нейробиологии ПТСР можно разделить на три группы. В первую очередь, это исследования нейроэндокринных изменений, связанных с изменениями в функционировании гипоталамо-гипофизарной адrenaловой системы (ГГАС) под воздействием стресса. Ко второй группе относятся исследования нейроанатомических (структурных) и функциональных коррелятов посттравматического стрессового расстройства. И, наконец, исследования нейрохимических процессов, стоящих за ПТСР, составляют третью группу нейробиологических исследований посттравматического стресса. В рамках данной статьи мы остановимся на обсуждении некоторых наиболее важных и актуальных исследований из первой и второй группы. Начнем с обзора исследований, посвященных нейроэндокринным изменениям, связанным со стрессом.

ГГАС является основной системой организма, регулирующей нейроэндокринную реакцию на воздействие стрессора. Описание функционирования этой системы в норме и па-



тологии подробно представлено в научной литературе и не входит в задачи данной статьи. Наше исследование будет посвящено анализу изменений в функционировании ГГАС, сопряженных с посттравматическим стрессовым расстройством.

Традиционно принято считать, что стрессовое воздействие активирует ГГАС, и, следовательно, можно предположить, что уровень кортизола (глюкокортикоида, являющегося маркером активации ГГАС) у пациентов с ПТСР будет повышен. Однако ряд исследований, проведенных на выборках ветеранов боевых действий, жертв Холокоста, беженцев и жертв насилия, продемонстрировали парадоксальные результаты – а именно, снижение концентрации кортизола в крови, моче и слюне у пациентов с ПТСР (Yehuda, 2006). Необходимо отметить, что этот результат был получен далеко не во всех исследованиях, результаты целого ряда аналогичных исследований свидетельствуют об обратном, и, следовательно, выводы о функционировании ГГАС у пациентов, имеющих ПТСР, носят противоречивый характер. Вероятно, противоречивость и неоднозначность результатов может объясняться влиянием ряда других факторов – таких, как тяжесть травмы и возрастной период, в который она была пережита (Sherin, Nemeroff, 2011). Тем не менее, данные, полученные в различных исследованиях, несмотря на противоречивый характер, позволяют сделать вывод о том, что у пациентов с ПТСР наблюдается нарушение в реагировании ГГАС на стрессоры.

Далее, исследователи ставят вопрос о том, является ли выявленное нарушение следствием ПТСР или фактором риска его развития. Еще в середине 1990-х гг. известным специалистом в области нейробиологии ПТСР Р. Йегуда были выполнены лонгитюдные исследования, продемонстрировавшие, что риск развития ПТСР выше у тех пациентов, у которых была выявлена в острый посттравматический период более низкая концентрация кортизола (Yehuda et al., 1998). Более современные исследования показывают, что введение малых доз кортизола может препятствовать развитию ПТСР и, в частности, снижать частоту симптомов вторжения (de Quervain, 2008). Таким образом, можно предполагать, что сниженный уровень кортизола, как отражение смазанного ответа ГГАС оси на стресс (blunted HPA axis response), является фактором риска развития ПТСР при переживании травматического стресса. При этом, конечно, в свою очередь возникает вопрос о том, какие факторы могут способствовать такому неадекватному ответу ГГАС оси на воздействие стресса. Мы вернемся к этому вопросу чуть позже в разделе, посвященном исследованиям нейробиологических аспектов хронической травматизации в детском возрасте.

Дискуссия о том, какие изменения в ЦНС являются последствием ПТСР, а какие – предрасполагающим фактором для его развития, продолжается и в рамках нейроанатомического подхода к исследованиям ПТСР.

Больше всего данных относительно нейроанатомических коррелятов ПТСР было выявлено в исследованиях гиппокампа. Гиппокамп является одной из наиболее пластичных областей мозга и является «мишенью» для стресс-гормонов; такие особенности функционирования гиппокампа обуславливают внимание исследователей, изучающих расстройства, связанные с нарушениями функционирования ГГАС. Структурно-анатомические исследования пациентов с ПТСР показали уменьшение объемов гиппокампа у этой группы по сравнению с группой нормы. Такой вывод был сделан далеко не во всех исследованиях, но там, где было отмечено снижение объема гиппокампа, оно составило от 5% до 26% и отличалось билатеральностью (Garfinkel, Liberzon, 2009). По всей видимости, длительное воздействие стресса и связанный с ним высокий уровень глюкокортикоидов могут в результате нарушений нейрогенеза повреждать гиппокамп, приводя к снижению развет-



вленности дендритов и/или плотности дендритных шипиков, богатых синапсами (Heim, Nemeroff, 2009). С другой стороны, возможно, размер гиппокампа (структуры мозга, отвечающей за функцию памяти, обучения, когнитивного картирования пространства) входит в состав факторов развития ПТСР. Данный вывод может быть подтвержден результатами другого исследования, участниками которого стали близнецы, при этом один из сиблингов участвовал в боевых действиях. Результаты исследования свидетельствовали о том, что как у ветеранов с ПТСР, так и у их близнецов, объем гиппокампа был уменьшен (Gilbertson et al., 2002). Таким образом, общий вывод заключается в следующем: уменьшенный по сравнению с нормой размер гиппокампа является в условиях столкновения с травмирующим стимулом фактором риска развития ПТСР (Garfinkel, Liberzon, 2009).

Еще одной структурой, задействованной в регуляции нейробиологической реакции на стресс, является медиальная префронтальная кора (medial prefrontal cortex или mPFC), которая играет значительную роль в погашении стресс-реакций и эмоциональной реактивности, торможении выученного страха. Не только структурные исследования этой области показали, что у пациентов с ПТСР снижен объем префронтальной коры, включая переднюю поясную кору (anterior cingulate cortex, или АСС), но также исследования методом воксельной морфометрии продемонстрировали меньшую плотность серого вещества в АСС у пациентов с ПТСР. Несмотря на то, что результаты исследований структурных изменений гиппокампа в большей степени указывают на то, что подобные изменения являются причиной развития ПТСР, на данный момент принято считать эти особенности функционирования АСС следствием развития ПТСР, а не его причиной. В подтверждение данного вывода приводятся результаты исследования, также выполненного на выборке близнецов, различающихся по фактору опыта пребывания в зоне боевых действий: полученные в этом исследовании данные показали, что у ветеранов боевых действий с ПТСР плотность серого вещества в АСС значимо ниже, чем у всех остальных групп испытуемых, включая их сиблингов-близнецов (Kasai et al., 2008). Несмотря на достаточно большое количество исследований, проводимых в рамках нейроанатомического подхода, четкое объяснение причинно-следственной связи между спецификой функционирования этих двух областей мозга (гиппокампа и префронтальной коры) и развития ПТСР на данный момент отсутствует.

Более информативными с точки зрения нейробиологии ПТСР и поведенческих расстройств могут считаться исследования функциональных изменений. Центром внимания в таких исследованиях обычно становятся mPFC, АСС и амигдала, поскольку известно, что mPFC вовлечена в процессы социального научения и развитие когнитивного диссонанса (Behrens et al., 2008; Izuma et al., 2010; van Veen et al., 2009), а отличие мнения индивида от мнения окружающих модулирует активность медиальной префронтальной коры (Behrens et al., 2008; Berns et al., 2010; Campbell-Meiklejohn et al., 2010; Falk et al., 2010; Klucharev et al., 2009; Klucharev, Smidts, Fernandez, 2008) и прилежащего ядра (nucleus accumbens – NAc) (Campbell-Meiklejohn et al., 2010; Klucharev et al., 2009). Данная область коры больших полушарий головного мозга управляет эмоциональной регуляцией поведения, прогнозированием активности и ее корректировкой, волевым контролем, концентрацией внимания. В рамках функционального подхода особое внимание уделяется выбору исследовательских методов, среди которых основными являются (по: Garfinkel, Liberzon, 2009): 1) метод провокации симптомов и 2) метод когнитивных проб. Так, например, сниженная активация АСС у пациентов с ПТСР в сравнении с контрольными группами испытуемых, которые как имели опыт столкновения с травмирующими обстоятельствами, так и не имели его, была



обнаружена в ряде исследований, использовавших метод провокации симптома. Данные результаты согласуются с результатами исследований, проведенных с помощью метода когнитивных проб и указавших в соответствии с данными позитронно-эмиссионной томографии (ПЭТ) на снижение метаболической активности в АСС при выполнении эмоционального Струп-теста у женщин, переживших сексуальное насилие и страдающих ПТСР (Bremner, 2004). Схожие результаты были получены на выборке ветеранов боевых действий при использовании фМРТ-сканирования и эмоционального Струп-теста, предполагающего подсчет нейтральных, негативных и связанных с боевыми действиями слов (Shin, 2001). На основании этих данных можно утверждать, что mPFC и АСС вовлечены в нейробиологическую организацию симптомов ПТСР.

Также необходимо уделить внимание вопросам изучения роли амигдалы в симптоматике ПТСР. Амигдала играет важную роль в формировании и поддержании эмоциональных реакций, регуляции реакции на стресс, а также в распознавании угрожающих ситуаций. Результаты исследований, стимульным материалом в которых служили индивидуальные нарративы о травме (провокация симптома) в сочетании с ПЭТ, а также результаты исследований, стимульным материалом в которых стало предъявление изображений испуганных лиц с разным временем экспозиции (когнитивная проба) в сочетании с фМРТ, свидетельствуют об аналогичной закономерности – об усилении кровотока в амигдале в группах пациентов с ПТСР (Garfinkel, Liberzon, 2009).

В целом, современное состояние исследований в этой области указывает на то, что центральными нейробиологическими характеристиками ПТСР являются следующие изменения: а) изменения в функционировании ГАС, б) изменение нейрохимических параметров, в) сдвиги в работе серотонинэргической, ГАМК-эргической, глутаматэргической, нейропептида Y и опиоидных систем, г) структурные изменения гиппокампа и передней поясной коры, а также д) повышенная реактивность амигдалы и е) сниженная активность префронтальной коры (Heim, Nemeroff, 2009).

Выше мы уже говорили о различиях в развитии, механизмах и симптоматике обычного посттравматического стрессового расстройства и так называемого сложного ПТСР. В свете рассматриваемого в данной работе нейробиологического подхода к объяснению причин возникающих при ПТСР нарушений необходимо рассмотреть вопрос о том, сопровождается ли хроническая травматизация в детском возрасте какими-либо нейробиологическими изменениями, и если такие изменения имеют место, то идентичны ли они тем, что отмечаются при обычном ПТСР.

Нейробиологические аспекты переживания насилия в детском возрасте

Фактически, когда мы говорим о переживании ребенком насилия в семье, то с психологической и психофизиологической точек зрения речь идет о длительном воздействии на развивающийся организм экстремальных, неконтролируемых стрессоров. При этом развивающийся мозг особенно уязвим к воздействию стрессоров, особенно в том, что касается развития и функционирования таких его структур, как префронтальная кора, гиппокамп и мозолистое тело (Delima, Vimpani, 2011). Наиболее ранние исследования нейробиологических последствий переживания насилия детьми относятся к 70-м гг. прошлого века; однако это были лишь анатомические исследования, проводившиеся только в случаях насилия с летальным исходом и позволявшие выявлять самые значительные структурные изменения в мозговой деятельности (Delima, Vimpani, 2011). В последние годы изучение пробле-



мы насилия над детьми и его долгосрочных последствий приобрело особое значение с точки зрения оказания эффективной психологической помощи жертвам насилия и с целью профилактики и предотвращения подобных драматических инцидентов. Развитие технологий исследования мозга позволило существенно развить представления психиатров и психологов о том, какое воздействие оказывает хроническая травматизация, связанная с насилием, на работу головного мозга, а также о том, как это воздействие может объяснять наблюдаемые у людей, подвергшихся насилию, психологические проблемы. Однако данная область исследований посттравматического стрессового расстройства находится лишь в самом начале своего развития, многие вопросы еще не изучены, а результаты некоторых экспериментов носят весьма противоречивый характер: так, результаты исследований взрослых испытуемых, переживавших насилие в детском возрасте, и выявленные в их ходе закономерности не согласуются с результатами исследований детей, и наоборот. Наиболее полный обзор современного состояния этих исследований представлен в журнале *Frontiers in Psychiatry* (McCrory, de Brito, Viding, 2011). Приведем здесь краткий анализ главных пунктов этой работы.

Изменения в работе гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой оси. Исследования нейроэндокринной регуляции реагирования на стресс у детей приводят к противоречивым результатам: в ряде исследований было показано увеличение уровня кортизола в базальных отделах мозга у детей, переживавших насилие, в то время как другие исследования указывают на его понижение. Одно из возможных объяснений этого состоит в том, что повышение уровня кортизола было отмечено лишь в выборках детей, переживавших насилие и страдавших депрессией. Здесь надо отметить, что такое повышение наблюдается и у детей с аффективными расстройствами, не переживавших насилие, а значит, это изменение может быть обусловлено фактом наличия аффективного расстройства, а не переживанием травматического опыта насилия. Схожие результаты получены и при исследовании взрослых испытуемых: в то время как взрослые, переживавшие насилие и страдающие депрессией, характеризуются повышением уровня кортизола, взрослые, переживавшие насилие и страдающие ПТСР, характеризуются снижением уровня кортизола. МакКрори и др. (McCrory, de Brito, Viding, 2011) высказывают предположение, что особенности адаптации ГГАС к хроническому стрессовому воздействию зависят от следующих факторов: формы насилия, возрастного периода, в котором был осуществлен первый насильственный акт, длительности травматического опыта, а также от генетической предрасположенности.

Структурные изменения. Исследования анатомических изменений, сопряженных с опытом переживания насилия в детском возрасте, сосредоточены на изучении следующих областей: гиппокамп, миндалина, мозолистое тело, префронтальная кора.

Гиппокамп. Как уже было сказано выше, уменьшение размера гиппокампа было обнаружено во многих исследованиях нейробиологических аспектов ПТСР у взрослых людей, в том числе и у людей, подвергавшихся насилию в детском возрасте. В то же время, этот результат не наблюдается в детских выборках. Приводятся два возможных объяснения: а) гипотезу о токсичности, согласно которой изменения в функционировании ГГАС при хроническом ПТСР постепенно приводят к изменению размера гиппокампа; б) гипотезу о предрасположенности (или уязвимости), согласно которой ПТСР развивается у людей, обладающих изначально небольшим гиппокампом, – данный фактор является одной из причин развития ПТСР.

Миндалина. Результаты многочисленных исследований стрессовой реакции у животных демонстрировали, что хронический стресс приводит к усилению ветвления дендритов.



По аналогии с выводами такого рода исследований ученые высказывали предположение о возможных структурных изменениях амигдалы у людей, подвергавшихся хронической форме травматического воздействия – насилию в детском возрасте. Однако до недавнего времени аналогичных изменений в размере амигдалы у детей, подвергавшихся травматическому воздействию, не удавалось обнаружить. Исключением стали два недавних исследования (Mehta, 2009; Tottenham, 2010) эмоционального статуса детей, находившихся в детских домах и переживавших крайнюю депривацию до усыновления. Эти исследования подтвердили факт увеличения у них размеров амигдалы. Что касается исследований на выборках взрослых, переживших насилие в детском возрасте, то на данный момент их всего три, и лишь в одном из них были отмечены структурные изменения амигдалы (в сторону уменьшения). МакКрори и др. (McCrogy, de Brito, Viding, 2011) в связи с этим высказывают предположение, что амигдала уязвима к раннему сильному стрессу, связанному с институциональной депривацией, а не к травмирующему воздействию, которое носит временный характер и имеет место на более поздних этапах развития.

Мозолистое тело. Большинство исследований этой структуры указывают на то, что размеры мозолистого тела у детей, переживших насилие, оказываются меньше, чем у их сверстников, не имеющих подобного опыта (McCrogy et al., 2011). Аналогичные результаты обнаруживаются при исследовании выборок взрослых людей. Некоторые исследователи высказывают предположение, что подобные изменения в структуре мозолистого тела определяют нарушения эмоциональной регуляции и языковой экспрессии у людей, переживших насилие.

Префронтальная кора. Результаты исследований префронтальной коры носят противоречивый характер: в отличие от детей, перенесших травматический опыт, однако не характеризующихся уменьшением размеров префронтальной коры, взрослые, пережившие насилие в детстве, устойчиво демонстрируют уменьшение ее размеров (McCrogy, de Brito, Viding, 2011). Данные различия могут объясняться такими факторами, как возраст участников исследований, характер примененного к ребенку насилия, фокусирование исследования на различных областях префронтальной коры. Интересен тот факт, что изменения такого рода наблюдаются и у людей, переживавших только психологическое насилие (без физического и сексуального насилия).

Функциональные изменения. На сегодняшний момент выполнено лишь небольшое число фМРТ-исследований нейробиологических коррелятов переживания насилия в детском возрасте. В обзоре МакКрори с соавторами, сообщается лишь о двух выполненных фМРТ-исследованиях детей, переживших насилие (см. Carrion et al., 2008, 2010). В первом из них изучались особенности торможения ответной реакции: дети, пережившие насилие, демонстрировали повышение активности в АСС, что согласуется с гипотезой о том, что нарушение когнитивного контроля у людей, переживших насилие, связано с повышенной реактивностью подкорковых структур в ответ на негативный аффект. Второе исследование этой группы было построено на использовании вербального теста по оценке работы декларативной памяти. Результаты исследования показали, что у подростков с опытом переживания насилия на этапе воспроизведения (retrieval) наблюдается уменьшение активности в правом гиппокампе, следствием чего могут являться симптомы избегания и онемения.

Помимо этого, описываются фМРТ-исследования взрослых, переживших насилие. В одном из них была обнаружена корреляция между опытом переживания физического насилия и реактивностью правой амигдалы при предъявлении изображений печальных лиц (Grant et al., 2011). Другое исследование было посвящено изучению особенностей поведе-



ния, связанного с получением награды, с помощью задачи на отсрочку финансового вознаграждения (Dillon et al., 2009). Было обнаружено, что взрослые, переживавшие насилие, оценивали сигналы, предсказывающие вознаграждение, как менее позитивные и демонстрировали меньшую реактивность на сигналы в левом бледном шаре.

Тем не менее, полученные результаты не позволяют однозначно ответить на вопрос, с чем связаны наблюдаемые нейробиологические изменения. Так, например, остается открытым вопрос о том, характерны ли эти изменения только для пациентов с ПТСР или же они наблюдаются у большинства людей, переживавших насилие в семье, вне зависимости от того, имеют ли они ПТСР или не имеют. С целью изучения данной проблемы было проведено фМРТ/МРТ-исследование ПТСР (Dannlowski et al., 2012). Выборку составили 148 здоровых взрослых людей, имеющих опыт переживания насилия в детском возрасте. Исключались из выборки те индивиды, у которых были выявлены: психическое расстройство (включая ПТСР) в анамнезе и на момент исследования (по результатам структурированного клинического интервью SCID), депрессия – балл выше 10-ти по шкале «депрессии» Бека, наличие черепно-мозговых травм и неврологических нарушений в анамнезе, а также прием психотропных препаратов. Опыт переживания насилия оценивался с помощью шкалы СТQ (Childhood Trauma Questionnaire), помимо этого собиралась информация о наличии актуальных стрессоров в жизни у каждого из участников исследования. Дизайн исследования включал функциональное МРТ-исследование активации амигдалы при предъявлении изображений гневных и испуганных лиц, а также воксель-ориентированную морфометрическую пробу. Результаты исследования показали, что у испытуемых, имеющих более высокие баллы по шкале СТQ, при предъявлении изображений испуганных и гневных лиц наблюдается большая активация правой амигдалы, чем у испытуемых, не переживавших опыта насилия. При этом необходимо отметить, что этот результат сохранился и при включении в анализ таких факторов, как текущие стрессоры, симптомы субклинического психологического дистресса, уровень вербального интеллекта и социо-демографические характеристики. Таким образом, можно сделать вывод о том, что именно факт переживания длительного насилия в детском возрасте стоит за выявленными нейробиологическими особенностями.

Что касается морфометрической части данного исследования, то здесь было обнаружено, что существует значимая отрицательная связь между размером гиппокампа и общим баллом по СТQ, т. е., у тех, кто пережил более тяжелое насилие в детском возрасте, был определен меньший размер гиппокампа. Данные результаты представляются достаточно интересными, тем более что они были получены на выборке испытуемых, не страдающих ПТСР. Они противоречат выводам, сделанным Гарфинкелем и Либерзоном (см. выше) на основании близнецовых исследований пациентов с ПТСР, о том, что меньший размер гиппокампа является фактором риска развития ПТСР при столкновении с травмирующим стимулом. В этом случае можно предположить, что переживание тяжелого хронического стресса в детском возрасте является первичным фактором уязвимости, т. е. фактором, предшествующим таким нейробиологическим изменениям, как уменьшение размера гиппокампа. Для подтверждения или опровержения ранее высказанной гипотезы необходимо проведение дальнейших исследований.

Нейроэкономика и исследования ПТСР

Несмотря на существенный прогресс в терапии многих психических расстройств за последние 50 лет, в этой области сохраняются существенные пробелы. Развитие нейрона-



ук в последнее десятилетие заставило ученых выразить сомнение в валидности таких нозологических систем, как DSM-IV и МКБ-10 (Insel, 2013). В связи с этим несколько лет назад был разработан и принят Стратегический План Института Психического Здоровья (США) (National Institute of Mental Health Strategic Plan), ставящий перед международным научным сообществом задачу «разработать новые методы классификации психических расстройств, основанные на измерениях наблюдаемого поведения и нейробиологических показателей» (<http://www.nimh.nih.gov/about/strategic-planning-reports/index.shtml>). В поисках решения этой задачи психологическая наука сегодня обращается к достижениям новых научных дисциплин, таких, как когнитивная нейронаука, нейробиология эмоций и коммуникаций, а также нейробиология принятия решений или нейроэкономика.

Возникшая на стыке экономической теории и теории игр, нейробиологии, психологии и вычислительных наук (см. обзор: Montague, 2012), нейроэкономика изучает поведенческие и нейробиологические основы принятия решений при наличии альтернативных вариантов, распределении риска и вознаграждения. Именно нейроэкономика позволяет ученым разрабатывать новые методы анализа и оценки рискованного, избегающего, про- или асоциального поведения, тем самым расширяя представления о широком спектре клинико-психологических проблем, связанных с социальной жизнью индивида.

Согласно экономической теории максимизации ожидаемой полезности, каждый индивид стремится максимизировать выгоду, выбирая альтернативу с наибольшей ожидаемой полезностью. Не вдаваясь в нюансы современных представлений о нейробиологии принятия решений, уточним, что важным достижением экспериментальной нейроэкономики явилось преодоление ограничения, наложенного экономической теорией на моделирование принятия решений о выборе той или иной альтернативы, который зависит от уровня ее субъективной ценности/полезности, и заключавшегося в трудности выразить такой фактор, как полезность, в абсолютных единицах. Нейробиологические исследования позволили определить, что величину полезности можно выразить через значение усредненной активности специализированных (дофаминэргических) популяций нейронов, к примеру, прилежащего ядра (nucleus accumbens) и орбитофронтальной коры (см. обзор: Knutson, Cooper, 2005).

Одной из важных задач нейроэкономики является изучение нейробиологических основ социального и экономического взаимодействия с помощью так называемых стратегических игр, моделирующих социальные взаимоотношения и способы принятия индивидуальных решений при взаимодействии двух и более индивидов. Среди наиболее популярных стратегических игр, используемых в нейроэкономике, стоит отметить «Игру в ультиматум» (Ultimatum Game), «Дилемму заключенного» (Prisoner's Dilemma), «Игру в доверие» (Trust game), и др. В этих и других играх исследуются рациональные и иррациональные аспекты поведения, способствующие достижению максимальной полезности, к примеру, денежного выигрыша («Игра в доверие», «Игра в ультиматум»). В рамках данного подхода высказывается весьма интересная идея о том, что осознание лучшей альтернативы не означает ее принятия: пациенты с нарушениями аффективной сферы, осознавая наличие оптимального решения, выбирают худшее решение из-за отсутствия эмоциональной реакции на собственные предыдущие ошибки. Взаимодействие эмоциональных и рациональных нейробиологических механизмов принятия решений в рамках теории «Дуализма принятия решения» Д. Канемана (Kahneman, 2003) также оказывается в фокусе нейроэкономических исследований, убедительно доказывающих диссоциацию нейрональных путей эмоциональной Системы 1 (по классификации Д. Канемана), основывающейся на деятельности так называемой лимбической системы при-



нятия решений (островковая кора, прилежащее ядро, цингулярная кора и др.), и рациональной Системы 2 (дорсолатеральная префронтальная кора и др.) (Hare, Camerer, Rangel, 2009; McClure et al., 2004; см. также обзор: Ключарев и др., 2011).

Кроме того, экономические игры с несколькими игроками, позволяя варьировать вероятность и знак того или иного специфического межличностного жеста, становятся эффективным методом исследования нарушений межличностного функционирования при психических расстройствах.

Именно эти аспекты нейроэкономики делают применение ее моделей и метафор к проблемам клинической психологии перспективным направлением развития размышлений о психическом здоровье. Возможности нейроэкономики, позволяющей объединять поведенческие переменные, связанные с принятием решений, с их нейронными коррелятами (Montague, 2012), а также позволяющей проводить анализ нейрональных сетей и анатомических структур головного мозга, вовлеченных в процесс принятия решений, делают ее перспективным научным направлением для исследований ПТСР. На сегодняшний день на стыке нейроэкономики и клинической психологии выполнен целый ряд исследований в области психического здоровья. Так, например, выполнены исследования влияния вызванных тревогой изменений в системах, регулирующих реакции страха (brain circuitry) на возникновение специфических когнитивных искажений, от которых, в свою очередь, зависят собственно процесс и результат принятия решений (Hartley, Phelps, 2012). Далее, нейроэкономика вносит значительный вклад в изучение аддикций, позволяя специалистам в данной области проводить экспериментальные исследования особенностей оценки ценности и чувствительности к вознаграждению у наркозависимых пациентов (Monterosso, 2012). Нейроэкономика позволяет существенно расширить круг изучаемых клинико-психологических проблем – от исследований нарушений поведения, связанного с получением вознаграждения, влияния фрейминга, избегания потерь у больных депрессией (Ernst, 2012) до исследований межличностного функционирования при таких расстройствах, как аутизм, социальная фобия, пограничное расстройство личности, путем разработки экономических внутригрупповых игр (King-Casas et al., 2012). И, наконец, применение игровых экспериментальных парадигм, а именно, разновидности игры в доверие, так называемой инвестиционной игры (Berg et al., 1995), способствует проведению тщательного анализа социального взаимодействия у больных психозом (Fett et al., 2012).

Если мы вновь обратимся к вопросам изучения причин и механизмов развития ПТСР, то следует внимательно рассмотреть перспективы применения нейроэкономического подхода к изучению проблем, связанных с ПТСР и последствиями хронической травматизации (сложным ПТСР). На данный момент особенности принятия решений людьми, страдающими ПТСР, еще недостаточно изучены. В то же время клинические наблюдения указывают на то, что специфические особенности принятия решений теми, кто испытал травматический стресс, могут объяснять возникающие у таких людей психологические, поведенческие и межличностные трудности. Так, например, был сделан вывод о том, что пациенты, страдающие ПТСР, часто при совершении выбора демонстрируют чрезмерное беспокойство о потенциальной угрозе и собственной уязвимости, что приводит к избегающему поведению или поведению, отражающему выраженный страх и ожидание негативного будущего (Engelmann et al., 2013). Можно предположить, что исследования ПТСР, выполненные в русле нейроэкономического подхода, помогут выявить и описать психологические и нейробиологические механизмы дезадаптивного принятия решений у людей, переживших значительную психологическую травму.



Применение нейроэкономических моделей и инструментов (например, экономических игр) также может быть полезным в изучении поведенческих проблем взрослых людей, переживавших хроническую травматизацию в детском возрасте (как правило, речь идет о переживании насилия в семье). Среди этих проблем особое место занимают проблемы повторной виктимизации, рискованного поведения и трудности в построении близких отношений.

Известно, что люди, переживавшие насилие в детском возрасте, часто и во взрослой жизни становятся жертвами физического, сексуального или эмоционального насилия (Casey, Nurius, 2005; Fargo, 2009). Сегодня, когда абсолютно очевидно, что понятия виктимность и виктимология должны быть признаны полностью несостоятельными, стигматизирующими жертву и направляющими мыслительные усилия исследователей по бесперспективному пути, особенно остро необходим научно обоснованный подход для изучения факторов, делающих людей, переживавших насилие в детстве, более уязвимыми к его повторению. Так, например, в последние годы был выполнен ряд интересных исследований, направленных на изучение нарушений распознавания опасности у людей, переживавших насилие в детстве (Chum et al., 2014). Нейроэкономика может предложить эффективные модели и инструменты, позволяющие уточнить имеющиеся уже представления о специфике распознавания сигналов опасности в контексте межличностных отношений у людей, переживавших насилие в детстве (одной из перспективных техник представляется, например, «Игра в доверие»).

«Игра в доверие» может также быть использована и для изучения самых разнообразных аспектов нарушения межличностных отношений у людей, имеющих опыт ранней, хронической травматизации, в том числе проблем, связанных с построением значимых, близких отношений. Другой перспективной методикой может стать «Игра в ультиматум», игровая модель которой позволяет исследовать способность к сотрудничеству, а также (в сочетании с измерением психофизиологических показателей) реакцию на отвержение.

Следующей проблемной областью можно назвать рискованное и безрассудное поведение, присущее тем, кто пережил насилие в детском возрасте (Senn, Carey, 2010; Wilson, Widom, 2011). Несмотря на довольно большое число исследовательских работ по данной теме, остаются не в полной мере проясненными психологические механизмы и природа взаимосвязи ПТСР и рискованного поведения. Дальнейшие исследования этой темы с применением разнообразных экономических игр и моделей, таких как, например, «Вознаграждение в ситуации риска» (Risky Gains), «Временное дисконтирование» (Delay Discounting) и «Задача надувания шара» (Balloon Task), может существенно углубить понимание психологических и нейробиологических механизмов развития рискованного поведения.

Таким образом, нейроэкономический подход с применением методов нейробиологии позволит провести тщательное исследование особенностей распознавания социальных сигналов, межличностного доверия, определения ценности и субъективной полезности альтернатив, особенностей развития рискованного поведения и, таким образом, подойти к более глубокому пониманию психологических проблем, связанных с хронической травматизацией и ПТСР.

Финансирование

Статья подготовлена в результате проведения работы с использованием средств субсидии на государственную поддержку ведущих университетов Российской Федерации в целях повышения их конкурентоспособности среди ведущих мировых научно-образовательных центров, выделенной НИУ ВШЭ.



Литература

- Ключарев В. А., Шмидт А., Шестакова А. Н. Нейроэкономика: нейробиология принятия решений // Экспериментальная психология. 2011. № 2. С. 14–35.
- Behrens T. E. J. et al. Associative learning of social value // Nature. 2008. Vol. 456. № 7219. P. 245–249. doi:10.1038/nature07538.
- Berg J., Dickhaut J., McCabe K. Trust, reciprocity, and social history // Games and economic behavior. 1995. Vol. 10. № 1. P. 122–142. doi:10.1006/game.1995.1027.
- Berns G. S. et al. Neural mechanisms of the influence of popularity on adolescent ratings of music // Neuroimage. 2010. Vol. 49. № 3. P. 2687–2696. doi:10.1016/j.neuroimage.2009.10.070.
- Bremner J. D. et al. Neural correlates of the classic color and emotional stroop in women with abuse-related posttraumatic stress disorder // Biological psychiatry. 2004. Vol. 55. № 6. P. 612–620. doi:10.1016/j.biopsych.2003.10.001.
- Campbell-Meiklejohn D. K. et al. How the opinion of others affects our valuation of objects // Current Biology. 2010. Vol. 20. № 13. P. 1165–1170. doi:10.1016/j.cub.2010.04.055.
- Carrion V. G. et al. Posttraumatic stress symptoms and brain function during a response-inhibition task: an fMRI study in youth // Depression and Anxiety. 2008. Vol. 25. № 6. P. 514–526. doi:10.1002/da.20346.
- Carrion V. G. et al. Reduced hippocampal activity in youth with posttraumatic stress symptoms: an fMRI study // Journal of Pediatric Psychology. 2010. Vol. 35. № 5. P. 559–569. doi:10.1093/jpepsy/jsp112.
- Casey E. A., Nurius P. S. Trauma exposure and sexual revictimization risk comparisons across single, multiple incident, and multiple perpetrator victimizations // Violence Against Women. 2005. Vol. 11. № 4. P. 505–530. doi:10.1177/1077801204274339.
- Chum A. T., DePrince A. P., Mauss I. B. Exploring revictimization risk in a community sample of sexual assault survivors // Journal of Trauma and Dissociation. 2014. Vol. 15. № 3. P. 319–331. doi:10.1080/15299732.2013.853723.
- Dannlowski U. et al. Limbic scars: long-term consequences of childhood maltreatment revealed by functional and structural magnetic resonance imaging // Biological psychiatry. 2012. Vol. 71. № 4. P. 286–293. doi:10.1016/j.biopsych.2011.10.021.
- Delima J., Vimpani G. The neurobiological effects of childhood maltreatment. An often over-looked narrative related to the long-term effects of early childhood trauma // Family Matters 2011 Vol. 89. P. 42–52.
- de Quervain, D. J.-F. Glucocorticoid-induced reduction of traumatic memories: implications for the treatment of PTSD // Progress in Brain Research. 2008. Vol. 167. P. 239–247. doi:10.1016/S0079-6123(07)67017-4.
- Dillon D. G. et al. Childhood adversity is associated with left basal ganglia dysfunction during reward anticipation in adulthood // Biological psychiatry. 2009. Vol. 66. № 3. P. 206–213. doi:10.1016/j.biopsych.2009.02.019.
- Engelmann J. B. et al. Posttraumatic Stress Disorder Increases Sensitivity to Long Term Losses among Patients with Major Depressive Disorder // PLoS one. 2013. Vol. 8. № 10. P. e78292. doi:10.1371/journal.pone.0078292.
- Ernst M. The usefulness of neuroeconomics for the study of depression across adolescence into adulthood // Biological Psychiatry. 2012. Vol. 72. P. 84–86. doi:10.1016/j.biopsych.2012.02.027.
- Falk E. B. et al. Predicting persuasion-induced behavior change from the brain // The Journal of Neuroscience. 2010. Vol. 30. № 25. P. 8421–8424. doi:10.1523/JNEUROSCI.0063-10.2010.
- Fargo J. D. Pathways to adult sexual revictimization: direct and indirect behavioral risk factors across the lifespan // Journal of interpersonal violence. 2009. Vol. 24. № 11. P. 1771–1791. doi:10.1177/0886260508325489.
- Fett A.-K. J., Shergill S. S., Joyce D. W., Riedl A., Strobel M., Gromann P. M., Krabbendam L. To trust or not to trust: the dynamics of social interaction in psychosis // Brain. 2012. Vol. 135. P. 976–984. doi:10.1093/brain/awr359.
- Garfinkel S. N., Liberzon I. A Review of Neuroimaging Findings // Psychiatric Annals. 2009. Vol. 39. № 6. doi:10.3928/00485713-20090527-01.
- Gilbertson M. W. et al. Smaller hippocampal volume predicts pathologic vulnerability to psychological trauma // Nature neuroscience. 2002. Vol. 5. № 11. P. 1242–1247. doi:10.1038/nn958.
- Glimcher P. W., Rustichini A. Neuroeconomics: the consilience of brain and decision // Science. 2004. Vol. 306. № 5695. P. 447–452. doi:10.1126/science.1102566.



- Grant M.M. et al. Childhood trauma history differentiates amygdala response to sad faces within MDD // Journal of psychiatric research. 2011. Vol. 45. № 7. P. 886–895. doi:10.1016/j.jpsychires.2010.12.004.
- Hare T.A., Camerer C.F., Rangel A. Self-control in decision-making involves modulation of the vmPFC valuation system // Science. 2009. Vol. 324. № 5927. P. 646–648. doi:10.1126/science.1168450.
- Hartley C.A., Phelps E.A. Anxiety and decision-making // Biological psychiatry. 2012. Vol. 72. № 2. P. 113–118. doi:10.1016/j.biopsych.2011.12.027.
- Heim C., Nemeroff C.B. Neurobiology of posttraumatic stress disorder // CNS Spectr. 2009. Vol. 14. № 1. Suppl. 1. P. 13–24.
- Herman J. Trauma And Recovery: The Aftermath Of Violence-from Domestic Abuse To Political Terror. Author: Judith Herman, Publisher, 1997.
- Insel T. Director's blog: Transforming diagnosis, April 29, 2013 [Electronic edition] // URL: <http://www.nimh.nih.gov/about/director/2013/transforming-diagnosis.shtml>. (Access date: 15. 06. 2015).
- Izuma K. et al. Neural correlates of cognitive dissonance and choice-induced preference change // Proceedings of the National Academy of Sciences. 2010. Vol. 107. № 51. P. 22014–22019. doi:10.1073/pnas.1011879108.
- Kahneman D. A perspective on judgment and choice: mapping bounded rationality // American psychologist. 2003. Vol. 58. № 9. P. 697. doi:10.1037/0003-066X.58.9.697.
- Kasai K. et al. Evidence for acquired pregenual anterior cingulate gray matter loss from a twin study of combat-related posttraumatic stress disorder // Biological psychiatry. 2008. Vol. 63. № 6. P. 550–556. doi:10.1016/j.biopsych.2007.06.022.
- King-Casas B., Chiu P.H. Understanding interpersonal function in psychiatric illness through multiplayer economic games // Biological psychiatry. 2012. Vol. 72. № 2. P. 119–125. doi:10.1016/j.biopsych.2012.03.033
- Klucharev V. et al. Reinforcement learning signal predicts social conformity // Neuron. 2009. Vol. 61. № 1. P. 140–151. doi:10.1016/j.neuron.2008.11.027.
- Klucharev V., Smidts A., Fernández G. Brain mechanisms of persuasion: how 'expert power' modulates memory and attitudes // Social Cognitive and Affective Neuroscience. 2008. Vol. 3. № 4. P. 353–366. doi:10.1093/scan/nsn022.
- Knutson B., Cooper J.C. Functional magnetic resonance imaging of reward prediction // Current opinion in neurology. 2005. Vol. 18. № 4. P. 411–417. doi:10.1097/01.wco.0000173463.24758.f6.
- McClure S.M. et al. Separate neural systems value immediate and delayed monetary rewards // Science. 2004. Vol. 306. № 5695. P. 503–507. doi:10.1126/science.1100907.
- McCrory E., De Brito S.A., Viding E. The impact of childhood mal-treatment: a review of neurobiological and genetic factors // Frontiers in Psychiatry. 2011. Vol. 2. P. 1–14. doi:10.3389/fpsy.2011.00048.
- Mehra M.A. et al. Amygdala, hippocampal and corpus callosum size following severe early institutional deprivation: the English and Romanian Adoptees study pilot // Journal of Child Psychology and Psychiatry. 2009. Vol. 50. № 8. P. 943–951. doi:10.1111/j.1469-7610.2009.02084.x.
- Montague P.R. The scylla and charybdis of neuroeconomic approaches to psychopathology // Biological psychiatry. 2012. Vol. 72. № 2. P. 80. doi:10.1016/j.biopsych.2012.05.010.
- Monterosso J., Piray P., Luo S. Neuroeconomics and the study of addiction // Biological psychiatry. 2012. Vol. 72. № 2. P. 107–112. doi:10.1016/j.biopsych.2012.03.012.
- Senn T.E., Carey M.P. Child maltreatment and women's adult sexual risk behavior: Childhood sexual abuse as a unique risk factor // Child maltreatment. 2010. Vol. 15. № 4. P. 324–335. doi:10.1177/1077559510381112.
- Sherin J.E., Nemeroff C.B. Post-traumatic stress disorder: the neurobiological impact of psychological trauma // Dialogues in Clinical Neuroscience. 2011 Vol.13. № 3. P. 263–278.
- Shin L.M., Whalen P.J., Pitman R.K. An fMRI study of anterior cingulate function in posttraumatic stress disorder. // Biological Psychiatry. 2001. Vol. 50. № 12. P. 932–942. doi:10.1016/S0006-3223(01)01215-X.
- Tottenham N. et al. Prolonged institutional rearing is associated with atypically large amygdala volume and difficulties in emotion regulation // Developmental science. 2010. Vol. 13. № 1. P. 46–61. doi:10.1111/j.1467-7687.2009.00852.x.
- Van der Kolk B.A. Developmental Trauma Disorder // Psychiatric Annals. 2005. Vol. 35. № 5. P. 401–408.
- Van Veen V. et al. Neural activity predicts attitude change in cognitive dissonance // Nature neuroscience. 2009. Vol. 12. № 11. P. 1469–1474. doi:10.1038/nn.2413.
- Wilson H. W., Widom C. S. Pathways from childhood abuse and neglect to HIV-risk sexual behavior in middle adulthood // Journal of consulting and clinical psychology. 2011. Vol. 79. № 2. P. 236. doi:10.1037/a0022915.



Yehuda R. Advances in understanding neuroendocrine alterations in PTSD and their therapeutic implications // *Annals of the New York Academy of Sciences*. 2006. Vol. 1071. № 1. P. 137–166. doi:10.1196/annals.1364.012.

Yehuda R., McFarlane A. C., Shalev A. Y. Predicting the development of posttraumatic stress disorder from the acute response to a traumatic event // *Biological psychiatry*. 1998. Vol. 44. № 12. P. 1305–1313. doi:10.1016/S0006-3223(98)00276-5.

POST-TRAUMATIC STRESS AND DECISION-MAKING: RESEARCH PROSPECTS IN THE PARADIGM OF NEUROECONOMICS

BOGOLYUBOVA O.N.*, Saint-Petersburg State University, Saint-Petersburg, Russia,
e-mail: o.bogolyubova@spbu.ru

SHESTAKOVA A.N.**, National Research University Higher School of Economics, Moscow, Russia,
e-mail: a.shestakova@hse.ru

In the modern world, humans risk exposure to traumatic events such as major stress, terrorism, diseases, catastrophes a threat to a persons' life or health, sexual assault, military experience etc. After being exposed to those, a posttraumatic stress disorder (PTSD) can develop. PTSD symptoms may include re-experiencing, avoidance, withdrawal, hyperarousal, vigilance and reactivity, as well as changes in more complex cognitive and emotional behavior. Recently, PTSD research has focused on the role of early age victimization as a pathological factor. Our paper considers consequences of psychological trauma from the neurobiological point of view. To better understand PTSD, we offer to use paradigms developed by the newly established area of neuroscience called neuroeconomics. We review the neurobiological findings of PTSD with the aim to uncover neurobiological correlates of early child traumatization. We offer to use economic approach and, more specifically, economic games, to interpret PTSD findings in the light of neuroeconomics research.

Keywords: post traumatic stress disorder PTSD, childhood victimization, decision making, neuroeconomics, Hypothalamic-pituitary-adrenal axis, amygdala, hippocampus, economical games.

References

- Klyucharev V.A., Shmids A., Shestakova A.N. Neuroekonomika: neirobiologiya prinyatiya reshenii. [Neuroeconomics: neurobiology of decision making]. *Ekspperimental'naya psikhologiya [Experimental Psychology (Russia)]*, 2011, no. 2, pp. 14–35 (In Russ., abstr. in Engl.).
- Behrens T.E.J. et al. Associative learning of social value. *Nature*, 2008, vol. 456, no. 7219, pp. 245–249. doi:10.1038/nature07538.
- Berg J., Dickhaut J., McCabe K. Trust, reciprocity, and social history. *Games and economic behavior*, 1995, vol. 10, no. 1, pp. 122–142. doi:10.1006/game.1995.1027.

For citation:

Bogolyubova O.N., Shestakova A.N. Post-traumatic stress and decision-making: research prospects in the paradigm of neuroeconomics. *Ekspperimental'naya Psikhologiya = Experimental Psychology (Russia)*, 2015, vol. 8, no. 2, pp. 60–76 (In Russ., abstr. in Engl.). doi:10.17759/exppsy.2015080206

*Bogolyubova O.N. PhD (Psychology), Assistant Professor, Department of Medical Psychology and Psychophysiology, Saint-Petersburg State University. E-mail: o.bogolyubova@spbu.ru.

**Shestakova A.N. PhD (Psychology), Director, Centre for Cognition and Decision Making, National Research University Higher School of Economics. E-mail: a.shestakova@hse.ru.



- Berns G. S. et al. Neural mechanisms of the influence of popularity on adolescent ratings of music. *Neuroimage*, 2010, vol. 49, no. 3, pp. 2687–2696. doi:10.1016/j.neuroimage.2009.10.070.
- Bremner J. D. et al. Neural correlates of the classic color and emotional stroop in women with abuse-related posttraumatic stress disorder. *Biological psychiatry*, 2004, vol. 55, no. 6, pp. 612–620. doi:10.1016/j.biopsych.2003.10.001.
- Campbell-Meiklejohn D. K. et al. How the opinion of others affects our valuation of objects. *Current Biology*, 2010, vol. 20, no. 13, pp. 1165–1170. doi:10.1016/j.cub.2010.04.055.
- Carrion V. G. et al. Posttraumatic stress symptoms and brain function during a response inhibition task: an fMRI study in youth. *Depression and Anxiety*, 2008, vol. 25, no. 6, pp. 514–526. doi:10.1002/da.20346.
- Carrión V. G. et al. *Reduced hippocampal activity in youth with posttraumatic stress symptoms: an FMRI study*. *Journal of Pediatric Psychology*, 2010, vol. 35, no. 5, pp. 559–569. doi:10.1093/jpepsy/jsp112.
- Casey E. A., Nurius P. S. Trauma exposure and sexual revictimization risk comparisons across single, multiple incident, and multiple perpetrator victimizations. *Violence Against Women*, 2005, vol. 11, no. 4, pp. 505–530. doi:10.1177/107780120427433.9.
- Chum A. T., DePrince A. P., Mauss I. B. Exploring revictimization risk in a community sample of sexual assault survivors. *Journal of Trauma and Dissociation*, 2014, vol. 15, no. 3, pp. 319–331. doi:10.1080/15299732.2013.853723.
- Dannlowski U. et al. Limbic scars: long-term consequences of childhood maltreatment revealed by functional and structural magnetic resonance imaging. *Biological psychiatry*, 2012, vol. 71, no. 4, pp. 286–293. doi:10.1016/j.biopsych.2011.10.021.
- Delima J., Vimpani G. The neurobiological effects of childhood maltreatment. An often over-looked narrative related to the long-term effects of early childhood trauma. *Family Matters*, 2011, vol. 89, pp. 42–52.
- de Quervain, D. J.-F. Glucocorticoid-induced reduction of traumatic memories: implications for the treatment of PTSD. *Progress in Brain Research*, 2008, vol. 167, pp. 239–247. doi:10.1016/S0079-6123(07)67017-4.
- Dillon D. G. et al. Childhood adversity is associated with left basal ganglia dysfunction during reward anticipation in adulthood. *Biological psychiatry*, 2009, vol. 66, no. 3, pp. 206–213. doi:10.1016/j.biopsych.2009.02.019.
- Engelmann J. B. et al. Posttraumatic Stress Disorder Increases Sensitivity to Long Term Losses among Patients with Major Depressive Disorder. *PloS one*, 2013, vol. 8, no. 10, pp. e78292. doi:10.1371/journal.pone.0078292.
- Ernst M. The usefulness of neuroeconomics for the study of depression across adolescence into adulthood. *Biological Psychiatry*, 2012, vol. 72, pp. 84–86. doi:10.1016/j.biopsych.2012.02.027.
- Falk E. B. et al. Predicting persuasion-induced behavior change from the brain. *The Journal of Neuroscience*, 2010, vol. 30, no. 25, pp. 8421–8424. doi:10.1523/JNEUROSCI.0063-10.2010.
- Fargo J. D. Pathways to adult sexual revictimization: direct and indirect behavioral risk factors across the lifespan. *Journal of interpersonal violence*, 2009 vol. 24 no. 11 1771–1791 doi:10.1177/0886260508325489.
- Fett A-K. J., Shergill S. S., Joyce D. W., Riedl A., Strobel M., Gromann P. M., Krabbendam L. To trust or not to trust: the dynamics of social interaction in psychosis. *Brain*, 2012, vol. 135, pp. 976–984. doi:10.1093/brain/awr359.
- Garfinkel S. N., Liberzon I. A Review of Neuroimaging Findings. *Psychiatric Annals*, 2009, vol. 39, no. 6. doi:10.3928/00485713-20090527-01.
- Gilbertson M. W. et al. Smaller hippocampal volume predicts pathologic vulnerability to psychological trauma. *Nature neuroscience*, 2002, vol. 5, no. 11, pp. 1242–1247. doi:10.1038/nn958.
- Glimcher P. W., Rustichini A. Neuroeconomics: the consilience of brain and decision. *Science*, 2004, vol. 306, no. 5695, pp. 447–452. doi:10.1126/science.1102566.
- Grant M. M. et al. Childhood trauma history differentiates amygdala response to sad faces within MDD. *Journal of psychiatric research*, 2011, vol. 45, no. 7, pp. 886–895. doi:10.1016/j.jpsychires.2010.12.004.
- Hare T. A., Camerer C. F., Rangel A. Self-control in decision-making involves modulation of the vmPFC valuation system. *Science*, 2009, vol. 324, no. 5927, pp. 646–648. doi:10.1126/science.1168450.
- Hartley C. A., Phelps E. A. Anxiety and decision-making. *Biological psychiatry*, 2012, vol. 72, no. 2, pp. 113–118. doi:10.1016/j.biopsych.2011.12.027.
- Heim C., Nemeroff C. B. Neurobiology of posttraumatic stress disorder. *CNS Spectr*, 2009, vol. 14, no. 1, Suppl. 1, pp. 13–24.
- Herman J. *Trauma And Recovery: The Aftermath Of Violence from Domestic Abuse To Political Terror*. 1997.



- Insel T. *Director's blog: Transforming diagnosis*, April 29, 2013. Accessed at: <http://www.nimh.nih.gov/about/director/2013/transforming-diagnosis.shtml>.
- Izuma K. et al. Neural correlates of cognitive dissonance and choice-induced preference change. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2010, vol. 107, no. 51, pp. 22014-22019. doi:10.1073/pnas.1011879108
- Kahneman D. A perspective on judgment and choice: mapping bounded rationality. *American psychologist*, 2003, vol. 58, no. 9, p. 697. doi:10.1037/0003-066X.58.9.697
- Kasai K. et al. Evidence for acquired pregenual anterior cingulate gray matter loss from a twin study of combat-related posttraumatic stress disorder. *Biological psychiatry*, 2008, vol. 63, no. 6, pp. 550-556. doi:10.1016/j.biopsych.2007.06.022.
- King-Casas B., Chiu P.H. Understanding interpersonal function in psychiatric illness through multiplayer economic games. *Biological psychiatry*, 2012, vol. 72, no. 2, pp. 119-125. doi:10.1016/j.biopsych.2012.03.033
- Klucharev V. et al. Reinforcement learning signal predicts social conformity. *Neuron*, 2009, vol. 61, no. 1, pp. 140-151. doi:10.1016/j.neuron.2008.11.027.
- Klucharev V., Smidts A., Fernández G. Brain mechanisms of persuasion: how 'expert power' modulates memory and attitudes. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 2008, vol. 3, no. 4, pp. 353-366. doi:10.1093/scan/nsn022.
- Knutson B., Cooper J.C. Functional magnetic resonance imaging of reward prediction. *Current opinion in neurology*, 2005, vol. 18, no. 4, pp. 411-417. doi:10.1097/01.wco.0000173463.24758.f6.
- McClure S.M. et al. Separate neural systems value immediate and delayed monetary rewards. *Science*, 2004, vol. 306, no. 5695, pp. 503-507. doi:10.1126/science.1100907.
- McCrorry E., De Brito S.A., Viding E. The impact of childhood mal-treatment: a review of neurobiological and genetic factors. *Frontiers in Psychiatry*, 2011. vol. 2, pp. 1-14. doi:10.3389/fpsy.2011.00048.
- Mehta M.A. et al. Amygdala, hippocampal and corpus callosum size following severe early institutional deprivation: the English and Romanian Adoptees study pilot. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 2009, vol. 50, no. 8, pp. 943-951. doi:10.1111/j.1469-7610.2009.02084.x.
- Montague P.R. The scylla and charybdis of neuroeconomic approaches to psychopathology. *Biological psychiatry*, 2012, vol. 72, no. 2, pp. 80. doi:10.1016/j.biopsych.2012.05.010.
- Monterosso J., Piray P., Luo S. Neuroeconomics and the study of addiction. *Biological psychiatry*, 2012, vol. 72, no. 2, pp. 107-112. doi:10.1016/j.biopsych.2012.03.012.
- Senn T.E., Carey M.P. Child maltreatment and women's adult sexual risk behavior: Childhood sexual abuse as a unique risk factor. *Child maltreatment*, 2010, vol. 15, no. 4, pp. 324-335. doi:10.1177/1077559510381112.
- Sherin J.E., Nemeroff C.B. Post-traumatic stress disorder: the neurobiological impact of psychological trauma. *Dialogues in Clinical Neuroscience*, 2011, vol. 13, no. 3., pp. 263-278.
- Shin L.M., Whalen P.J., Pitman R.K. An fMRI study of anterior cingulate function in posttraumatic stress disorder. *Biological Psychiatry*, 2001, vol. 50, no. 12, pp. 932-942. doi:10.1016/S0006-3223(01)01215-X.
- Tottenham N. et al. Prolonged institutional rearing is associated with atypically large amygdala volume and difficulties in emotion regulation. *Developmental science*, 2010, vol. 13, no. 1, pp. 46-61. doi:10.1111/j.1467-7687.2009.00852.x.
- Van der Kolk B.A. Developmental Trauma Disorder. *Psychiatric Annals*, 2005, vol. 35, no. 5, pp. 401-408.
- Van Veen V. et al. Neural activity predicts attitude change in cognitive dissonance. *Nature neuroscience*, 2009, vol. 12, no. 11, pp. 1469-1474. doi:10.1038/nn.2413.
- Wilson H.W., Widom C.S. Pathways from childhood abuse and neglect to HIV-risk sexual behavior in middle adulthood. *Journal of consulting and clinical psychology*, 2011, vol. 79, no. 2, pp. 236. doi:10.1037/a0022915.
- Yehuda R. Advances in understanding neuroendocrine alterations in PTSD and their therapeutic implications. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 2006, vol. 1071, no. 1, pp. 137-166. doi:10.1196/annals.1364.012.
- Yehuda R., McFarlane A.C., Shalev A.Y. Predicting the development of posttraumatic stress disorder from the acute response to a traumatic event. *Biological psychiatry*, 1998, vol. 44, no. 12, pp. 1305-1313. doi:10.1016/S0006-3223(98)00276-5.



СРАВНИТЕЛЬНО-ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОНТОГЕНЕТИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ПОВЕДЕНИЯ: ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

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

Одна из самых интересных нерешенных проблем когнитивной этологии связана с исследованием взаимодействия наследственно обусловленных стереотипов поведения с навыками, основанными на индивидуальном и социальном опыте, и со способностями применять результаты этого взаимодействия в новых ситуациях. Интеллект человека обладает чертами универсальности. Животные разных видов демонстрируют чрезвычайно сложные формы когнитивной деятельности, но в пределах весьма узких доменов. Когнитивное поведение формируется на основе набора возможностей, к которым относятся: видоспецифическая фильтрация стимулов, врожденные склонности к образованию одних ассоциативных связей и запрет на образование других, набор генетически обусловленных стереотипов, ранний опыт. Видотипические ограничения формируют специализированное развитие когнитивных способностей у разных видов, включая человека.

Ключевые слова: когнитивная этология, сравнительная психология, стереотипы поведения, обучение, предрасположенность, онтогенез поведения, ранний опыт, запечатление.

Когнитивная этология исследует наиболее сложные и гибкие формы поведения животных, тесно взаимодействуя с этологией человека и сравнительной психологией. Огромная доля поведенческих реакций животных основана на врожденных стереотипах. Способность животных к приобретению индивидуальных навыков делает их поведение более гибким и адаптивным, и за счет этого осуществляется «доводка» генетически запрограммированного поведения до требований изменчивой среды обитания. Применение полученных навыков в незнакомых, а часто и в принципиально новых ситуациях, основано на когнитивной деятельности.

Одна из самых интересных нерешенных проблем когнитивной этологии и сравнительной психологии связана с исследованием взаимодействия наследственно обусловленных стереотипов поведения с навыками, основанными на индивидуальном и социальном опыте. В статье проанализировано влияние наследственной предрасположенности и раннего опыта на становление и проявления когнитивного поведения животных в сравнительном аспекте по отношению к поведению человека.

Для цитаты:

Резникова Ж.И. Сравнительно-психологические аспекты онтогенетического развития поведения: экспериментальные исследования // Экспериментальная психология. 2015. Т. 8. № 2. С. 77–103. doi:10.17759/exppsy.2015080207.

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



«Видовая гениальность»: специализированное развитие когнитивных способностей у животных

Понятие интеллекта применительно к животным и человеку претерпело существенные изменения. В своей книге «Animal life and intelligence» К.Л. Морган (Morgan, 1891) определял интеллект животных как способность приобретения новых навыков. В наши дни интеллект животных понимается как способность применять полученные навыки в новых нестандартных ситуациях (Резникова, 2005). Ховард Гарднер (Gardner, 1983) заложил концепцию множественного интеллекта, которая успешно развивается применительно к человеку (Холодная, 2002; Gottfredson, 1998).

С точки зрения этолога, речь идет о множественных когнитивных адаптациях, многие из которых имеют черты конвергентного сходства у целого ряда видов (Reznikova, 2012). Множество интересных результатов, посвященных специализированным когнитивным способностям животных, было получено после того, как по мере развития этологических подходов исследователи перешли от традиционных объектов и методов (крысы и голуби в лабораторных опытах) к исследованию разнообразных видов в условиях, близких к естественным (Shettleworth, 1998). В данном разделе мы рассмотрим несколько из множества примеров когнитивных адаптаций.

Один из ярких примеров когнитивных адаптаций – это проявление «пространственного интеллекта», который для человека рассматривается как один из важных доменов множественного интеллекта. С помощью пространственного интеллекта живые организмы решают множество жизненно важных задач. Одна из них – навигация, проявляющаяся в разных масштабах у разных видов: от полярной крачки, мигрирующей ежегодно от Северного полюса к Южному, до некоторых крошечных беспозвоночных, которые за всю жизнь не преодолеют и десятка сантиметров. Ориентированию на местности посвящено множество работ, однако эта область когнитивной деятельности таит еще немало загадок. Важно отметить, что для видов, совершающих дальние миграции, способность ориентироваться на местности опирается на различные когнитивные функции. Так, экспериментальные исследования способностей животных к мысленному преобразованию трехмерных фигур, проведенные по той же схеме, которая была впервые предложена для человека (Shepard, Metzler, 1971) показали, что голуби и морские котики выполняют многие задания на том же уровне, что и люди (Zentall, Wasserman, 2012).

Для многих видов жизненно важной является способность запомнить расположение множества объектов на местности. Наиболее впечатляющие результаты демонстрируют животные, делающие запасы. К ним относятся, в частности, черноголовые гаички, сойки, кедровки, белки, кенгуровые крысы (обзор см.: Reznikova, 2007). Некоторые из запасающих видов способны запомнить расположение нескольких тысяч кладовых на срок до нескольких месяцев. Например, колумбийские кедровки запасают до 33000 семян, по 4–5 штук в одном месте. Эксперименты с синицами и сойками в естественных условиях позволили предположить, что птицы запоминают, где они спрятали семена и какие тайники они уже обследовали. Кенгуровых крыс также заставляли прятать и спустя 24 часа отыскивать семечки в 100 чашечках с песком. Хорошая память дает грызунам значительные адаптивные преимущества – они успевают отыскать свои тайники до того, как их найдут другие животные, а также до того, как найдут и съедят их самих. Пространственный интеллект проявляется не только при поиске спрятанной пищи.



Эксперименты с сурикатами выявили способности с раннего возраста запоминать пространственное расположение множества убежищ и при опасности мгновенно отыскивать ближайшее.

Основы экспериментов, в которых выясняли, как функционируют «когнитивные карты» (образы окружающего пространства), были заложены в работах Э. Толмена, посвященных лабораторным исследованиям пространственной ориентации и памяти у крыс в сравнении с человеком (Tolman, 1948). Предисловие к кибер-книге «Animal spatial cognition» (Brown, Cook, 2006) редакторы М. Браун и Р. Кук назвали «Что бы сказал Толмен?». Они вспоминают, что их первые аспирантские экспериментальные работы проводились буквально под взглядом Толмена: в здании психологического факультета Калифорнийского университета, носящего имя знаменитого психолога, портрет ученого доминировал над всем пространством. По их мнению, Толмен был бы доволен: современные этологические эксперименты позволяют выяснить, как животные используют «привязку» нужных им объектов к природным ориентирам, а физиологические исследования выявили ведущую роль гиппокампа в проявлении «пространственной гениальности».

Когнитивные адаптации, направленные на решение жизненно важных задач, могут быть сходными у представителей различных классов и даже разных типов животных. Хорошим примером такого конвергентного сходства является способность распознавать и запоминать множество членов сообщества у социальных животных – от слонов и приматов до насекомых. Так, шимпанзе обладают способностью узнавать и помнить не только членов сообщества, но и родственные связи между ними. Эксперименты с предъявлением портретов показали, что шимпанзе и люди используют, по-видимому, одни и те же визуальные признаки, и при этом обезьяны даже превосходят людей в объеме и скорости запоминания (Vokey et al., 2004). Способность запоминать и распознавать лица проходит у шимпанзе и людей сходные стадии в раннем онтогенезе и связана с обменом пристальными взглядами между матерью и новорожденным (Bard et al., 2005). Сходными оказались и нейронные механизмы распознавания лиц у нас и наших ближайших родственников (Parr, Siebert, Taubert, 2011). Тем более удивительно найти сходные возможности у представителей первичноротых. По способностям к «фейс-контролю» на основании визуальных признаков осы рода *Polistes* (широко распространенные «бумажные осы») почти не уступают приматам. До сих пор было принято считать, что у общественных перепончатокрылых распознавание происходит по принципу «свой–чужой», и при этом основным критерием является запах семьи. Однако бумажные осы удивили исследователей способностью запоминать расположение желтых и черных пятен на «лицах» сородичей и различать, таким образом, десятки особей, располагая их в ряд по степени иерархического положения в сообществе. Эксперименты, в которых исследователи перекрашивали ос, меняя у них ключевые признаки в виде пятен, показали, что реакции сородичей соответствуют расположению особей на иерархической лестнице (Tibbetts, Dale, 2007). Иерархические отношения между самками ос находятся в прямом соответствии с возможностью откладывать определенное число яиц (Reznikova, 2003). По-видимому, непосредственная связь успешного распознавания индивидуумов и успеха в размножении лежит в основе когнитивной адаптации, позволяющей бумажным осам запоминать множество своих потенциальных соперниц. Возвращаясь к млекопитающим, отметим, что к «чемпионам» распознавания и запоминания сородичей относятся и слоны. Эти со-



циальные животные способны запомнить около 100 членов сообщества, и эти сведения сохраняются в их памяти, по меньшей мере, в течение 12 лет. Слоны различают своих сородичей не по визуальным признакам, как приматы и осы, а по акустическим характеристикам их сигналов. В экспериментах с воспроизведением записей голосов лучшие результаты распознавания и запоминания показали самки старше 50 лет (McComb et al., 2001).

Еще один пример сходных когнитивных адаптаций у представителей разных классов животных – это способность пчел, ос и голубей к категоризации предметов по визуальным признакам. Высоко развитые способности голубей к распределению объектов внешнего мира на категории были выявлены еще в середине прошлого века. Птицы были обучены указывать, какая из предъявляемых фигур больше похожа на образец. Они дотрагивались клювом до соответствующих слайдов и получали вознаграждение, если выбранная картинка в наибольшей степени соответствовала той, что служила образцом. Оказалось, что голуби хорошо распознают встречающиеся в природе образы и, по-видимому, формируют соответствующие абстрактные категории. Их можно научить распознавать фотографии с водой и без нее, с деревом и без него, с человеком и без человека. Они способны на такие различия и в том случае, если значимый признак проявляется по-разному. Так, например, голубь опознает воду в форме капель, бурной реки или спокойного озера, человека выделяет независимо от того, одетый он или голый, один или в толпе (рис. 1). Усвоив, что, по условиям опыта, нужно указывать на слайды с изображением деревьев, голуби узнавали их на любых новых картинках, было ли это отдельно стоящее дерево, кромка леса или даже отражение дерева в воде. Птицы безошибочно отличали деревья от кустарников или от сфотографированной крупным планом ботвы сельдерея. Способности к распознаванию не ограничивались объектами, экологически значимыми для голубей. Например, они с такой же легкостью оперировали категорией «рыба» (картинки с рыбами и без), когда им показывали слайды подводных рифов, а ведь с подобными объектами голуби в своей жизни не сталкиваются. Обобщения такого типа были названы «естественными понятиями» (Herrnstein, Loveland, 1964). Как это часто бывает, дальнейшая детализация экспериментов несколько запутала представления исследователей о способности голубей к формированию обобщений. Так, голуби продолжали «считать» человеком и карикатурные изображения, а также картинки, где разные части (например, голова и ноги) менялись местами. После того, как оказалось, что голуби неплохо сортируют по категориям картины кубистов и импрессионистов (Watanabe, Sakamoto, Wakita, 1995), их способности к категоризации стали считать артефактом, а авторы получили за свое исследование игнобелевскую премию. Однако С. Ватанабе упорно продолжал эксперименты, и в работах последних лет достаточно убедительно показал, что голуби и люди используют сходные визуальные признаки при анализе живописных произведений. Это касалось как образцов высокого искусства, так и работ школьников, обучающихся рисованию: здесь оценки голубей и школьных учителей полностью совпали (Watanabe, 2009). Многолетние эксперименты с серыми воронами показали, что они способны к высшим формам абстрактного мышления: спонтанному сопоставлению по аналогии. Например, если по условию задачи нужно выбрать меньший из нескольких кругов, то и при предъявлении нескольких квадратов птица тоже выберет меньший (Smirnova et al., 2014).



Рис. 1. Голубь распознает слайды с человеком и без. Фото из архива лаборатории Людвиг Губера (с разрешения)

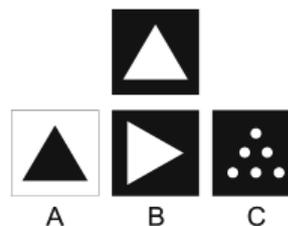
У насекомых высокие результаты в области категоризации были убедительно продемонстрированы на примерах пчел и ос. Эти насекомые проявили способности (рис. 2, а, б) к опознанию преобразованных фигур, разных фигур независимо от их площади и ориентации, к обобщению цветных образцов по признакам «новизна окраски», «двухцветность» и даже «парность–непарность» (Мазохин-Поршняков, 1989; Kartsev, 2014).



а



б



A

B

C

в

Рис. 2. Изучение способностей общественных перепончатокрылых к абстрагированию: а – автор статьи, в студенческие годы, меняет картинку на кормовом столике; б – помеченная оса, выбирающая кормушку на картинке (фото В. М. Карцева); в – одна из задач: насекомые должны опознать треугольник, независимо от способа его изображения



Мы привели лишь некоторые примеры проявления когнитивных адаптаций. В современной когнитивной этологии накопилось множество сведений, позволяющих предположить, что разные виды животных могут проявлять признаки очень высоко развитых способностей, но в пределах довольно узких доменов (Резникова, 2005; Reznikova, 2007, 2012). В частности, голуби превосходят человека в решении тестов IQ на пространственные преобразования. Однако, в задачах «выбора по образцу» голуби значительно уступают приматам и дельфинам. Приматы, в том числе люди (маленькие дети) учатся выполнять такое задание за несколько проб, а голубям их требуются сотни. Если первоначальный набор предметов заменяют новым, голубям приходится решать задачу заново, а дельфины и шимпанзе справляются с ней почти без доучивания). Запасающие животные способны запомнить расположение тысяч тайников, в которых они спрятали пищу, но это не значит, что они смогут, скажем, найти выход из многоальтернативного лабиринта также успешно, как это делает крыса. Крыса далеко превзойдет в этом искусстве человека, зато ей не дано индивидуально распознать и запомнить десятки своих сородичей. Новокаледонские вороны оказались «гениями» орудийной деятельности: в способностях быстро преобразовывать разные предметы и использовать их для решения сложных пространственных задач эти птицы превосходят столь признанных наукой умельцев, как шимпанзе (Bluff et al., 2007). Некоторые высоко социальные виды муравьев оказались «гениями общения»: они могут решать сложнейшие задачи, недоступные представителям большинства видов животных, но только в тех ситуациях, когда надо запомнить и эффективно передать сородичам информацию о богатом источнике пищи (Reznikova, Ryabko, 2011).

Интеллект человека обладает наибольшей универсальностью среди биологических видов. Уступая многим другим видам в решении пространственных задач и выполнении заданий, требующих специфической памяти и специфических перцептивных фильтров (например, восприятия запахов), мы обладаем целым рядом когнитивных адаптаций высокого уровня. Это прежде всего развитие языка, которое не рассматривается в рамках данной статьи, поскольку этому вопросу посвящен целый пласт научной литературы (Бурлак, 2011; Зорина, Смирнова, 2006; Разумное поведение и язык, 2008; Резникова, 2005). Исследования психолингвистов позволяют предполагать у человека врожденные способности к распознаванию фонем и к формированию грамматических структур, лежащих в основе языкового общения (Chomsky, 1968, 2002; Pinker, 2007). С развитием языка тесно связаны способности нашего вида к социальному общению и кооперации – столь высоко развитые, что делают человека уникальным. С изучением этих свойств связано интересное экспериментальное направление когнитивной этологии: сравнение различных доменов интеллекта у маленьких детей и у молодых антропоидов. Сопоставляются способности в решении «социальных» и «физических» задач. Под «физическими» задачами имеется в виду понимание того, как действуют физические силы: экспериментальная парадигма, заложенная Л.В. Крушинским (Крушинский, 1986) и получившая развитие как «популярная физика для животных» (Seed et al., 2012). Было продемонстрировано, что шимпанзе и орангутаны не уступают детям в решении таких задач и даже несколько превосходят их в тестах некоторых типов, а вот их «социальный интеллект», трактуемый авторами (Moll, Tomasello, 2007) в рамках концепции Л.С. Выготского (Vygotsky, 1978), находится на значительно более низком уровне. Это касается заданий, требующих кооперации и умения поставить себя на место партнера. И это несмотря на то, что антропоиды и другие виды приматов способны к проявлению макиавеллизма или так называемого политического интеллекта, т. е. к использованию своих сородичей в качестве живых орудий (Byrne, Whiten, 1997).



Влияние раннего опыта на формирование поведения

Для того, чтобы понять, как работает тот или иной механизм, его нередко приходится ломать, хотя и это не всегда приводит к пониманию. Так, воспитав детеныша шимпанзе в изоляции от сородичей с помощью «человеческой» приемной матери, Л. И. Фирсов обнаружил, что подросток шимпанзе не способен построить на дереве гнездо, несмотря на предоставленную ему возможность наблюдать за тем, как успешно это делают сородичи, взятые из джунглей подростками или взрослыми. В то же время голосовые сигналы, характерные для шимпанзе, проявились в репертуаре звукового общения и этого и других детенышей, воспитанных в изоляции от сородичей, в положенное время и без всяких изменений (Фирсов, 1983). Этот пример заставляет задуматься о сложном взаимодействии врожденных стереотипов поведения с индивидуальными и социальными навыками, приобретаемыми в разные периоды жизни. В рассмотренной ситуации большую роль, по-видимому, играл чувствительный период, по прошествии которого определенный поведенческий стереотип уже невозможно было сформировать.

Чувствительный период в становления поведения животных тесно связан с феноменом *импринтинга* – формой обучения, которая сочетает в себе черты, характерные как для научения, так и для инстинкта, и в то же время является уникальной. Еще в XIX в. Д. Сполдинг (Spalding, 1873) заметил, что, едва вылупившись из яйца, цыплята начинают следовать за любым движущимся объектом. В начале XX в. О. Хайнрот (Heinroth, 1911) расширил эти наблюдения, исследуя множество разных видов птиц. Интерес к импринтингу стимулировали работы одного из основателей этологии – нобелевского лауреата (1973) К. Лоренца, который являлся учеником Хайнрота. Лоренц описал многочисленные случаи, когда птицы отказывались спариваться с особями своего вида из-за того, что они были лишены контакта с ними в ранний период жизни. Например, гуси, выращенные в доме Лоренца, в изоляции от сородичей в течение хотя бы первой недели жизни, в дальнейшем предпочитали общество людей. Лоренц (Lorenz, 1935) назвал это явление немецким словом «впечатывание» (Prägung), переведенным на английский как запечатление (imprinting). Лоренц, анализируя данные, полученные на птицах, обозначил основные особенности, отличающие импринтинг от классического ассоциативного обучения.

1. Импринтинг приурочен к очень ограниченному периоду жизни животного – чувствительному, или критическому, периоду.

2. Однажды совершившись, процесс запечатления далее необратим. Так, если у птенца произошел импринтинг по отношению к птице другого вида, то более поздний контакт с птицами своего вида уже не сможет полностью устранить эффект раннего опыта.

3. Объект, на который направлено запечатление, может быть определен задолго до первого осуществления самого поведения. Например, ранний импринтинг, происшедший задолго до наступления половой зрелости, впоследствии будет влиять на выбор полового партнера.

4. Запечатление направлено не на определенную особь, которую видел птенец, а на целый класс стимул-объектов.

В дальнейшем было выяснено, что запечатление характерно не только для выводковых птиц, но и для других животных, в особенности для зрелорождающихся млекопитающих, способных сразу следовать за матерью (примеры разнообразны – от морских свинок до копытных). Было показано, что может произойти запечатление на самые разные движущ-



щиеся объекты, в том числе неодушевленные – так, утята следовали за мячиками и коробками разных размеров. Если объект привязанности представляет собой, скажем, картонный ящик, то у утенка устанавливаются к этому ящику такие же отношения, как к родителю. Были выяснены и дополнительные особенности, отличающие запечатление от классических условных рефлексов.

5. Запечатление не требует повторения. Достаточно одного предъявления движущегося предмета, чтобы утята или ягнята сочли бы его своей матерью.

6. В отличие от условных рефлексов, которые начнут угасать, если их не подкреплять долгое время, импринтинг не угасает.

7. Отрицательное подкрепление приводит не к угасанию образовавшейся связи, а напротив, даже усиливает ее. Так, если утятам, движущимся за человеком, наступать на ноги, причиняя им боль (но, конечно, не так, чтобы отдавить им ноги до потери способности передвигаться), они не убегут от человека, а начнут еще сильнее жаться к нему и быстрее следовать за ним.

Таким образом, импринтинг – это быстрое и необратимое обучение на основе врожденной предрасположенности, приуроченное к критическому периоду развития.

Хотя запечатление ярче всего проявляется на ранних стадиях развития, оно может проявляться и в другие ответственные моменты онтогенеза. Так, известен «материнский импринтинг», исследованный на примере некоторых видов птиц и копытных животных. В книге Р. Шовена (Chauvin, 1977) описан интересный эксперимент с голубями: яйца черных и белых пар поменяли так, что первое потомство, которое воспитывала каждая пара, оказалось для них «неправильного» цвета. Однако родители не знали этого, они запечатлели облик своих потомков и в дальнейшем отказывались признавать птенцов того же цвета, что и они сами.

Понятие чувствительного периода и его воздействия на формирование поведения тесно связано с влиянием раннего опыта на формирование поведения. Помимо исследовательских данных, описывающих такое явление, как запечатление, существует множество свидетельств того, как чувствительны животные, особенно птицы и млекопитающие, к событиям, происходящим в ранний период их жизни. Приведенный выше пример с детенышем шимпанзе, отказавшимся строить гнезда, говорит о том, что формы активности, не востребованные в течение определенного критического периода, в дальнейшем могут быть уже невозможны.

Становление поведения животных связано со спецификой сценариев развития, включающих степени контакта с родителями и уровень самостоятельности детенышей. Эти показатели широко варьируют, и близкие в систематическом отношении виды могут существенно различаться по степени самостоятельности на ранних стадиях. Так, слепорожденные и голые крысята и крольчата совершенно беспомощны, а детеныши морских свинок и зайцев рождаются полностью покрытые мехом, с открытыми глазами и активны с момента рождения. В ряду птенцов разных видов птиц, от самых беспомощных (птенцы амадин похожи больше на червячков, чем на птиц) до самостоятельных выводковых (таких, как цыплята и утята), присутствуют так называемые сверх-самостоятельные птенцы. Это потомки австралийских большеногов (семейство *Megarodiidae*), чьи отцы строят огромные (до 15 м в диаметре) инкубаторы, в которых сохраняются отложенные самкой яйца. Оптимальная для развития птенцов температура (около 34°) поддерживается активными действиями самца. Эту птицу за ее неустанный мрачный труд прозвали австралийской сомнамбулой.



Мегаподы служат примером причудливого сочетания морфологических адаптаций (крупные яйца, наличие сенсорных органов, позволяющих определять температуру в инкубационных камерах), сложного врожденного поведенческого репертуара (связанного, в частности, со строительством и поддержанием инкубатора) и гибкого поведения, позволяющего птице оперативно реагировать на изменения температуры (исследователи тщетно пытались обмануть самцов, нагревая и охлаждая инкубаторы). Птенец никогда не видит своих родителей, он «выкапывается» из гнездового холма самостоятельно, сразу же отбегает в кусты, и в дальнейшем весь сложный жизненный сценарий ему предстоит развернуть без всякого социального влияния (Göth, Evans, 2004).

Естественно, воздействие факторов среды будет по-разному восприниматься представителями видов с разными сценариями онтогенетического развития. Как же разграничить влияние средовых и наследственных факторов на формирование поведения? Один из наиболее распространенных методов – воспитание животных в условиях депривации разной степени. Такие опыты получили название «Каспар-Хаузер эксперименты», по имени юноши, воспитанного в изоляции, героя исторических легенд и литературных произведений. Одна из самых известных серий экспериментов на эту тему, связанных с изменением раннего опыта приматов, принадлежит Г. Харлоу (Harlow, 1971). Он выращивал макаков-резусов в полной изоляции от других особей. Использовали модели матерей разной степени комфортности для детенышей – от проволочных каркасов до больших плюшевых игрушек. Они были необходимы детенышам как предмет, к которому можно было прижиматься и проявлять другие реакции, в норме адресованные матери. Детеныши, за неимением выбора, привязывались к своим «матерям», а если их забирали, прижимались даже к фотографии, изображающей плюшевую или проволочную мать. При этом детеныши узнавали и выбирали портрет именно своей «мамаши». Когда выращенные в таких условиях обезьяны достигали зрелости, у них обнаруживались сильнейшие нарушения общественного и репродуктивного поведения, хотя их физиологическое состояние было вполне удовлетворительным. С большим трудом удалось добиться получения потомства от нескольких самок. Оказалось, что эти «матери-сироты» совершенно не способны ухаживать за детьми. Они игнорировали все запросы детенышей, жевали их ладони и ступни, бросали их лицом на пол. Только постоянный контакт с молодыми обезьянами постепенно оказывал «лечебное» действие и поведение сирот приближалось к норме, хотя и не достигало ее.

Немного позже Р. Хайнд (Hinde, 1974) провел гораздо менее травматичные эксперименты, получив, однако, сходные результаты. Он показал, что даже кратковременная разлука с матерью вызывает грубые нарушения в поведении. В экспериментах Хайнда когда детенышу исполнялось 6 месяцев и он мог питаться самостоятельно, его мать удаляли из группы на несколько дней. О детеныше заботились другие самки, однако его поведение значительно менялось: он чаще издавал крики тревоги, меньше двигался и больше времени проводил в характерной сторбленной позе. Когда мать возвращалась, детеныш сразу устремлялся к ней и проводил гораздо больше времени, держась за нее, чем это было до разлуки. Характер его отношений с матерью отличался от нормального. На восстановление прежних отношений уходило несколько недель.

Хайнд сделал несколько интересных выводов, имеющих аналогии с формированием привязанности у людей в раннем возрасте. Например, больше всего страдают от короткой разлуки те детеныши, чьи отношения с матерью до этого были наименее благополучными. Казалось бы, если отношения и так прохладны, разлука должна в меньшей степени



травмировать, однако создавалось впечатление, что такие детеныши как бы обладают меньшим «запасом прочности» и с огромным трудом переносят даже кратковременное отсутствие матери. Последствия такого перерыва для всех детенышей – как благополучных, так и неблагополучных – оказались всесторонними и устойчивыми. Даже через несколько лет Хайнд мог отличать обезьян, разлучавшихся с матерью, по их большей пугливости в незнакомой обстановке.

Опыты на животных послужили основой для многочисленных и во многом обоснованных аналогий с поведением человека и привлекли внимание психиатров, так как давно известно, что дети очень чувствительны к влиянию ранних впечатлений. Дж. Боулби (Bowlby, 1982) предложил теорию возникновения привязанности ребенка к матери, которая в большой степени вытекает из опытов на животных. Он высказал мысль, что период от 18 месяцев до 3 лет наиболее чувствителен и что отделение от матери или отсутствие в этот период фигуры, адекватной матери, ведет к тому, что риск психологических нарушений в юности и в последующей жизни сильно повышается.

В целом, ранний опыт может оказывать настолько существенное влияние на последующее поведение, что у взрослых животных «впечатанные» стереотипы могут быть столь же прочными, как и врожденные.

Этологические основы когнитивных достижений и ограничений

Ранние бихевиористы полагали, что формирование ассоциативных связей возможно между любыми стимулами и реакциями. Бихевиористская философия Б. Ф. Скиннера основывалась на том, что поведением животного можно полностью управлять, создав соответствующий порядок подкреплений. Подобным же образом И. П. Павлов долгое время считал, что любая последовательность действий может быть организована как цепь условных рефлексов. Ученики Скиннера – Келлер и Мариан Брэленды – впервые показали, что «неправильное» поведение животных может быть вызвано противоречием между поставленной задачей и врожденными поведенческими программами (Breland, Breland, 1961). Дело в том, что дрессировщики столетиями используют врожденные стереотипы поведения животных, облегчающие им усвоение некоторых задач: свиньи раскатывают пяточком ковер, морские львы выполняют балансировку и жонглирование, кошки совершают точные прыжки. Попытки обучить животных действиям, находящимся вне русла видового стереотипа, приводят к трудностям, часто непреодолимым. С этим явлением и столкнулись Брэленды. Все началось с попытки разучить со свиньей забавный цирковой номер «живая копилка»: научить ее опускать большую деревянную «монету» в «копилку», изображающую свинку. «Актриса» многократно роняла монету на пол, толкала пяточком, поднимала, снова роняла, и так до бесконечности. Брэленды собрали множество подобных свидетельств, когда определенные действия (или отказ от действий) у животных было трудно или невозможно сформировать. Так, цыплята настойчиво скребли землю, когда от них требовалось всего лишь постоять спокойно 10 секунд на платформе (не двигая ногами), чтобы получить вознаграждение. Енот-полоскун, обученный разным трюкам, скоро прекращал их демонстрировать и предавался «потиранию» передними лапами невидимых предметов в несуществующей воде. На основании подобных данных Брэленды выдвинули *принцип инстинктивного смещения*: вместо того, чтобы сформироваться в направлении, нужном дрессировщику, активность животного устремляется по привычному руслу врожденных стереотипов. Появилось предположение, что в большинстве случаев успешного формирования



поведения «по Скиннеру» фигурируют не произвольные реакции, а часть врожденного репертуара. В свое время К. Брэнденд был поражен зрелищем голубя, наученного Скиннером играть в боулинг. Впоследствии оказалось, что толкательное движение, производимое голубем в «кегельбане», составляет неотъемлемую часть его пищевого поведения: отбрасывание земли в сторону для обнаружения семян.

С развитием когнитивной этологии стало ясно, что представители разных видов с большей готовностью формируют ассоциативные связи между стимулами и реакциями, относящимися к жизненно важным ситуациям. К жизненно важным стимулам относятся, в частности, внешние черты родителей, сигналы сородичей и соседей, характеристики хищников, опасных конкурентов и паразитов, окраска ядовитых насекомых и растений. Феномен облегченного формирования ассоциативных связей между жизненно важными стимулами и соответствующими реакциями, был назван *наведенным обучением* (Gould, Marler, 1987). Речь идет о том, что процессы обучения часто управляются врожденной предрасположенностью – иными словами, обучение контролируется инстинктом. Важно отметить, что формирование ассоциативной связи в контексте врожденной предрасположенности нередко происходит после единственного предъявления стимула. Так, птице достаточно один раз попробовать ядовитое насекомое, чтобы потом всю жизнь избегать объектов с подобной окраской. Как известно, для формирования лабораторных условных рефлексов, связывающих, скажем, звонок и вознаграждение, требуются десятки, а то и сотни сочетаний. Выясняется, что многие виды животных, если не большинство, «запрограммированы» на обучение конкретным действиям в определенном контексте естественного поведения. В основе формирования когнитивных способностей часто лежит наследственно обусловленный шаблон восприятия, что облегчает задачу формирования сложных и гибких форм поведения. Например, трудно было бы ожидать, чтобы пчелы от рождения обладали «определителем» всех потенциально полезных для них цветов. Зато они обладают врожденной предрасположенностью быстро запоминать цвета, формы и размеры медоносов.

Феномен наведенного обучения объясняет охарактеризованные выше проявления «специализированного интеллекта». Рассмотрим явление наведенного обучения более подробно. В этологической литературе накоплено множество данных о том, что представители многих видов, включая человека, демонстрируют врожденную предрасположенность к распознаванию и запоминанию определенных стимулов и формированию определенных ассоциаций. Так, голуби легко обучаются ассоциировать пищу с определенным цветом, но не могут ассоциировать пищу со звуком. В то же время они легко обучаются ассоциировать звук с опасностью. Это вполне объяснимо: в естественных условиях зерна, которые клюют голуби, могут иметь определенный цвет, но не могут издавать звуков, тогда как приближение хищника может сопровождаться как звуками, издаваемыми им самим, так и сигналами тревоги особей своего и других видов. У человека многие фобии возникают со значительно большей легкостью на основе определенных стимулов, связанных с естественными опасными объектами – такими, как пауки или змеи. Известный бихевиорист Дж. Уотсон в одном из до сих пор самых цитируемых в научной литературе исследований, посвященных формированию фобий у «маленького Альберта» (Little Albert study), предположил, что методом условных рефлексов можно сформировать у ребенка страх любого объекта. Это привело к далеко идущим выводам о том, что поведение человека в принципе может быть сформировано на основе ряда условных рефлексов, образованных в раннем детстве (Watson, Rayner, 1920). Однако развитие этологии внесло в эту концепцию существенные корректив-



вы. Обосновывая гипотезу предрасположенности к формированию определенных ассоциативных связей у людей, М. Селигман (Seligman, 1970) обратил внимание на то, что в исследованиях Уотсона и Райнер у маленького Альберта страх перед живой крысой или собакой, предъявляемыми одновременно с громким звуком, сформировался с первых же сочетаний объекта и звука; однако страх перед деревянной уткой у него так и не выработался, несмотря на честные усилия экспериментаторов, которые гремели молотком по железу, как только утка оказывалась в поле зрения мальчика. Продолжая поиски истоков человеческих фобий, экспериментаторы (Mineka, Cook, 1988) на примере макак резусов показали, что у них легко можно сформировать страх перед змеями, но не перед другими объектами, обладающими сходными размерами и формой (например, цветком на длинном стебле).

Можно полагать, что в основе наведенного обучения лежат наследственно обусловленные *шаблоны восприятия*. Одним из наиболее естественных и изученных явлений в этой области является формирование страха перед хищниками у разных видов животных. Здесь мы опять встречаемся с разнообразием сценариев формирования поведения, с доминированием разных факторов: от выраженного врожденного специфического страха перед определенными чертами хищников до превалирующей роли социального обучения на фоне отсутствия врожденных шаблонов восприятия. Именно такой сценарий, когда детеныши полностью «полагаются» на компетенцию и сигналы родителей, был обнаружен в полевых экспериментах с большими синицами (Kullberg, Lind, 2002). Авторы полагают, что отсутствие шаблонов восприятия хищников является одной из основных причин высокой смертности выводков больших синиц по сравнению с другими близкими видами.

Классическими экспериментами, в которых был выявлен врожденный шаблон восприятия хищника, являются опыты Н. Тинбергена (Tinbergen, 1951): цыплятам демонстрировали силуэт летящей птицы с двумя «выростами» – длинным и коротким. Передвигаясь длинным выростом вперед, силуэт имитировал гуся с длинной шеей и коротким хвостом, а двигаясь в обратном направлении, успешно имитировал коршуна с короткой шеей и удлиненным хвостом. Идея эксперимента восходит к предположению Сполдинга (Spalding, 1873) о том, что некоторые виды птиц обладают врожденным страхом определенных черт, характеризующих хищника. В опытах Тинбергена птенцы тревожно замирали при виде силуэта «коршуна» и не реагировали на «гуся». Некоторые методические недочеты этой работы долго вызывали нарекания. Однако, к настоящему времени эксперименты, в которых «наивным» (незнакомым с объектами ранее) потенциальным жертвам экспонировались чучела разных хищников, позволяют довольно уверенно говорить о феномене врожденных «образов», или шаблонов восприятия. Показательны в этом плане опыты с упомянутыми выше «сверх-самостоятельными» птенцами австралийских большеногов (Göth, 2001). Двухдневным цыплятам предъявляли движущиеся чучела кошки, собаки, змеи, парящего коршуна и (для контроля) козленка. Оказалось, что птенцы обладают врожденными шаблонами восприятия летящего хищника, заставляющими их замирать и прятаться, и они легко формируют ассоциации между опасностью и обликом наземного хищника. В данном случае важно отметить различие между «готовым» страхом и предрасположенностью к быстрому обучению. Птенцы большеногов демонстрировали «готовый страх» коршуна (как и цыплята в опытах Тинбергена), а по отношению к кошкам, собакам и змеям у них проявлялась лишь предрасположенность к ускоренному обучению.

Предрасположенность к быстрому формированию ассоциативных связей между обликом хищника и реакцией страха была детально исследована у австралийского валлаби



Macropus eugenii (Griffin, Evans, Blumstein, 2002). Хотя валлаби сейчас не сталкиваются с естественными врагами, они когда-то обитали совместно с тасманийским волком, и у них, таким образом, сформировался «исторический опыт» общения с хищниками. Животным предъявляли чучела лисы и кошки (в качестве наземных хищников с их характерными чертами, в частности, фронтально расположенными глазами) и сходное по размеру чучело нехищного животного (козленка). Результаты получились сходными с описанными выше исследованиями формирования страха змеи у макак. Врожденного страха перед предъявляемыми объектами животные не испытывали, однако они значительно легче научились ассоциировать опасность (человек входил в вольер и накрывал их ловчей сетью) с обликом хищника, чем с обликом козленка. Впоследствии они прятались при предъявлении чучела лисы или кошки, но не козленка. Это не значит, что валлаби нельзя научить бояться козленка, просто для этого понадобится так же много сочетаний, как и при формировании обычного условного рефлекса (десятки, возможно, сотни), тогда как для образования связи между опасностью и обликом хищника достаточно двух-трех сочетаний.

Животные могут обладать врожденным шаблоном восприятия не только смертельно опасного хищника, но и подходящей добычи, а также опасного врага или конкурента. В опытах с игрунковыми обезьянками были выявлены признаки, которые служат им для распознавания насекомых, пригодных для охоты (Robinson, 1970). «Образ конкурента» был выявлен при исследовании реакций рыжих лесных муравьев на модели, изображающие их врагов – хищных жужелиц (Dorosheva, Reznikova, 2006). Оказалось, что для муравьев в облике потенциального врага важны такие детали, как темный цвет, двусторонняя симметрия и наличие «выростов», имитирующих ноги и антенны (рис. 3). Наивные (выращенные в лаборатории) муравьи легко отличают модели, несущие эти признаки и реагируют на них изначально агрессивно. Некоторые признаки, навязанные экспериментаторами (например, белый цвет модели), могут «выключить» проявления агрессии.



Рис. 3. Муравей вцепился в модель врага – жужелицы. Фото Е. А. Дорошевой

Помимо визуальных «врожденных образов» у животных были выявлены и «образы» акустические, в частности, реакции на тревожные крики. Варианты реакций на акустические стимулы также разнообразны, как и варианты реакций на визуальные стимулы. У некоторых видов приматов и птиц наивные молодые особи реагируют тревожными реакциями на крики сородичей с первого же предъявления, у других видов это происходит только под воздействием социального обучения; известны и промежуточные варианты, когда тре-



буется «доучивание», совершенствование врожденной реакции. Так, в опытах с альпийскими сусликами на основании проигрывания им записи звуков, издаваемых сородичами в ответ на появление разных хищников, исследователи выяснили, что молодые суслики значительно быстрее выучиваются реагировать на сигналы, соответствующие быстро бегающим хищникам, чем медленно подкрадывающимся (Mateo, 2006).

Таким образом, животные обладают врожденными шаблонами восприятия жизненно важных стимулов, которые могут находиться в разной степени готовности к использованию. В этом ряду человек, по-видимому, занимает вполне естественное положение примата, «оборудованного» врожденными шаблонами восприятия опасных объектов, которые требуют совершенствования путем приобретения индивидуального и социального опыта. Это предположение основано на результатах экспериментов с пятимесячными младенцами, которым предъявляли схематические изображения пауков, в сравнении со столь же схематичными изображениями нейтральных объектов – цветов (Rakison, Derringer, 2008). Использовалась популярная в экспериментальной сравнительной психологии процедура измерения длительности фиксации взгляда на предъявляемых объектах. Если испытуемые задерживают взгляд дольше, можно полагать, что объект привлекает внимание. Детям показывали изображения, движущиеся на экране. В первой серии опытов оказалось, что они дольше задерживают взгляд на схематических рисунках пауков, чем на схемах, составленных из тех же элементов (туловище, голова, конечности), но расположенных в хаотичном порядке. Это позволяет полагать, что дети опознают изображения пауков как более интересные, чем «бессмысленные» рисунки. Во второй серии опытов выяснилось, что такое различие направленного внимания наблюдается только тогда, когда части пауков были изображены реалистично, т. е. конечности изогнуты в характерной для животных позиции. Если же ноги паука были угловатыми, то детям было безразлично, в каком порядке они «склеены» в единый образ. В этой ситуации младенцы не распознавали паука. Самыми интересными оказались результаты третьей серии опытов. Детям, прошедшим первую серию опытов, т. е. уже знакомым со схематичными изображениями пауков, привлекавших их внимание больше, чем «бессмысленные» образы, составленные из тех же элементов, предложили ознакомиться с фотографиями реальных пауков на тех же экранах. После этого им опять предъявили первую серию схематичных изображений. Теперь взгляд младенцев притягивали «нарушенные» изображения. Ознакомившись с реальными объектами, соответствующими их врожденному шаблону восприятия, они генерализовали признаки, характерные для пауков, распознали их в «неправильных» изображениях и возмутились нарушениями, допущенными в конструировании образов. У детей произошла актуализация образа, соответствующего врожденному шаблону восприятия. Сходные манипуляции с изображениями растений оставляли детей равнодушными. Исследования реакции 7–18-месячных детей на изображения змей в сравнении с реакциями на других животных также подтвердили предположения о том, что в основе страха змей лежит врожденная избирательность внимания. Дети избирательно реагировали на характерные движения и облик змей и значительно дольше смотрели на змей, чем на другие объекты, когда слышали за кадром запись тревожных восклицаний, чем в тех случаях, когда звучали веселые голоса (DeLoache, LoVue, 2009). Интересно отметить гендерные различия в восприятии потенциально опасных объектов. 11-месячные девочки (но не мальчики) быстро обучаются ассоциировать шаржированные изображения человечков с тревожным выражением «лица» с образами змей и пауков. При этом сочетания веселых человечков с опасными объектами оставляют их равно-



душными, так же, как и сочетания тревожных лиц с нейтральными объектами, такими, как цветы или грибы (Rakison, 2009).

Нужно отметить, что, проявляя повышенное внимание к изображениям пауков и змей, дети не демонстрировали «готового страха». Откуда же берутся неисправимые «арахнофобы»? При Лондонском зоопарке есть курсы, посещая которые, люди стараются избавиться от навязчивого страха пауков, часто мешающего им в жизни. Основой обучения является личное знакомство с крупными пауками-птицеедами и другими представителями паукообразных. Люди, страдающие арахнофобией, действительно перестают бояться «прирученных» хелицерных, которых знают по именам, но это не излечивает их от фобии в целом. В норме же большинство взрослых людей испытывают по отношению к паукам умеренный страх, который, скорее, можно отнести к настороженному вниманию. В то же время известно, что помимо «арахнофобов» существуют и «арахнофилы», и то же можно сказать о любителях змей. Можно предположить, что врожденный шаблон восприятия, на основе которого у детей «включается» повышенное внимание к соответствующим образам, широко распространен среди людей, но у некоторых на этой основе формируется противоположная реакция (недаром говорится, что «от любви до ненависти один шаг»). На знаменитой «лисей ферме», основанной Д. К. Беляевым, в течение 40 поколений отбирались лисы: одни – на проявление агрессии, а другие – толерантности по отношению к человеку. Такая толерантность при продолжающемся отборе превращается в «горячую любовь», бурно выражаемую по отношению к любому двуногому (Трут и др., 2013). Возможно, что в основе обеих реакций (агрессии и «любви») лежит врожденный шаблон восприятия «примата на двух ногах», т. е. повышенное внимание к этому образу. Недавно определены молекулярно-генетические механизмы, вовлекаемые в отбор лисиц по поведению: у лисиц на 12-й хромосоме идентифицирован регион, наиболее тесно ассоциированный с ручным поведением и гомологичный региону на 5-й хромосоме собак, который считается ответственным за раннюю domestикацию волка и превращение его в примитивную собаку (Трут и др., 2013). При этом интересно, что сравнение экспрессии генов в мозгу у пар domestцированных и диких животных, в частности, собак и волков, выявило очень незначительные различия: подобные результаты заставили авторов обратиться – пока весьма туманно – к конкретной истории одомашнивания разных видов и к идее о видовой специфичности (Albert et al., 2012). Тем более возрастает значение регистрации поведенческих различий реакций разных видов, связанных с врожденными шаблонами восприятия. Основываясь на примерах боязни пауков и змей, можно предположить, что в норме умеренный страх этих объектов формируется у детей, когда они видят реакцию старших. В соответствии с концепцией «наведенного обучения» для формирования страха в этом случае не требуется повторных сочетаний, достаточно одного наблюдения. В качестве противоположного чувства, на основе врожденного повышенного внимания к образам пауков и змей, у некоторых людей уже в раннем возрасте формируется сильно выраженная симпатия к этим животным.

По-видимому, у людей, как и у представителей других биологических видов, а возможно, и в большей степени, выражена варибельность в наборах «врожденных образов врага», в порогах восприятия и силе реакции на связанные с ними стимулы. Некоторые дети боятся изображений совы и других образов с круглыми, фронтально расположенными глазами хищника, других пугают торчащие зубы, а против круглых, глядящих в упор глаз они ничего не имеют. Иногда реакции отдельных маленьких детей на игрушки или картин-



ки столь причудливы, что взрослым трудно вычленить значимые для детей характеристики объектов (рис. 4). Видимо, фобии человека значительно более разнообразны, чем страхи других приматов.

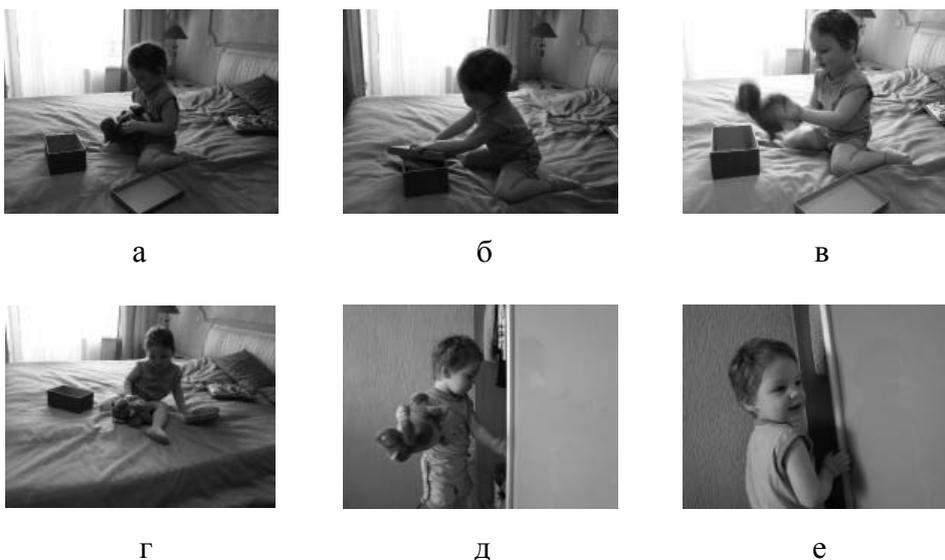


Рис. 4. Двухлетний ребенок, получив в подарок игрушечного бегемота: а) неприязненно изучает его; б) затем старается запихнуть его обратно в коробку; в) когда плотно закрыть крышку не удается, извлекает игрушку из коробки и «убивает» ее (сильно трясет); г) наконец, принимает решение убрать ее с глаз долой; д) прячет в шкаф; е) и, задвинув дверь, успокаивается. Этот ребенок хорошо говорит, но свои действия по отношению к игрушке, вызывающей отвращение, комментировать отказывается (все фото автора)

В целом, можно полагать, что у многих видов существует целый набор вариантов отношения к жизненно важным стимулам – от генерализованных «смутных образов» до более или менее детализированных шаблонов восприятия. Очевидно, что ни один биологический вид, включая человека, не является «*tabula rasa*» для обучения. Врожденный поведенческий репертуар оказывает существенное влияние на способности животных к обучению и может вступать в конфликт с приобретаемыми навыками.

Сценарии развития, лежащие в основе видотипических стереотипов поведения

Известно, что целостная картина видотипического поведения складывается из различных составляющих, которые включают как наследственно обусловленные поведенческие стереотипы, так и поведение, сформированное в результате индивидуального и социального опыта. Единственным критерием, позволяющим разделить составляющие инстинкта и обучения в поведении животного, является эксперимент. К настоящему времени стало ясно, что эксперименты «каспар-хаузер» могут привести к желаемому результату только в тех случаях, когда они проводятся на основе популяционного подхода, т. е. учитывают индивидуальную изменчивость наследуемых стереотипов поведения. Дело в том, что в популяциях не все особи могут быть носителями всех возможных видотипических стереотипов поведения. Однако если среди тестируемых «наивных» мо-



лодых животных хотя бы одна особь демонстрирует целостный стереотип поведения по принципу «все и сразу», этого уже достаточно для того, чтобы считать такой стереотип входящим в наследственно обусловленную программу. Подобные результаты могут иногда разрушать мифы о передаче сложных поведенческих приемов с помощью культурных традиций (Reznikova, 2007).

Два примера хорошо иллюстрируют это положение. Первый касается формирования стереотипа охотничьего поведения у муравьев. Резникова и Пантелеева (Reznikova, Panteleeva, 2001) впервые описали массовую охоту обычных обитателей лесной подстилки – муравьев *Myrmica rubra* – на прыгающих ногохвосток (Collembola). Обнаружив на своем участке размножившихся ногохвосток, семья муравьев полностью переключается на эту добычу. Охотничий стереотип муравья напоминает действия мышкующей лисы. Его можно отнести к сравнительно сложным стереотипам, и нужно отметить, что разворачивание наследственной программы может полностью обеспечить реализацию и более сложного поведения у позвоночных. Например, воспитанные в изоляции от сородичей птенцы скопы в положенное время начинают нырять и ловить рыбу (Schaadt, Rymon, 1982). В этом случае охотничье поведение хищника пробуждается под действием стимулов, исходящих от различных средовых факторов, в том числе, от потенциальной добычи. В наших экспериментах с «наивными» муравьями *Myrmica* было показано, что наличие стимулов, исходящих от потенциальной добычи, является недостаточным условием для реализации охотничьего поведения. В лаборатории «каспар-хаузер»-муравьи относились к ногохвосткам вполне дружески. Поэтому сначала мы задались вопросом «есть ли у муравьев культура?», т. е. предположили, что муравьи обучаются охоте на прыгающую добычу путем наблюдения за удачливыми охотниками. Однако популяционный подход к исследованию данного стереотипа показал, что небольшая (около 7%) часть семей демонстрирует целостный охотничий стереотип по принципу «все и сразу», который в таком случае может быть отнесен к полностью врожденным стереотипам (Reznikova, Panteleeva, 2008). Оставалось неясным, как новое для семьи поведение, характерное для столь малой доли фуражиров, может стать массовым и привести к переключению муравьев на появившийся богатый источник пищи. Этот вопрос будет рассмотрен ниже.

Второй пример касается орудийного поведения новокаледонских ворон. В естественных условиях эти птицы изготавливают «грабли» и «удочки» для извлечения насекомых из-под коры деревьев. Подобное поведение долго считалось проявлением культурных традиций (Hunt, Gray, 2003). Такому объяснению, с привлечением когнитивной составляющей, способствовали и чудеса гибкости интеллекта, проявляемые галками в лабораторных экспериментах с выбором, применением и преобразованием орудий. Однако один из четырех «каспар-хаузер»-птенцов продемонстрировал стереотип изготовления орудий по принципу «все и сразу» и таким образом показал наследственную природу орудийного поведения у представителей своего вида (Kenward et al., 2005). Птенцов выращивать в изоляции гораздо сложнее, чем муравьев, и с птицами такой эксперимент не может быть массовым, поэтому мы не можем сказать, какую долю составляют «гении врожденной орудийной деятельности» среди ворон. Возможно, исследователям просто повезло в том, что один из четырех птенцов оказался носителем целостного стереотипа. Теперь с уверенностью можно сказать, что не все новокаледонские вороны с рождения являются умелыми. Как же получается, что в природе все члены наблюдаемых популяций пользуются орудиями (Hunt, Gray, 2003)?



Для объяснения механизмов распространения сложных поведенческих стереотипов в популяциях мы выдвинули гипотезу «распределенного социального обучения» (Резникова, Пантелеева, 2015; Reznikova, Panteleeva, 2008). Идея распределенного социального обучения состоит в том, что в популяции присутствуют немногочисленные носители целостных стереотипов поведения, достаточно сложных и не всегда востребованных. В ситуациях, когда соответствующее поведение оказывается полезным, эти особи служат «катализаторами» для более многочисленных носителей отдельных (до поры «спящих») фрагментов генетических программ, определяющих такого рода стереотипы. Путем простой и универсальной формы социального обучения, известной как «социальное облегчение», стереотипы достраиваются до целостных; данное предположение позволяет объяснить распространение новой для популяции формы поведения без привлечения таких сложных феноменов, как культурная преемственность. Ключевым свойством «аудитории», наблюдающей за результатами деятельности носителей целостного стереотипа, является врожденная предрасположенность к выполнению определенных стереотипов поведения, типичных для вида, но не входящих в основной поведенческий репертуар до той поры, пока условия соответствующим образом не изменились.

Мы назвали таких животных носителями *спящих поведенческих стереотипов*, имея в виду, что достроить целостный стереотип на основе уже имеющегося в генотипе фрагмента проще, чем учиться такому поведению заново (Резникова, Пантелеева, Левенец, 2014; Reznikova, Panteleeva, 2008).

Как отмечалось выше, некоторые приведенные в литературе последних лет доказательства существования культурных традиций у животных могут служить примерами проявления ими распределенного социального обучения. Одним из таких примеров является специфическая поведенческая модель груминга у шимпанзе, получившая название «груминг рука об руку». Пара шимпанзе принимает при груминге характерную позу, напоминающую букву «А», так как животные сцепляют высоко поднятые руки, а свободными руками перебирают друг другу шерсть. При наблюдении за устроившейся на отдых группой шимпанзе можно видеть то и дело вздымающиеся руки животных, взаимодействующих подобным образом. Эта поза характерна лишь для немногих популяций шимпанзе, и она вынесена на обложку книги У. Мак Грю «Культурные шимпанзе» (McGrew, 2004) как показательный пример культурных традиций. Эту точку зрения поддерживают и исследователи Йерксовского приматологического центра, изучающие проявление данной поведенческой модели в группах шимпанзе, содержащихся в неволе (Bonnie, de Waal, 2006). Однако тот факт, что этот поведенческий стереотип проявился по принципу «все и сразу» у одной из самок, и модель поведения распространилась лишь среди ограниченного числа сородичей, позволяет полагать, что наследственная предрасположенность играет заметную роль в проявлении данной формы поведения.

Итак, видотипический стереотип поведения, наблюдаемый в популяции, может быть результатом проявления совершенно разных вариантов развития поведения. В частности, возможны следующие: 1) стереотип полностью основан на врожденной программе; 2) основан на «достройке» врожденной программы поведения за счет индивидуального и социального опыта; 3) является результатом «распределенного» социального обучения, основанного на взаимодействии носителей целостных поведенческих стереотипов и носителей отдельных «спящих» фрагментов этих стереотипов.



Поведенческая и когнитивная специализация в популяциях и сообществах

У многих видов животных в популяциях выделяются специализированные в поведенческом отношении группировки особей, сходные по таким признакам, как выбор диеты, специфика суточной активности, поисковое, охранное, территориальное и ориентировочное поведение, ярусное распределение. Так, в популяциях некоторых видов рыб одни особи постоянно кормятся на глубине, а другие – ближе к поверхности воды. Данный феномен представляет собой проявление *поведенческой специализации* (Volnik et al., 2003), которая может быть основана на предпочтениях определенных стимулов, скорости реакции, различиях в скорости передвижения, уровне агрессивности и множестве других психофизиологических характеристик, носящих, главным образом, врожденный характер. Можно привести множество примеров, и в их ряду – результаты, полученные в нашей лаборатории: среди наивных шмелей-трутней, появившихся на свет в лабораторном гнезде, одни стабильно предпочитали треугольные, а другие – круглые искусственные «цветы» (Reznikova, 2007). Описанные выше ситуации, когда разные особи обладают либо целостными стереотипами поведения, либо их фрагментами, также можно отнести к проявлению поведенческой специализации.

Разделение ролей в социально организованных сообществах животных основано на их индивидуальных различиях, которые являются следствием индивидуальной изменчивости в популяциях и могут быть морфологическими, физиологическими, поведенческими. Разграничение функций может быть постоянным и временным. Если разделение труда в сообществе основано на различиях в способностях к решению задач, требующих вовлечения определенных интеллектуальных ресурсов, можно говорить о *когнитивной специализации* в сообществах. Когнитивная специализация, как одна из составляющих поведенческой изменчивости в популяциях, основана на врожденных склонностях индивидуумов к образованию одних ассоциативных связей и, возможно, к «запрету» на образование других (Reznikova, 2007). О «запрете» речь идет, например, в тех случаях, когда в социальную роль особи входит «самопожертвование». Например, муравей, бросающийся на врага при защите территориальных границ, не должен проявлять способностей к избеганию опасности (подобно тому, как солдат не должен обдумывать полученный приказ). Последствия такого поведения могут быть весьма драматичны для индивидуума, но для семьи в целом готовность муравьев к самопожертвованию необходима. В то же время для муравья, собирающего углеводную пищу на колониях тлей, могут быть полезными способности избегать опасности. Мы полагаем, что разделение ролей в семьях общественных насекомых основано на врожденных психофизиологических характеристиках, включающих как «облегчение», так и «запреты» разных форм обучения (Reznikova, Iakovlev, 2008).

Казалось бы, мы ставим поведение членов сообщества на рельсы жестких, наследственно закрепленных предопределений. Однако даже в строго специализированном социуме общественных насекомых существуют немалые возможности для инициативного и новаторского поведения. Так, в экспериментах с пчелами и муравьями было показано, что если с простыми поисковыми задачами справляются все члены улья или муравейника, то проблемы, требующие способности абстрагировать и улавливать закономерности, доступны лишь немногим особям (Kartsev, 2014; Reznikova, 2012). Именно из их рядов, по-видимому, и вербуются разведчики, отыскивающие новые источники пищи и координирующие деятельность своих сородичей. Экспериментальные исследования выявили у муравьев подрода *Formica* s. str.



функциональные группы разведчиков, которые могут решать задачи, несравненно более сложные, чем фуражиры. Представители этой «интеллектуальной элиты» немногочисленны, они составляют менее 3% от общего числа внегнездовых рабочих (Ацаркина, Яковлев, Резникова, 2014). С помощью лабиринта «бинарное дерево» было выяснено, что разведчики способны запомнить последовательность поворотов на пути к кормушке и передать эту информацию фуражирам (Резникова, 2005; Novgorodova, 2006). Они также могут улавливать закономерности в предлагаемой им последовательности поворотов и использовать их для «сжатия» сообщения: так, «закономерная» последовательность «шесть раз налево» значительно проще для запоминания и передачи, чем, скажем, «налево-направо-направо-налево-направо-налево», т. е. «случайная» (Ryabko, Reznikova, 2011).

Вполне возможно, что мартышки, впервые ополоснувшие клубни в море, шимпанзе, впервые взявшие в руки каменные «молоты» и «наковальни» для раскалывания орехов (Whiten et al., 1999) и множество других животных-«инноваторов» находятся в том же ряду (Reznikova, 2007). Новаторское поведение индивидуума необязательно связано с высоким иерархическим рангом в сообществе, хотя высокоранговой особи будут подражать с большей вероятностью, чем изгою. Нужно отметить, что животные в социальных группировках достигают высших ступеней иерархии различными путями, и у высоко развитых социальных видов «путь вверх» прокладывается нередко с помощью интеллекта. Классический пример приведен Дж. Гудолл (Goodall, 1971): совсем молодой и не такой уж сильный шимпанзе Майк завоевал недосыгаемый авторитет в группе, стуча пустыми канистрами, которые он стащил в лагере исследователей.

Можно предположить, что основой для реализации когнитивной специализации в сообществах животных является социальное обучение, т. е. способность осваивать новые формы поведения путем подражания. Эта область когнитивной этологии нуждается в дальнейшей разработке

Заключение

Обобщение достижений когнитивной этологии и сравнительной психологии позволяет полагать, что ни один биологический вид, включая человека, не является «*tabula rasa*» для обучения, а интеллект живых существ не обладает универсальностью. Когнитивная деятельность формируется на основе набора возможностей, к которым относятся видоспецифическая фильтрация стимулов, врожденные склонности к образованию одних ассоциативных связей и, возможно, запрет на образование других, набор генетически обусловленных стереотипов, ранний опыт, а для социальных видов – еще и функциональная роль в сообществе. Все эти истоки когнитивной деятельности оказывают существенное влияние на ее специфику. Животные разных видов демонстрируют способности к чрезвычайно сложным формам когнитивной деятельности в пределах, однако, весьма узких доменов. Видотипические ограничения формируют специализированное развитие когнитивных способностей у животных.

Процессы обучения во многом управляются наследственно обусловленной предрасположенностью, иными словами, обучение контролируется инстинктом. Обучение в контексте врожденной предрасположенности происходит часто после единственного сочетания стимулов и определяет поведение живых особей в таких жизненно важных ситуациях, как взаимодействие с хищниками, различение родителей, половых партнеров, ядовитых и съедобных объектов. Животные могут быть «оборудованы» либо готовыми врожденными



шаблонами восприятия жизненно важных стимулов, либо генерализованными «смутными образами», ускоряющими процесс обучения.

Врожденный поведенческий репертуар воздействует на процессы обучения и может вступать в конфликт с приобретаемыми навыками. Индивидуальный опыт, особенно ранний, может оказывать настолько существенное влияние на общую картину поведения, что «впечатанные» стереотипы могут быть столь же прочными, как и врожденные.

На популяционном уровне важную роль играет индивидуальная вариабельность набора возможностей для обучения и когнитивной деятельности. Такая вариабельность находит отражение в поведенческой специализации, которая может базироваться на предпочтениях определенных стимулов, скорости реакции, различиях в скорости передвижения, уровне агрессивности и множестве других психофизиологических характеристик. Поведенческая специализация находит выражение и в поведенческих последовательностях, присутствующих у разных особей, как в виде целостных стереотипов, так и в виде отдельных, до поры «спящих», фрагментов, требующих дотройки. Когнитивная специализация выражается в том, что члены разных популяционных группировок в разной степени проявляют способность к решению различных жизненно важных задач. Можно полагать, что когнитивная специализация помогает популяциям оперативно реагировать на изменения характеристик среды обитания, а у социальных видов лежит в основе разделения ролей в сообществах.

Финансирование

Работа поддержана грантом РНФ 14-14-00603.

Литература

- Ацаркина Н.В., Яковлев И.К., Резникова Ж.И. Индивидуальные поведенческие характеристики разведчиков и мобилизованных фуражиров у рыжих лесных муравьев // Евроазиатский энтомологический журнал. 2014. Т. 13. № 3. С. 209–218.
- Бурлак С.А. Происхождение языка: Факты, исследования, гипотезы. М.: Астрель: CORPUS, 2011. 464 с.
- Зорина З.А., Смирнова А.А. О чем рассказали «говорящие» обезьяны: Способны ли высшие животные оперировать символами? М.: Языки славянских культур, 2006. 424 с.
- Крушинский Л.В. Биологические основы рассудочной деятельности: Эволюционные и физиолого-генетические аспекты поведения. 2-е изд. М.: МГУ, 1986. 270 с.
- Мазохин-Поршняков Г.А. Как оценить интеллект животных? // Природа. 1989. № 4. С. 18–25.
- Разумное поведение и язык. Вып. 1. Коммуникативные системы животных и язык человека. Проблема происхождения языка / Сост. А.Д. Кошелев, Т.В. Черниговская. М.: Языки славянских культур, 2008. 416 с.
- Резникова Ж.И. Интеллект и язык животных и человека: Основы когнитивной этологии. М.: Академия, 2005.
- Резникова Ж.И., Пантелеева С.Н. Возможные эволюционные механизмы «культуры» у животных: гипотеза распределенного социального обучения // Журнал общей биологии. 2015. Т. 76. № 4. С. 309–323.
- 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.
- Трут Л.Н., Гербек Ю.Э., Харламова А.В., Гулевич Р.Г., Кукекова А.В. Доместицируемые лисицы: молекулярно-генетические механизмы, вовлекаемые в отбор по поведению // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2013. Т. 17. № 2. С. 226–333.
- Фирсов Л.А. Довербальный язык обезьян // Журнал эволюционной биохимии и физиологии. 1983. Т. 19. № 4. С. 381–389.



- Холодная М.А. Психология интеллекта: парадоксы исследования. 2-е изд., перераб. и доп. СПб.: Питер, 2002. 272 с.
- Albert F.W., Somel M., Carneiro M., Aximu-Petri A., Halbwax M., Thalmann O. et al. A comparison of brain gene expression levels in domesticated and wild animals // PLoS Genetics. 2012. Vol. 8. № 9. doi:10.1371/journal.pgen.1002962.
- Bard K.A., Myowa-Yamakoshi M., Tomonaga M., Tanaka M., Quinn J., Costall A., Matsuzawa T. Group differences in the mutual gaze of chimpanzees (*Pan troglodytes*) // Developmental Psychology. 2005. Vol. 41. № 4. P. 616–624. doi:10.1037/0012-1649.41.4.616.
- Bluff L.A., Weir A.A.S., Rutz C., Wimpenny J.H., Kacelnik A. Tool-related cognition in New Caledonian crows // Comparative Cognition and Behavior Reviews. 2007. Vol. 2. P. 1–25.
- Bolnik D.I., Swanback R., Fordyce J.A., Yang L.H., Davis J.M., Hulsey C.D., Forister M.L. The ecology of individuals: incidence and implications of individual specialization // American Naturalist. 2003. Vol. 161. P. 1–28. doi:10.1086/343878.
- Bonnie K.E., de Waal F.B.M. Affiliation promotes the transmission of a social custom: handclasp grooming among captive chimpanzees // Primates. 2006. Vol. 47. P. 27–34. doi:10.1007/s10329-005-0141-0.
- Bowlby J. Attachment and loss. N. Y.: Basic Books. 1982. 425 p.
- Breland K., Breland M. The misbehavior of organisms // American Psychologist. 1961. Vol. 16. P. 681–684. doi:10.1037/h0040090.
- Brown M.F., Cook R.G. (Eds.). Animal Spatial Cognition: Comparative, Neural, and Computational Approaches [Electronic edition] / In cooperation with Comparative Cognition Press of the Comparative Cognition Society. November, 2006. URL: <http://www.pigeon.psy.tufts.edu/asc/>.
- Byrne R.W., Whiten A. Machiavellian intelligence II: Extensions and evaluations. Cambridge: Cambridge University Press. 1997. P. 1–23.
- Chauvin R. Ethology: the biological study of animal behavior. Translated by Joyce Diamanti. N.Y.: International Universities Press, 1977. 245 p.
- Chomsky N. Language and mind. N. Y.: Harcourt, Brace and World, 1968. 342 p. doi:10.1037/e400082009-004.
- Chomsky N. On Nature and Language. Cambridge: Cambridge University Press, 2002. 206 p. doi:10.1017/CBO9780511613876.
- DeLoache J.S., LoBue V. The narrow fellow in the grass: Human infants associate snakes and fear // Developmental Science. 2009. Vol. 12. № 1. P. 201–207. doi:10.1111/j.1467-7687.2008.00753.x.
- Dorosheva E.A., Reznikova Zh.I. An experimental study of behavioral mechanisms of relationships between red wood ants and ground beetles // Entomological Review. 2006. Vol. 86. № 2. P. 139–148. doi:10.1134/S0013873806020035.
- Gardner H. Frames of Mind: The Theory of Multiple Intelligences. N. Y.: Basic Book, 1983. 440 p.
- Goodall J. In the shadow of man. Boston: Houghton Mifflin Publishing, 1971. 279 p.
- Göth A. Innate predator recognition in Australian brush-turkey (*Alectura lathami*, Megapodidae) hatchlings // Behaviour. 2001. Vol. 138. P. 117–136.
- Göth A., Evans C.S. Social responses without early experience: Australian brush-turkey chicks use specific visual cues to aggregate with conspecifics // Journal of Experimental Biology. 2004. Vol. 207. P. 2199–2208. doi:10.1242/jeb.01062.
- Gottfredson L.S. The general intelligence factor // Scientific American Presents. 1998. Vol. 9(4). P. 24–29.
- Gould J.L., Marler P. Learning by instinct // Scientific American. 1987. Vol. 256. P. 74–85. doi:10.1038/scientificamerican0187-74.
- Griffin A.S., Evans C.S., Blumstein D.T. Selective learning in a Marsupial // Ethology. 2002. Vol. 108. P. 1103–1114. doi:10.1046/j.1439-0310.2002.00840.x.
- Harlow H. Learning to love. San Francisco: Albion Publishing Company, 1971. 122 p.
- Heinroth O. Beiträge zur Biologie, nämlich Ethologie und Physiologie der Anatiden // Verhandlungen der V Internationalen Ornithologischen Kongress, Berlin, 1911. P. 589–702.
- Herrnstein R.J., Loveland D.H. Complex visual concept in the pigeon // Science. 1964. Vol. 146. P. 549–551. doi:10.1126/science.146.3643.549.
- Hinde R.A. Biological bases of human social behavior. N. Y.: McGraw-Hill Book Company, 1974. 462 p.
- Hunt G.R., Gray R.D. Diversification and cumulative evolution in tool manufacture by New Caledonian crows. L.: Proceedings of the Royal Society, 2003. Vol. 270. P. 867–874. doi:10.1098/rspb.2002.2302.



- Kartsev V.M.* Situational Choices among Alternative Visual Stimuli in Honeybees and Paper Wasps when Foraging // Honeybees: Foraging Behavior / Malloy, Cameron (Editor). Reproductive Biology and Diseases. 2014. P. 93–118.
- Kenward B., Weir A.A.S., Rutz C., Kacelnik A.* Tool manufacture by naive juvenile crows // Nature. 2005. Vol. 433. P. 121–122. doi:10.1038/433121a.
- Kullberg C., Lind J.* An experimental study of predator recognition in great tit fledglings // Ethology. 2002. Vol. 108. P. 429–441. doi:10.1046/j.1439-0310.2002.00786.x.
- Lorenz K.* Der kumpanin der umvelt des vogels: die artgenosse als ausloesendesmoment sozialer verhaltensweisen // Journal für Ornithologie. 1935. Vol. 83. P. 137–213. doi:10.1007/BF01905355.
- Mateo J.M.* The nature and representation of individual recognition cues in Belding's ground squirrels // Animal Behaviour. 2006. Vol. 71. P. 141–154. doi:10.1016/j.anbehav.2005.04.006.
- McComb K., Moss C., Durant S.M., Baker L., Sayialel S.* Matriarchs as repositories of social knowledge in African elephants // Science. 2001. Vol. 292. P. 491–494. doi:10.1126/science.1057895.
- McGrew W.C.* The cultured chimpanzee. Reflections on Cultural Primatology. Cambridge: Cambridge University Press, 2004. 262 p. doi:10.1017/CBO9780511617355.
- Mineka S., Cook M.* Social learning and the acquisition of snake fear in monkeys. // Comparative social learning / T. Zentall, B. G. Galef Jr. (eds.). N. J.: Hillsdale, Erlbaum, 1988. P. 51–73.
- Moll H., Tomasello M.* Cooperation and human cognition: the Vygotskian intelligence hypothesis // Philosophical Transactions of the Royal Society. B: Biological Sciences, 2007. Vol. 362 (1480). P. 639–648. doi:10.1098/rstb.2006.2000.
- Morgan C.L.* Animal life and intelligence. L.: Edward Arnold, 1891. 519 p. doi:10.1037/12970-000.
- Novgorodova T.A.* Experimental investigation of information transmission in *Formica pratensis* (Hymenoptera, Formicidae) using «binary tree» maze // Entomological Review. 2006. Vol. 86. № 3. P. 287–293. doi:10.1134/S0013873806030043.
- Parr L.A., Siebert E., Taubert J.* Effect of familiarity and viewpoint on face recognition in chimpanzees // Perception. 2011. Vol. 40. № 7. P. 863–872. doi:10.1068/p6971.
- Pinker S.* The Language Instinct. How the Mind Creates Language. Harper Perennial Modern Classic, 2007. 483 p.
- Rakison D.H.* Does women's greater fear of snakes and spiders originate in infancy? // Evolution and Human Behavior. 2009. Vol. 30. № 6. P. 438–444. doi:10.1016/j.evolhumbehav.2009.06.002.
- Rakison D.H., Derringer J.* Do infants possess an evolved spider-detection mechanism? // Cognition. 2008. Vol. 107. P. 381–393. doi:10.1016/j.cognition.2007.07.022.
- Reznikova Zh.* Altruistic Behaviour and Cognitive Specialization in Animal Communities // Encyclopedia of the Sciences of Learning. Part 1 / N. Seel (Ed.). Springer. 2012. P. 205–208.
- Reznikova Zh.* Animal Intelligence: From Individual to Social Cognition. Cambridge: Cambridge University Press, 2007. 488 p.
- Reznikova Zh.* Government and nepotism in social insects: new dimension provided by an experimental approach // Euroasian Entomological Journal. 2003. Vol. 2. P. 3–14.
- Reznikova Zh., Iakovlev I.K.* Development of aggression as a possible basis of «professional» specialization in ants // Doklady Biological Sciences. 2008. Vol. 418. P. 56–58. doi:10.1134/S0012496608010195.
- Reznikova Zh., Panteleeva S.* An ant's eye view of culture: propagation of new traditions through triggering dormant behavioural patterns // Acta Ethologica. 2008. Vol. 11. № 2. P. 73–80. doi:10.1007/s10211-008-0044-3.
- Reznikova Zh., Panteleeva S.* Interaction of the Ant *Myrmica rubra* L. as a Predator with Springtails (*Collembola*) as a Mass Prey // Doklady Biological Science. 2001. Vol. 380. P. 475–477. doi:10.1023/A:1012383607521.
- Reznikova Zh., Ryabko B.* Numerical competence in animals, with an insight from ants // Behaviour. 2011. Vol. 148. № 4. P. 405–434. doi:10.1163/000579511X568562.
- Robinson M.H.* Insect anti-predator adaptations and behaviour of predatory primates // Congr. Latin Zool. 1970. Vol. 2. P. 811–836.
- Ryabko B., Reznikova Zh.* Using Shannon Entropy and Kolmogorov Complexity to study the communicative system and cognitive capacities in ants // Complexity, 1996. Vol. 2. P. 37–42. doi:10.1002/(SICI)1099-0526(199611/12)2:2<37::AID-CPLX8>3.0.CO;2-K.
- Schaadt C.P., Rymon L.M.* Innate fishing behavior of Ospreys // Raptor Research. 1982. Vol. 16. P. 61–62.



- Seed A., Seddon E., Greene B., Call J. Chimpanzee «folk physics»: bringing failures into focus // *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. 2012. Vol. 367 (1603). P. 2743–2752. doi:10.1098/rstb.2012.0222.
- Seligman M.E.P. On the generality of the laws of learning // *Psychological Review*. 1970. Vol. 77. P. 406–418. doi:10.1037/h0029790.
- Shepard R., Metzler J. Mental rotation of three dimensional objects // *Science*. 1971. Vol. 171 (972). P. 701–703. doi:10.1126/science.171.3972.701.
- Shettleworth S.J. *Cognition, evolution and behavior*. N. Y.: Oxford University Press, 1998. 688 p.
- Smirnova A., Zorina Z., Obozova T., Wasserman E. Crows Spontaneously Exhibit Analogical Reasoning // *Current Biology*. 2014. Vol. 25. № 2. P. 256–260. doi:10.1016/j.cub.2014.11.063.
- Spalding D.A. Instinct, with original observations on young animals // *Macmillan's Magazine*. 1873. Vol. 27. P. 282–293.
- Tibbetts E.A., Dale J. Individual recognition: it is good to be different // *Trends of Ecology and Evolution*. 2007. Vol. 22. P. 529–537. doi:10.1016/j.tree.2007.09.001.
- Tinbergen N. *The study of instinct*. Oxford: Clarendon Press, 1951. 228 p.
- Tolman E. C. Cognitive maps in rats and men // *Psychological Review*. 1948. Vol. 55. P. 189–208. doi:10.1037/h0061626.
- Vokey J.R., Rendall D., Tangen J.M., Parr L.A., de Waal F.B. Visual kin recognition and family resemblance in chimpanzees (*Pan troglodytes*) // *Journal of Comparative Psychology*. 2004. Vol. 218. № 2. P. 194–199. doi:10.1037/0735-7036.118.2.194.
- Vygotsky L.S. *Mind in society: the development of higher psychological processes*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1978. P. 79–91.
- Watanabe S. Pigeons can discriminate between «good» and «bad» paintings by children // *Animal Cognition*. 2009. Vol. 12. P. 1435–1448.
- Watanabe S., Sakamoto J., Wakita M. Pigeon's discrimination of paintings by Monet and Picasso // *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*. 1995. Vol. 63. P. 165–174. doi:10.1901/jeab.1995.63-165.
- Watson J.B., Rayner R. Conditioned emotional reactions // *Journal of Experimental Psychology*. 1920. Vol. 3. P. 1–14. doi:10.1037/h0069608.
- Whiten A., Goodall J., McGrew W.C., Nishida T., Reynolds V., Sugiyama Y., Tutin C.E.G., Wrangham R.W., Boesch C. Culture in chimpanzees // *Nature*. 1999. Vol. 399. P. 682–685. doi:10.1038/21415.
- Zentall T.R., Wasserman E.A. (eds). *The Oxford Handbook of Comparative Cognition*. N.Y.: Oxford University Press, 2012. 960 p.

COMPARATIVE PSYCHOLOGICAL ASPECTS OF ONTOGENETIC DEVELOPMENT OF BEHAVIOR: A REVIEW OF EXPERIMENTAL STUDIES

REZNIKOVA ZH. I. *, *Institute of Systematics and Ecology of Animals, Russian Academy of Sciences, Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia,*
e-mail: zhanna@reznikova.net

For citation:

Reznikova Zh.I. Comparative psychological aspects of the ontogenetic development of behavior: a review of experimental studies. *Экспериментальная психология = Experimental Psychology (Russia)*, 2015, vol. 8, no. 2, pp. 77–103 (In Russ., abstr. in Engl.). doi:10.17759/exppsy.2015080207

* Reznikova Zh.I. Dr. Sci. (Biology), Professor, Leading Research Associate, Institute of Systematics and Ecology of Animals, Russian Academy of Sciences, Novosibirsk State University. E-mail: zhanna@reznikova.net



One of the most interesting unsolved problems in cognitive ethology studies is associated with the interaction of hereditarily determined behavioral patterns and the skills based on individual and social experience, and with the ability to apply the results of this interaction to new situations. Human intellect may be characterized by outstanding versatility. Representatives of different animal species exhibit extremely complex forms of cognitive activity, but within very narrow domains. Cognitive behavior is based on a set of features, which include species-specific filtering of stimuli, innate tendency to form certain associative links and prohibit the formation of other, genetically determined set of stereotypes, early experience. Species-specific limitations shape specialized cognitive development in different species, including humans.

Keywords: cognitive ethology, comparative psychology, behavioral patterns, training, predisposition, ontogeny of behavior, early experience, imprinting.

Funding

The study was supported by the Russian Science Foundation, project 14-14-00603.

References

- Albert F.W., Somel M., Carneiro M., Aximu-Petri A., Halbwax M., Thalmann O. et al. A comparison of brain gene expression levels in domesticated and wild animals. *PLoS Genetics*, 2012, vol. 8 (9). doi:10.1371/journal.pgen.1002962.
- Atsarkina N.V., Yakovlev I.K., Reznikova Zh.I. Individual'nye povedencheskie kharakteristiki razvedchikov i mobilizovannykh furazhirov u ryzhikh lesnykh murav'ev [Individual behavioural features of scouts and recruits in red wood ants (Hymenoptera: Formicidae)]. *Evroaziatskii entomologicheskii zhurnal [Euroasian Entomological Journal]*, 2014, vol. 13, no. 3, pp. 209–218.
- Bard K.A., Myowa-Yamakoshi M., Tomonaga M., Tanaka M., Quinn J., Costall A., Matsuzawa T. Group differences in the mutual gaze of chimpanzees (Pan troglodytes). *Developmental Psychology*, 2005, vol. 41, no. 4, pp. 616–624. doi:10.1037/0012-1649.41.4.616.
- Bluff L.A., Weir A.A.S., Rutz C., Wimpenny J.H., Kacelnik A. Tool-related cognition in New Caledonian crows. *Comparative Cognition and Behavior Reviews*, 2007, vol. 2, pp. 1–25.
- Bolnik D.I., Svanback R., Fordyce J.A., Yang L.H., Davis J.M., Hulseley C.D., Forister M.L. The ecology of individuals: incidence and implications of individual specialization. *American Naturalist*, 2003, vol. 161, pp. 1–28. doi:10.1086/343878.
- Bonnie K.E., de Waal F.B.M. Affiliation promotes the transmission of a social custom: handclasp grooming among captive chimpanzees. *Primates*, 2006, vol. 47, pp. 27–34. doi:10.1007/s10329-005-0141-0.
- Bowlby J. Attachment and loss. *New York, Basic Books*, 1982. 425 p.
- Breland K., Breland M. The misbehavior of organisms. *American Psychologist*, 1961, vol. 16, pp. 681–684. doi:10.1037/h0040090.
- Brown M.F., Cook R.G. (Eds.). *Animal Spatial Cognition: Comparative, Neural, and Computational Approaches*. In cooperation with Comparative Cognition Press of the Comparative Cognition Society November, 2006. URL: <http://www.pigeon.psy.tufts.edu/asc/> (date of access: 25.01.2015).
- Burlak C.A. *Proiskhozhdenie yazyka: Fakty, issledovaniya, gipotezy [The origin of language. Facts, research, hypothesis]*. Moscow, Astrel' CORPUS, 2011. 464 p.
- Byrne R.W., Whiten A. *Machiavellian intelligence II: Extensions and evaluations*. Cambridge, Cambridge University Press, 1997. 1–23 p.
- Chauvin R. *Ethology: the biological study of animal behavior* / Translated by Joyce Diamanti. N.Y., International Universities Press, 1977. 245 p.
- Chomsky N. *Language and mind*. New York, Harcourt, Brace and World, 1968. 342 p. doi:10.1037/e400082009-004.
- Chomsky N. *On Nature and Language*. Cambridge, Cambridge University Press, 2002. 206 p. doi:10.1017/CBO9780511613876.
- DeLoache J.S., LoBue V. The narrow fellow in the grass: Human infants associate snakes and fear. *Developmental Science*, 2009, vol. 12, no. 1, pp. 201–207. doi:10.1111/j.1467-7687.2008.00753.x.
- Dorosheva E.A., Reznikova Zh. I. An experimental study of behavioral mechanisms of relationships between



- red wood ants and ground beetles. *Entomological Review*, 2006, vol. 86, no. 2. pp. 139–148. doi:10.1134/S0013873806020035
- Firsov L. A. Dovernal'nyi yazyk obez'yan [Preverbal language monkeys]. *Zhurnal evolyutsionnoi biokhimii i fiziologii* [Journal of Evolutionary Biochemistry and Physiology], 1983, vol. 19, no. 4, pp. 381–389.
- Gardner H. *Frames of Mind: The Theory of Multiple Intelligences*. New York, Basic Book, 1983. 440 p.
- Goodall J. *In the shadow of man*. Boston, Houghton Mifflin Publishing, 1971. 279 p.
- Göth A. Innate predator recognition in Australian brush-turkey (*Alectura lathami*, Megapodidae) hatchlings. *Behaviour*, 2001, vol. 138, pp. 117–136.
- Göth A., Evans C. S. Social responses without early experience: Australian brush-turkey chicks use specific visual cues to aggregate with conspecifics. *Journal of Experimental Biology*, 2004, vol. 207, pp. 2199–2208. doi:10.1242/jeb.01062.
- Gottfredson L. S. The general intelligence factor. *Scientific American Presents*, 1998, vol. 9, no. 4, pp. 24–29.
- Gould J. L., Marler P. Learning by instinct. *Scientific American*, 1987, vol. 256, pp. 74–85. doi:10.1038/scientificamerican0187-74.
- Griffin A. S., Evans C. S., Blumstein D. T. Selective learning in a Marsupial. *Ethology*, 2002, vol. 108, pp. 1103–1114. doi:10.1046/j.1439-0310.2002.00840.x.
- Harlow H. *Learning to love*. San Francisco, Albion Publishing Company, 1971. 122 p.
- Heinroth O. *Beträge zur Biologie, näm entlich Ethologie und Physiologie der Anatiden, verhandlungen der V Internationale Ornithologische Kongress*. Berlin, 1911, pp. 589–702.
- Herrnstein R. J., Loveland D. H. Complex visual concept in the pigeon. *Science*, 1964, vol. 146, pp. 549–551. doi:10.1126/science.146.3643.549.
- Hinde R. A. *Biological bases of human social behavior*. New York, McGraw-Hill Book Company, 1974. 462 p.
- Hunt G. R., Gray R. D. Diversification and cumulative evolution in tool manufacture by New Caledonian crows. *Proceedings of the Royal Society*. London, 2003, vol. 270, pp. 867–874. doi:10.1098/rspb.2002.2302.
- Kartsev V. M. Situational Choices among Alternative Visual Stimuli in Honeybees and Paper Wasps when Foraging. In C. Malloy (ed.), *Honeybees: Foraging Behavior. Reproductive Biology and Diseases*, 2014. pp. 93–118.
- Kenward B., Weir A. A. S., Rutz C., Kacelnik A. Tool manufacture by naive juvenile crows. *Nature*, 2005, vol. 433, pp. 121–122. doi:10.1038/433121a.
- Kholodnaya M. A. *Psikhologiya intellekta: paradoksy issledovaniya* [Psychology of Intelligence: Paradoxes of research]. 2nd ed. Saint Petersburg, Piter, 2002. 272 p.
- Krushinskii L. V. *Biologicheskie osnovy rassudochnoi deyatel'nosti: Evolyutsionnye i fiziologo-geneticheskie aspekty povedeniya* [Biological basis of rational activity: evolutionary, physiological and genetic aspects of behavior]. 2nd ed. Moscow, MGU, 1986. 270 p.
- Kullberg C., Lind J. An experimental study of predator recognition in great tit fledglings. *Ethology*, 2002, vol. 108, pp. 429–441. doi:10.1046/j.1439-0310.2002.00786.x.
- Lorenz K. Der kumpanin der umvelt des vogels: die artgenosse als ausloesendesmoment sozialer verhaltensweisen. *Journal für Ornithologie*, 1935, vol. 83, pp. 137–213. doi:10.1007/BF01905355.
- Mateo J. M. The nature and representation of individual recognition cues in Belding's ground squirrels. *Animal Behaviour*, 2006, vol. 71, pp. 141–154. doi:10.1016/j.anbehav.2005.04.006.
- Mazokhin-Porshnyakov G. A. Kak otsenit' intellekt zhivotnykh? [How to estimate intelligence of animals?]. *Priroda* [Nature], 1989, no. 4, pp. 18–25.
- McComb K., Moss C., Durant S. M., Baker L., Sayialel S. Matriarchs as repositories of social knowledge in African elephants. *Science*, 2001, vol. 292, pp. 491–494. doi:10.1126/science.1057895.
- McGrew W. C. *The cultured chimpanzee. Reflections on Cultural Primatology*. Cambridge, Cambridge University Press. 2004. 262 p. doi:10.1017/CBO9780511617355.
- Mineka S., Cook M. Social learning and the acquisition of snake fear in monkeys. In T. Zentall, B. G. Galef Jr. (eds.), *Comparative social learning*. New Jersey, Hillsdale, Erlbaum, 1988. pp. 51–73.
- Moll H., Tomasello M. Cooperation and human cognition: the Vygotskian intelligence hypothesis. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 2007, vol. 362 no. 1480, pp. 639–648. doi:10.1098/rstb.2006.2000.
- Morgan C. L. *Animal life and intelligence*. London, Edward Arnold, 1891. 519 p. doi:10.1037/12970-000.
- Novgorodova T. A. Experimental investigation of information transmission in *Formica pratensis*



- (Hymenoptera, Formicidae) using «binary tree» maze. *Entomological Review*, 2006, vol. 86, no. 3, pp. 287–293. doi:10.1134/S0013873806030043.
- Parr L.A., Siebert E., Taubert J. Effect of familiarity and viewpoint on face recognition in chimpanzees. *Perception*, 2011, vol. 40, no. 7, pp. 863–872. doi:10.1068/p6971.
- Pinker S. *The Language Instinct. How the Mind Creates Language*. Harper Perennial Modern Classic, 2007. 483 p.
- Rakison D. H. Does women's greater fear of snakes and spiders originate in infancy?. *Evolution and Human Behavior*, 2009, vol. 30, no. 6, pp. 438–444. doi:10.1016/j.evolhumbehav.2009.06.002.
- Rakison D. H., Derringer J. Do infants possess an evolved spider-detection mechanism?. *Cognition*, 2008, vol. 107, pp. 381–393. doi:10.1016/j.cognition.2007.07.022.
- Razumnoe povedenie i yazyk. Vyp. 1. Kommunikativnye sistemy zhivotnykh i yazyk cheloveka. Problema proiskhozhdeniya yazyka* [Language and reasoning animal communication and human language: language origins]. ed. A. D. Koshelev, T. V. Chernigovskaya. Moscow, Yazyki slavyanskikh kul'tur, 2008. 416 p.
- Reznikova Zh. Altruistic Behaviour and Cognitive Specialization in Animal Communities. In N. Seel (Ed.), *Encyclopedia of the Sciences of Learning*. Springer. Part 1. 2012. pp. 205–208.
- Reznikova Zh. *Animal Intelligence: From Individual to Social Cognition*. Cambridge, Cambridge University Press. 2007. 488 p.
- Reznikova Zh. Government and nepotism in social insects: new dimension provided by an experimental approach. *Euroasian Entomological Journal*, 2003, vol. 2, pp. 3–14.
- Reznikova Zh., Iakovlev I. K. Development of aggression as a possible basis of «professional» specialization in ants. *Doklady Biological Sciences*, 2008, vol. 418, pp. 56–58. doi:10.1134/S0012496608010195.
- Reznikova Zh., Panteleeva S. An ant's eye view of culture: propagation of new traditions through triggering dormant behavioural patterns. *Acta Ethologica*, 2008, vol. 11, no. 2, pp. 73–80. doi:10.1007/s10211-008-0044-3.
- Reznikova Zh., Panteleeva S. Interaction of the Ant *Myrmica rubra* L. as a Predator with Springtails (Collembola) as a Mass Prey. *Doklady Biological Science*, 2001, vol. 380, pp. 475–477. doi:10.1023/A:1012383607521.
- Reznikova Zh., Ryabko B. Numerical competence in animals, with an insight from ants. *Behaviour*, 2011, vol. 148, no. 4, pp. 405–434. doi:10.1163/000579511X568562.
- Reznikova Zh. I. *Intellekt i yazyk zhivotnykh i cheloveka: Osnovy kognitivnoi etologii* [Intelligence and language of animals and humans: Basic foundation of cognitive ethology]. Moscow, Akademiya, 2005.
- Reznikova Zh. I., Panteleeva S. N. Vozmozhnye evolyutsionnye mekhanizmy «kul'tury» u zhivotnykh: gipoteza raspredelennoogo sotsial'nogo obucheniya [Possible evolutionary mechanisms of animal “culture”: the hypothesis of distributing social learning]. *Zhurnal Obshchei biologii* [Biology Bulletin Reviews], 2015. T. 76. № 4. C. 309–323.
- Reznikova Zh. I., Panteleeva S. N., Levenets Ya. V. Analiz povedencheskikh stereotipov na osnove idei kolmogorovskoi slozhnosti: poisk obshchego metodicheskogo podkhoda v etologii i psikhologii [Analysis of behavioral patterns based on the ideas of Kolmogorov complexity: a search for a common methodological approach in ethology and psychology]. *Ekspierimental'naya psikhologiya* [Experimental Psychology], 2014, vol. 7, no. 3, pp. 112–125.
- Robinson M. H. Insect anti-predator adaptations and behaviour of predatory primates. *Congr. Latin Zool*, 1970, vol. 2. pp. 811–836.
- Ryabko B., Reznikova Zh. Using Shannon Entropy and Kolmogorov Complexity to study the communicative system and cognitive capacities in ants. *Complexity*, 1996, vol. 2. pp. 37–42. doi:10.1002/(SICI)1099-0526(199611/12)2:2<37::AID-CPLX8>3.0.CO;2-K.
- Schaadt C. P., Rymon L. M. Innate fishing behavior of Ospreys. *Raptor Research*, 1982, vol. 16, pp. 61–62.
- Seed A., Seddon E., Greene B., Call J. Chimpanzee «folk physics»: bringing failures into focus. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 2012, vol. 367 (1603). pp. 2743–2752. doi:10.1098/rstb.2012.0222.
- Seligman M. E. P. On the generality of the laws of learning. *Psychological Review*, 1970, vol. 77, pp. 406–418. doi:10.1037/h0029790.
- Shepard R., Metzler J. Mental rotation of three dimensional objects. *Science*, 1971, vol. 171 no. 972, pp. 701–703. doi:10.1126/science.171.3972.701.



- Shettleworth S.J. *Cognition, evolution and behavior*. N.Y., Oxford University Press, 1998. 688 p.
- Smirnova A., Zorina Z., Obozova T., Wasserman E. Crows Spontaneously Exhibit Analogical Reasoning. *Current Biology*, 2014, vol. 25, no. 2, pp. 256–260. doi:10.1016/j.cub.2014.11.063.
- Spalding D. A. Instinct, with original observations on young animals. *Macmillan's Magazine*, 1873, vol. 27, pp. 282–293.
- Tibbetts E. A., Dale J. Individual recognition: it is good to be different. *Trends of Ecology and Evolution*, 2007, vol. 22, pp. 529–537. doi:10.1016/j.tree.2007.09.001.
- Tinbergen N. *The study of instinct*. Oxford, Clarendon Press, 1951. 228 p.
- Tolman E. C. Cognitive maps in rats and men. *Psychological Review*, 1948, vol. 55, pp. 189–208. doi:10.1037/h0061626.
- Trut L.N., Gerbek Yu.E., Kharlamova A.V., Gulevich R.G., Kukekova A.V. Domestitsiruemye lisitsy: molekulyarno-geneticheskie mekhanizmy, vovlekaemye v otbor po povedeniyu [Domesticated foxes: molecular and genetic mechanisms that are involved in the selection on behavior]. *Vavilovskii zhurnal genetiki i selektsii [Russian Journal of Genetics: Applied Research]*, 2013, vol. 17, no. 2, pp. 226–333.
- Vokey J. R., Rendall D., Tangen J. M., Parr L. A., de Waal F. B. Visual kin recognition and family resemblance in chimpanzees (Pan troglodytes). *Journal of Comparative Psychology*, 2004, vol. 218, no. 2, pp. 194–199. doi:10.1037/0735-7036.118.2.194.
- Vygotsky L. S. *Mind in society: the development of higher psychological processes*. Cambridge, MA, Harvard University Press. 1978. pp. 79–91.
- Watanabe S. Pigeons can discriminate between «good» and «bad» paintings by children. *Animal Cognition*, 2009, vol. 12, pp. 1435–1448.
- Watanabe S., Sakamoto J., Wakita M. Pigeon's discrimination of paintings by Monet and Picasso. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 1995, vol. 63, pp. 165–174. doi:10.1901/jeab.1995.63-165.
- Watson J. B., Rayner R. Conditioned emotional reactions. *Journal of Experimental Psychology*, 1920, vol. 3, pp. 1–14. doi:10.1037/h0069608.
- Whiten A., Goodall J., McGrew W. C., Nishida T., Reynolds V., Sugiyama Y., Tutin C. E. G., Wrangham R. W., Boesch C. Culture in chimpanzees. *Nature*, 1999, vol. 399, pp. 682–685. doi:10.1038/21415.
- Zentall T. R., Wasserman E. A. (eds.). *The Oxford Handbook of Comparative Cognition*. New York, Oxford University Press, 2012. 960 p.
- Zorina Z.A., Smirnova A.A. *O chem rasskazali «govoryashchie» obez'yany: Sposobny li vysshie zhivotnyye operirovat' simvolami?* [Something to tell talking monkeys: Are higher animals operate with symbols?]. Moscow, Yazyki slavyanskikh kul'tur, 2006. 424 p.



ЭВОЛЮЦИОННЫЕ ПУТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ОСЦИЛЛЯТОРОВ

ГРЕЧЕНКО Т.Н.*, *Институт психологии РАН, Москва, Россия,*
e-mail: grecht@mail.ru

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

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

В информационных процессах, происходящих в организмах живых существ, существенную роль играют эндогенные электрические сигналы: они обнаружены у живых существ разного эволюционного уровня – от прокариот до многоклеточных эукариот. Мы предположили, что наличие эндогенных осцилляторов у индивидуальных организмов определяет способ их выживания – полностью зависимый от сообщества или частично независимый от него. Для проверки гипотезы в экспериментах регистрировали электрическую активность от индивидуальных клеток и от их сообществ у эволюционно древнейших существ: прокариот – цианобактерий *Oscillatoria terebriformis*, *Geitlerinema* sp. и *Halothese* sp., одноклеточных эукариот – дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* и инфузорий *Paramecium caudatum*, а также моллюсков *Helix pomatia* и *H. lucorum*. Результаты опытов показывают, что ключом для понимания образа жизни живых существ и организации их в сообщества может быть многообразие осцилляторов у индивидуума, их свойства и функции, которые они выполняют.

Ключевые слова: прокариоты, эукариоты, одноклеточные организмы, многоклеточные организмы, социальность, электрография, электрические осцилляторы, пейсмекеры.

Примерно с середины XIX в. основным источником сведений об эволюции жизни на Земле были палеонтология и эмбриология. Сохранившиеся в осадочных пластах Земли fossilized остатки живых существ («окаменелости») и следов их жизнедеятельности, а также повторение, до некоторой степени, в эмбриональном морфогенезе, онтогенезе в целом, эволюционной истории организмов («рекапитуляции») позволили построить развернутую картину эволюции живых существ. Наложение на эту картину результатов исследования поведения и психики существ, как эволюционно близких к человеку (приматы), так и отстоящих далеко, позволило в очень общих чертах описать эволюцию психики человека и некоторых современных ему животных, а также реконструировать отдельные стороны поведения и психики вымерших организмов и на этой основе воссоздать некоторые

Для цитаты:

Греченко Т.Н., Харитонов А.Н., Жегалло А.В. Эволюционные пути электрических осцилляторов // Экспериментальная психология. 2015. Т. 8. № 2. С. 105–118. doi:10.17759/exppsy.2015080208.

*Греченко Т.Н. Доктор психологических наук, ведущий научный сотрудник, Институт психологии РАН. E-mail: grecht@mail.ru

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

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



аспекты эволюционной истории их современных потомков (см. например: Северцов, 1922/1984; Бернштейн, 1947; Hinde, 1966).

Появление новых методов в молекулярной биологии и генетике открыло широкие возможности для исследований, предметом которых стали эволюция «репликаторов»: прежде всего, нуклеиновых кислот, а также эволюция отдельных белков, в перспективе – гормонов, нейротрансмиттеров, нейромедиаторов и других регуляторов и модуляторов активности организмов. В свою очередь, эволюция регуляторных и других систем (например, коммуникативных, когнитивных и др.) тесно связана с эволюцией морфофункциональной организации живых систем.

В своем подходе к эволюционной проблематике мы исходим из представления о психике как свойстве всех без исключения живых систем и об эволюции как о наследуемых изменениях в организации и поведении живых систем, закрепляемых не только генетически, но и эпигенетически, поведенчески, социально и рядом других способов, между собой взаимодействующих, переплетающихся и взаимосвязанных.

Мы исходим также из представления о двух основных линиях организации живых существ и их сообществ: социализации и индивидуализации. В истории жизни на Земле эти две линии тесно переплетены: одноклеточные организмы формируют все более тесно связанные сообщества и многоклеточные организмы, а многоклеточные сегодня представлены как относительно независимыми от конспецификов индивидами, так и более или менее тесно связанными социальными живыми системами – от «рыхлых» субсоциальных до эусоциальных, в которых отдельные особи, будучи изъяты из социального суперорганизма, практически не выживают.

В современной науке накоплены знания об особенностях социальной жизни существ различного уровня развития – насекомых, птиц, рыб, позвоночных животных, людей (Мантейфель, 1980; Панов, 2011; Шовен, 2012; Эспинас, 2012). Обеспечивая целостность и самовоспроизведение живых существ, социальная жизнь необходима для выживания в изменяющемся мире и поэтому обусловлена биологическими механизмами. Все чаще интересы исследователей обращаются к глубоким корням социального поведения, которое характерно и для древнейших существ Земли – цианобактерий (Олескин, 2009; Сумина, 2006). Бактериальные клетки живут почти исключительно в сообществах с другими микроорганизмами, часто в ассоциации с многоклеточными «хозяевами» и не могут существовать в виде изолированных единиц. Многие микроорганизмы создают биопленки, исследования показывают их структурную и физиологическую сложность и разнообразие (биопленки – это плотно упакованные сообщества микробных клеток, которые растут на поверхности и окружают себя секретлируемыми полимерами, см. Рыбальченко, 2003). Они действуют подобно многоклеточным организмам, использующим сложные системы межклеточной коммуникации для лучшей приспособленности к меняющимся условиям окружающей среды.

В ходе эволюции организмы выработали способность существовать в относительной независимости от общественной среды. Мы предполагаем, что *биологической предпосылкой способа выживания (зависимого или относительно независимого от сообщества) является разнообразие осцилляторных процессов*. Эта идея основывается на фактах, полученных в опытах на живых существах разной степени сложности – именно этот вид электрической активности обнаружен у древнейших микроорганизмов Земли – цианобактерий, эндогенные колебания являются первыми электрическими сигналами дифференцирующихся зигот (Кузень и др., 1980), он идентифицирован у нейронов различных отделов нервной



системы многоклеточных существ и выполняет разнообразные функции (Греченко и др., 2014; Данилова и др., 2013). Эндогенные электрические осцилляторы являются результатом внутриклеточной химической сигнализации, обеспечивающей жизнедеятельность организма (Веселкин, Наточин, 2010). Эволюция химической сигнализации шла по пути развития механизмов ее регуляции – чем сложнее информационные процессы, происходящие во внутренней среде клетки живого организма, тем шире частотный репертуар его осцилляторных систем и разнообразней паттерны их проявления, тем выше его шансы на независимое существование. От наличия эндогенных осцилляторов и их свойств зависит разнообразие и реализация поведенческих программ индивидуальных организмов (Соколов, 1974).

Для проверки гипотезы в экспериментах регистрировали электрическую активность от индивидуальных организмов и от их скопления (колонии или сообщества) у эволюционно древних существ: прокариот – цианобактерий *Oscillatoria terebriformis* и *Geitlerinema sp.* и *Halotheca sp.*, одноклеточных эукариот – дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* и инфузорий *Paramecium caudatum*, а также у моллюсков *Helix pomatia* и *Helix lucorum*.

Метод

Применялся метод регистрации электрической активности при помощи стеклянных микроэлектродов. Для работы с цианобактериями *Oscillatoria terebriformis* применяли физраствор (в граммах на литр): $\text{NaHCO}_3 - 3$, $\text{Na}_2\text{CO}_3 - 17$, $\text{K}_2\text{HPO}_4 - 0,5$, $\text{NaCl} - 30$, $\text{KNO}_3 - 2,5$, $\text{MgSO}_4 - 0,2$, $\text{CaCl}_2 - 0,04$, $\text{FeSO}_4 - 0,01$. Фрагмент цианобактериального мата, сформированного нитчатками цианобактериями *Geitlerinema sp.* и содержавшего одиночные цианобактерии *Halotheca sp.* и одноклеточные водоросли *Niscia*, исследовался в пробе воды из естественной среды обитания (оз. Дусь-Холь, 45 км. южнее г. Кызыл, Республика Тыва), представляющую собой естественный рассол – хлоридно-магниевую-натриевую рапу с минерализацией до 125 граммов на литр и более; анионы Cl (62-73), SO_4 (27-38); катионы $\text{Na}+\text{K}$ (70-76), Mg (24-29); pH раствора 7,9. Электроды заполняли 1 М раствором KCl.

В опытах на дрожжах *Saccharomyces cerevisiae* использовалась культура «диких» дрожжей, помещенных в водную среду температурой 22–25° С. Регистрация электрической активности производилась МЭ, заполненными 1 М KCl.

Электрическая активность свободноживущих инфузорий *Paramecium caudatum* регистрировалась в камере объемом 0,35 мл. При помощи микропипетки парамеций переносили в экспериментальную камеру, содержащую специальный физиологический раствор (KCl – 4 mM, CaCl – 1 mM, MgCl₂ – 5 mM, tris HCl – 1 mM. pH раствора – 7,2). Для регистрации применяли стеклянные микроэлектроды (МЭ), заполненные 0,1 М KCl. Для электрической стимуляции использовали деполяризационные импульсы тока силой 0,1–1 нА, длительностью 1000–3000 мс.

Для работы на нервной системе и полностью изолированных клетках моллюска *Helix lucorum* применяли стандартную технику микроэлектродной регистрации электрической активности нейронов. Методика подробно описана в ранее опубликованных работах (Греченко, Соколов, 1979).

Результаты

Пейсмекеры прокариот. Цианобактерии *Oscillatoria terebriformis*, *Geitlerinema sp.* и *Halotheca sp.* – фотосинтезирующие прокариоты, эволюционный возраст которых составляет около 3,5 млрд лет. В природе образуют пленки и цианобактериальные маты.



Цианобактерии могут приспосабливаться к широкому ряду изменений окружающей среды за счет большой адаптивности поведения и своего рода «социальных» отношений в формируемых ими сообществах (Сумина, 2006).

Электрофизиологические опыты позволили обнаружить информационные обмены между членами сообщества. При внутриклеточной регистрации электрической активности от индивидуальной цианобактериальной нити обнаружен стабильный уровень мембранного потенциала (МП) и частоты осцилляций, которые сохранялись в течение более 2 часов. Частота осцилляций – 0,1–0,5 Гц и амплитуда – до 50 мВ (рис. 1, б). Регистрация электрической активности макроэлектродом в цианобактериальной пленке показывает синхронизированные синусоидальные ритмы частотой от 3 Гц до 35–40 Гц. Когда деятельность членов цианобактериального сообщества направлена на решение жизненно важной задачи (например, освоение новых поверхностей, противостояние другому сообществу), их активность синхронизирована, что выражается в генерации высокоамплитудных ритмических колебаний суммарного потенциала (рис. 1, а).

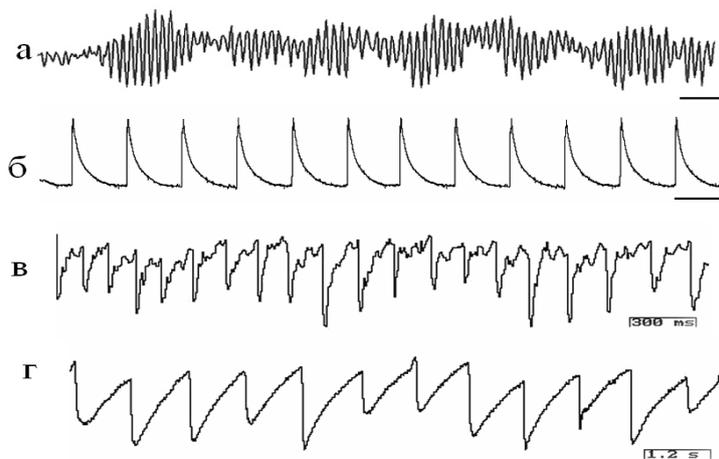


Рис. 1. Электрическая активность цианобактерий *Oscillatoria terebriformis* – суммарная (а) и внутриклеточная (б) и цианобактерий *Geitlerinema* sp. и *Halothese* sp., входивших в состав пробы цианобактериального мата, – суммарная (в) и внутриклеточная (г). Калибровка: а, б, в – 300 мс, г – 1,2 с; б – 10 мВ

За счет движения нитей и деления клеток в биопленке создаются органоподобные образования. При регистрации потенциалов в зонах, заведомо отличающихся активностью элементов, например, в области формирования тяжей (структурных элементов) и в зонах спокойствия, были получены разные по уровню синхронизированной активности явления. Чем сложнее внутренняя организация живого существа, тем в большей степени метаболические процессы отражаются в эндогенной ритмике: они актуализируются в электрической активности клеток и включают определенные системы исполнения. В наших экспериментах показано, что цианобактерии имеют чрезвычайно устойчивую внутриклеточную электрическую активность, характеризующуюся постоянством периодичности (рис. 1, а, в). Синхронизированная электрическая активность является пусковым механизмом совместной деятельности. Как показывают исследования, бактериальные биосоциальные системы характеризуются единым жизненным циклом, следовательно, их активность упорядочить



во времени проще, чем, например, у дрожжей. У эволюционно более продвинутых дрожжевых клеток внутриклеточная регистрация выявляет наличие сложных паттернов эндогенной активности (рис. 2, а, б), среди которых сложно выделить электрические процессы, выражающие циркадианные ритмы.

Пейсмейкеры дрожжей (одноклеточные эукариоты, грибы). Относительно времени появления организмов этой группы в геологической летописи Земли достоверных данных нет: вероятно, это произошло в интервале от 2 млрд до 650 млн лет назад. Размеры дрожжевых клеток обычно составляют 3–7 мкм в диаметре. Мембрана дрожжевых клеток трудно проницаема для микроэлектрода, так как содержит хитин. Осцилляции, зарегистрированные внутриклеточным микроэлектродом от индивидуальной дрожжевой клетки, характеризуются чрезвычайным разнообразием как по амплитуде, так и по форме и временной организации. На электрограммах четко различима электрическая активность осцилляторов, имеющая сложные паттерны (рис. 2, а).

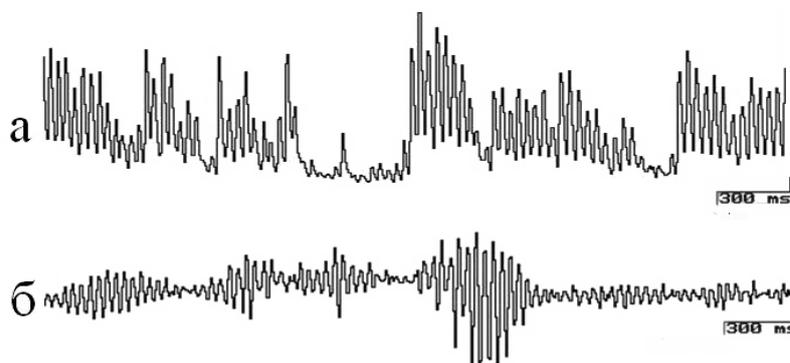


Рис. 2. Электрическая активность дрожжевых клеток *Saccharomyces cerevisiae*, отведенная внутриклеточным микроэлектродом (а) и макроэлектродом (б). Калибровка: 300 мс, 10 мВ (а), 50 мВ (б)

Паттерны активности повторяются с определенной частотой – каждый вид отличается индивидуальной периодичностью. На электрические процессы дрожжевых клеток влияют такие факторы внешней среды, как температура, состав жидкостной среды в экспериментальной камере и длительность нахождения в растворе определенного состава. Регистрация суммарной активности обнаруживает у дрожжей высокочастотный компонент до 30 Гц и низкочастотные компоненты около 0,1 Гц (существуют ритмические компоненты с частотой 1/час). В ряде случаев генерация высокочастотных колебаний развивается упорядоченно, группы следуют с частотой 0,8–0,9 Гц (рис. 2). В результате проведенных опытов показано, что величина заряда клетки изменяется в зависимости от цикла активности, осуществляемого организмом.

Пейсмейкеры парameций. Это свободноживущие одноклеточные эукариоты, наиболее древние представители которых появились примерно 2,5 млрд лет назад. Клетки имеют форму туфельки длиной 0,12–0,13 мм. Исследователями накоплен громадный материал о структуре различных клеточных элементов, свойствах электровозбудимой цитоплазматической мембраны, белковом составе и свойствах отдельных белков, входящих в систему управления двигательной активностью парameций. Микроэлектродные регистрации, предприня-



тые для исследования электрических процессов, происходящих в единственной клетке этих живых существ, позволили обнаружить взаимодействие множества эндогенных осцилляторов. Функция каждого из осцилляторов, по-видимому, связана с контролем движением определенной группы ресничек парамеции. Частота зарегистрированных колебаний – от 1/с до 50–55/с, амплитуда – от 2–3 мВ до 30 мВ (рис. 1, б). Результаты регистрации электрической активности *Paramecium caudatum* внутриклеточным микроэлектродом показали, что уровень мембранного потенциала покоя (ПП) этих существ характеризуется значительными колебаниями: обнаружены изменения от –40–45 мВ до +20 мВ, периоды стабильного значения ПП чрезвычайно короткие – в условиях проведенных опытов не более 30–70 с. Регистрируются медленные и быстрые осцилляции, как правило, одновременно активны несколько эндогенных осцилляторов. Эти данные подтверждаются и другими исследователями, экспериментировавшими на парамециях (Доронин, Зазулин, 1976). Одновременно работает два–три осциллятора, каждый из них характеризуется своей частотой, формой и амплитудой (рис. 3, а, б). Увеличение амплитуды волн эндогенной активности может приводить к генерации потенциалов действия (ПД), отличающихся амплитудой, которая, по-видимому, зависит от функциональных особенностей вызвавшего его пейсмекера.

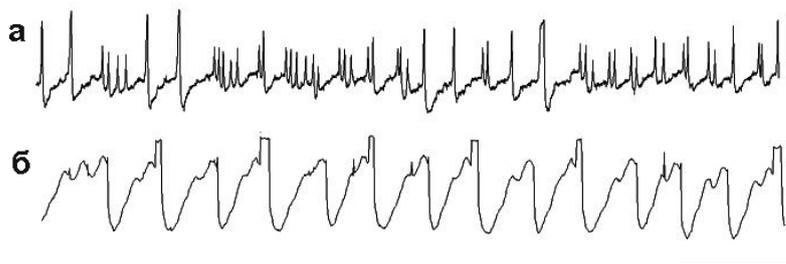


Рис. 3. Электрическая активность, зарегистрированная от инфузорий *Paramecium caudatum* внутриклеточным микроэлектродом. Показаны различные паттерны активности, отведенные от одного и того же микроорганизма в разное время опыта. Калибровка: 200 мс, 10 мВ

На электрограммах можно видеть ПД как одинаковой, так и различной амплитуды, отличающиеся единицами и даже десятками мВ (рис. 3). Частота зарегистрированных колебаний – от 0,1 Гц до 20 Гц, амплитуда – от 2–3 мВ до 50 мВ. В ряде работ показано, что движения ресничек у парамеции, расположенных в разных частях тела, различаются частотой биений более чем в два раза (Eckert, Naitoh, 1970). Анализ экспериментальных данных, полученных при изучении поведения свободно плавающих одноклеточных, позволяет сделать вывод о том, что система управления движениями должна быть многоуровневой и включать в себя рецепторное, афферентное центральное, эфферентное и эффекторное звенья. При этом роль центрального интегратора и координатора двигательного поведения может выполнять ядро клетки, тесно связанное с периферией с помощью динамичных элементов цитоскелета (Свидерский и др., 2007). Действие деполяризационного тока синхронизировало работу эндогенных осцилляторов и приводило к генерации потенциалов действия разной амплитуды. Электрическая гетерогенность одноклеточных является отражением субстанциональной и функциональной изменчивости, и эти особенности определяют существование этой клетки как самостоятельного свободно плавающего организма.

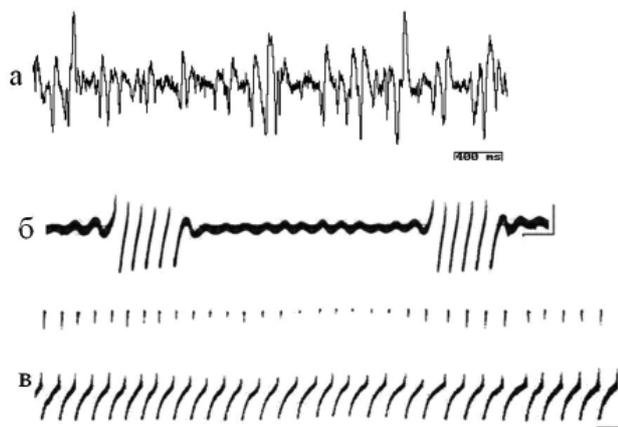


Рис. 4. Суммарная активность, зарегистрированная макроэлектродом в центральной области висцерального ганглия (а) и пейсмекерная активность изолированных нейронов моллюска *Helix lucorum* групповая (б) и регулярная (в). Калибровка: а – 400 мс, 50 мкВ; б, в – 1 с, 10 мВ.

Пейсмекеры улиток. Улитки (мы исследовали *Helix pomatia* и *Helix lucorum*) принадлежат к таксономической группе моллюсков, сформировавшейся в докембрии (более 650 млн лет назад). Все жизненно важные биологические функции многоклеточных организмов представляют собой ритмические процессы. Они осуществляются при помощи эндогенной осцилляторной активности нейронов, функции которой в нервной системе многоклеточных организмов весьма разнообразны: они отвечают за частоту сокращений сердца и дыхания, регулируют температурную чувствительность, контролируют деятельность желудочно-кишечного тракта, организуют электрическую ритмическую активность мозга, ответственны за проявление циркадианных ритмов и организацию двигательной активности, участвуют в создании энграмм памяти (Греченко, 2008). Спонтанные потенциалы действия, которые развиваются в клетках без очевидного синаптического возбуждения, были обнаружены у ряда нейронов позвоночных и беспозвоночных. Считается, что эти потенциалы действия возникают благодаря пейсмекерному механизму, который присущ данной клетке и является независимым от других нейронов. Существование эндогенной осцилляторной активности у нейронов моллюсков убедительно доказано работами Альвинг, Баумгартена и др., именно у улиток были впервые обнаружены ритмически генерирующие клетки (Arvanitaki, Chalazonitis, 1964). Опыты на полуинтактном препарате и на полностью изолированных клетках показали, что пейсмекерная электрическая активность характерна для многих нейронов ЦНС моллюсков, а функциональное разнообразие задач, в которые вовлекаются такие нейроны, исключительно велико (Литвинов, 1975). Клетки пейсмекерного типа участвуют не только в регуляции функциональных состояний, зависящих от времени суток, но и в осуществлении различных движений в качестве командных единиц. В висцеральном ганглии аплизии примерно 50–75% крупных нейронов демонстрируют спонтанные пейсмекерные разряды. Пейсмекерные разряды могут быть регулярными (ритмичный пейсмекер) или же состоять из периодических разрядов, разделенных периодами (рис. 4, б, в). С небольшими вариациями идентифицированные клетки проявляют тенденцию демонстрировать одну и ту же форму разрядов от препарата к препарату. Регистрация



суммарной электрической активности (рис. 4, а) показывает существование частот в диапазоне от 0,5 Гц до 45 Гц. Поведение улиток сложное, они достаточно легко обучаются, что привлекает к ним внимание исследователей (Жизнь животных, 1968).

Обсуждение

1. Наши опыты показали, что осцилляции, выраженные на языке электрических процессов, являются самой древней формой электрической активности – они обнаружены у цианобактерий, биологический возраст которых почти равен геологическому возрасту земли – не менее 3,5 млрд лет.

2. У цианобактерий разных видов – *Oscillatoria terebriformis*, *Geitlerinema sp.* и *Halothesa sp.* от индивидуальных клеток зарегистрированы осцилляции постоянной частоты (2–3 Гц), которая оставалась неизменной в течение нескольких часов. Регистрация электрической активности макроэлектродом в сообществе цианобактерий показывает синхронизированные квазисинусоидальные ритмы частотой от 3–5 Гц до 30–40 Гц.

3. У микроорганизмов, ведущих одиночный, независимый от конспецификов образ жизни – как, например, у инфузории *Paramecium caudatum* – от каждого индивидуума зарегистрировано множество осцилляторов, каждый из которых характеризуется особой частотой, амплитудой, паттерном и формой колебаний. Свободно живущие подвижные микроорганизмы имеют разнообразную осцилляторную электрическую активность.

4. Такие сложные существа, как моллюски имеют большое количество нервных клеток, характеризующихся наличием пейсмекерной активности. У моллюсков *Helix pomatia* и *Helix lucorum*, имеющих нервную систему, разнообразие частотных характеристик электрических осцилляций пейсмекерных нейронов чрезвычайно велико – от 0,1 Гц до 10 Гц. Поведение *Helix pomatia* и *Helix lucorum* – сложное и разнообразное.

Синхронизация индивидуальных ритмов необходима для формирования социальной структуры. Способ выживания (частично назависимый или только в сообществе) определяется особенностями осцилляторной активности – это вывод, который можно сделать на основании результатов опытов на живых существах разного эволюционного уровня. Цианобактерии и дрожжи (грибы) ведут малоподвижный образ жизни. Чтобы выжить в агрессивной среде, цианобактерии формируют сообщества разной степени связности (био пленки, цианобактериальные маты), а дрожжевые клетки остаются относительно независимыми, но при этом формируют большую группу. Это позволяет таким организмам синхронизировать свои осцилляторы и осуществлять целенаправленное поведение. Когда деятельность членов сообщества направлена на решение жизненно важной задачи (например, освоение богатых пищей территорий, противостояние другому сообществу), то электрическая активность многих членов сообщества синхронизируется и это выражается в генерации высокоамплитудных ритмических колебаний суммарного потенциала. Осцилляции, зарегистрированные из зон, отличающихся активностью микроорганизмов, различны по частоте и амплитуде синхронизированной суммарной активности. Чем менее активен локус био пленки или мата, тем меньше выражена синхронизация осцилляций по частоте и тем ниже амплитуда колебаний. Эти результаты подтверждаются данными, полученными на других микробных пленках. Используя мультиэлектродную систему, имеющую высокое разрешение, исследовали электрическую активность двух видов микроорганизмов, строящих пленку, и одного – не создающего таковой. Частота потенциалов действия, зарегистрированных во время строительства пленки бактериального роста, показала однопериодный максимум с длительным последствием, что соответствует самому высокому уровню



развития пленки. Такой пик не наблюдался в микробной среде, не производящей пленки (Masi et al., 2015). У многоклеточных организмов клетки – носители генетически заданной пейсмеркерной программы – становятся структурообразующими элементами, формирующими вокруг себя систему синаптически связанных клеток, от их собственных «врожденных» свойств зависят многие особенности создаваемых нейронных систем, а следовательно, и поведенческих особенностей организма. Каждый осциллятор реализует определенную поведенческую программу. С повышением сложности внутриклеточных коммуникаций происходит и увеличение числа пейсмеркеров, проявляющихся в электрической активности и поведении микроорганизма (примером могут быть парамеции). Сложность поведения зависит от числа осцилляторов, которые определяют свободный (относительно независимый) способ выживания.

Характеристики осцилляций влияют на развитие социальности. Прокариоты демонстрируют разнообразное поведение, предполагающее информативные коммуникационные связи и имеют сложные сигнальные механизмы для адаптации к изменениям температуры, осмотического давления, рН, количеству питательных веществ и другим существенным для их жизни свойствам окружающей среды. Одним из механизмов межклеточного взаимодействия прокариот является система, состоящая из белкового рецептора, чувствительного к определенному сигналу, и регулятора ответа, который контролирует экспрессию нужных генов (Смольская, Песнякевич, 2006). В данном случае контроль регуляции генов осуществляется посредством небольших диффузионных молекул-феромонов (Duan et al., 2009). Такие сигнальные молекулы позволяют индивидуальным бактериальным клеткам начать совместное действие тогда, когда будет достигнута пороговая плотность бактериальной популяции (кворум) (Lyop, 2007). Как показывают эксперименты, во время формирования колоний бактерии генерируют множество сигналов разной физической природы, среди которых весьма существенную роль играют электрические осцилляции, характеризующие определенные виды метаболических процессов этих существ (Masi et al., 2015).

В наших экспериментах показано, что цианобактерии имеют чрезвычайно устойчивую индивидуальную электрическую активность, для которой характерно постоянство периодичности. Цианобактерии выживают только в сообществе, и синхронизированная электрическая активность является пусковым механизмом совместной деятельности. Если по каким-то причинам синхронизации не происходит, члены сообщества погибают. Как показывают исследования, бактериальные биосоциальные системы характеризуются единым жизненным циклом, следовательно, их активность упорядочить во времени проще, чем, например, у дрожжей. У эволюционно более продвинутых дрожжевых клеток (одноклеточных эукариот – грибов) внутриклеточная регистрация выявляет наличие сложных паттернов эндогенной активности, среди которых трудно выделить электрические процессы, отражающие повторяющиеся ритмы. Это происходит также по причине множественности осцилляторов, имеющих в каждой дрожжевой клетке.

Объединившись в колонии или пленки, живая система микросуществ ведет себя подобно многоклеточному организму или социальному сообществу повышенной сложности. В естественных условиях роста бактерии живут в иерархически построенных сообществах (Сумина, 2006). Принято считать, что основным регулятором жизнедеятельности сообщества является «чувство кворума» (ранее известное для бактериальных культур как «плотностная зависимость»), которым бактерии пользуются, чтобы инициировать изменение поведения в зависимости от плотности бактериального населения. Чтобы решить новую проблему, они оценивают ее через коллективное чувство, реализуют индивидуальную сохра-



ненную информацию о прошлом опыте и затем осуществляют информационный процесс, распределенный по бактериям внутри колонии (10^9 – 10^{12} индивидуумов), создавая своеобразный «супермозг» (Ben-Jacob, 2003). Затем, благодаря механизму синхронизации, объединяют усилия для решения жизненно важной задачи. Этот процесс совершается путем морфологического усложнения колонии через иерархический временно-пространственный паттерн. Высокая сложность колонии обеспечивает степень пластичности и гибкости, требуемую для лучшей колониальной адаптации к динамичной окружающей среде. У прокариот, имеющих ограниченные биологические возможности, возникает своеобразное решение проблем, возникающих из-за их примитивного внутреннего устройства – они объединяются, создавая временный функционально специализированный «супермозг». Согласно нашим данным, работа такого образования основана на координированной синхронизированной осцилляторной активности членов сообщества.

Чем разнообразнее индивидуальные осцилляторы микроорганизма, тем меньше он нуждается в поддержке общества. Примером может быть свободноживущая инфузория, имеющая множество эндогенных осцилляторов. Дальнейшее развитие электрически выраженных осцилляций связано с появлением многоклеточных существ, нервная система которых содержит нейроны со встроенными генераторами (Соколов, 2003). Эти нейроны, выполняющие разнообразные функции, организуют и двигательную, и когнитивную деятельность высокоразвитых живых существ, включая человека (Данилова и др., 2013). Многоклеточные организмы координируют свою деятельность и развитие посредством сложных взаимодействий составляющих их клеток. Структурная и физиологическая сложность биопленки приводит к мысли о том, что она является координированной и кооперированной системой, аналогичной мультিকлеточному организму. Микроорганизмы создают объединения, которые характеризуются электрической активностью, имеющей такие же частоты, как мозг человека (Греченко и др., 2013). Тогда можно предположить, что формирование колонии, пленки или мата происходит для того, чтобы создать «объединенный разум», достаточный для выработки стратегии поведения колонии в определенной жизненной ситуации. Отметим, что индивидуальные ритмы прокариот единообразны, мала вариативность частоты генерации.

У живых существ, имеющих сложную нервную систему, синхронизация осцилляторов существенна при выполнении действий, направленных на общие для участников цели. Например, в опытах на японских куропатках обнаружено, что если отклоняющихся по времени проявления активного поведения птенцов вводили в группу с отличающейся от них по времени активностью, то группа их отвергала (Formanek et al., 2011). Результаты экспериментов на людях показывают, что при взаимодействии участников во время решения задачи для достижения общей цели осцилляторная активность определенных областей мозга синхронизируется и ее всплески ассоциируются с действиями партнеров (Funane et al., 2011). Эта активность по поводу достижения цели проходит на фоне синхронизированной активности определенных областей мозга каждого из участников. Следовательно, индивидуальная эндогенная ритмика предсказывает возможность социальной интеграции индивидуума.

Финансирование

Госзадание ФАНО РФ, №№ 0159-2015-0012 и 0159-2015-0004.



Литература

- Бернштейн Н.А. О построении движений. М.: Медгиз. 1947. 254 с.
- Веселкин Н.П., Наточин Ю.В. Принципы организации и эволюции систем регуляции функций // Журн. эвол. биохим. и физиол. 2010. Т. 46. № 6. С. 592–603.
- Греченко Т.Н. Пейсмекерная активность нейронов: происхождение и функции // Нейрон / Под ред. А.М. Черноризова, Е.Н. Соколова, В.А. Филиппова. Тюмень: Изд. Тюменского Гос. университета, 2008. 324 с.
- Греченко Т.Н., Жегалло А.В., Харитонов А.Н. Коммуникации прокариот // Естественно-научный подход в современной психологии. М.: Изд. Института психологии РАН, 2014. С. 246–258.
- Греченко Т.Н., Жегалло А.В., Харитонов А.Н. Частотный анализ электрической активности микроорганизмов // Эволюционная и сравнительная психология в России: традиции и перспективы. М.: Институт психологии РАН, 2013. 201 с.
- Греченко Т.Н., Соколов Е.Н. Изолированная сома нейрона как объект электрофизиологических исследований // Биол. науки. 1979. № 9. С. 5–22.
- Данилова Н.Н., Ушакова Т.Н., Волков Г.В., Плигина А.М., Страбыкина Е.А. Отображение семантических категорий в электрической активности мозга // Экспериментальная психология. 2013. Т. 6. № 4. С. 5–21.
- Доронин В.К., Зазулин С.В. Гетерогенность внутриклеточных потенциалов инфузории *Spirostomum ambiguum* // Журн. Эволюц. Биохим. Физиол. 1976. Т. 12. № 6. С. 539–543.
- Жизнь животных: в 6 т. Т. 2 Моллюски // Под ред. Л.А. Зенкевича. М.: Просвещение, 1968. 608 с.
- Кузень С.И., Санагурский Д.И., Мурацки И.Г., Гойда О.А. Изменения трансмембранного потенциала развивающегося эмбриона вьюна при действии инсулина, торможении транскрипции и трансляции // Биофизика. 1980. Т. 25. № 4. С. 658–663.
- Литвинов Е.Г. Пейсмекерный потенциал в организации дуги безусловного рефлекса // Пейсмекерный потенциал нейрона / Под ред. Е.Н. Соколова, Н.Н. Тавхелидзе. Тбилиси: Мецниереба, 1975. С. 130–176.
- Мантейфель Б.П. Экология поведения животных. М.: Наука. 1980. 220 с.
- Олескин А.В. Биосоциальность одноклеточных (на материале исследований прокариот) // Журнал общей биологии. 2009. Т. 70. № 3. С. 225–238.
- Панов Е.Н. Индивидуальное – коллективное – социальное в природе и в обществе. Бегство от одиночества. М.: Изд. ЛКИ, 2011. 640 с.
- Рыбальченко О.В. Морфо-физиологические аспекты взаимодействий микроорганизмов в микробных сообществах: автореф. ... докт. биол. наук. СПб., 2003.
- Свидерский В.Л., Лобзин Ю.В., Горелкин В.С., Плотникова С.И. Двигательная активность инфузорий: теоретические и прикладные аспекты // Эволюц. биохим. физиол. 2007. Т. 43. № 5. С. 379.
- Северцов А.Н. Эволюция и психика (1922) // Психологический журнал. 1984. Т. 5. № 4. С. 149–159.
- Смольская С.В., Песнякевич А.Г. Механизмы межклеточных взаимодействий у прокариот // Труды Белорусского Государственного Университета. Серия: физиологические, биохимические и молекулярные основы функционирования биосистем. 2006. Т. 1. Ч. 1. С. 42–55.
- Соколов Е.Н. Восприятие и условный рефлекс: Новый взгляд. М.: УМК «Психология», 2003. 287 с.
- Соколов Е.Н. Физиология высшей нервной деятельности. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1974. Ч. 1.
- Сумина Е.Л. Поведение нитчатых цианобактерий в лабораторной культуре // Микробиология. 2006. Т. 75. № 4. С. 532–537.
- Шовен Р. Поведение животных. М.: Книжный дом «Либроком», 2009. 488 с.
- Эспинас А. Социальная жизнь животных. Опыт сравнительной психологии. М.: Книжный дом «Либроком», 2012. 320 с.
- Arvanitaki A., Chalazonitis N. Inhibitory processes of «intrinsically generated current» of low frequency from autorythmic neurons // C. R. Sciences Soc. Biol. Fil. 1964. Vol. 158. P. 1674–1677.
- Ben-Jacob E. Bacterial self-organization: co-enhancement of complexification and adaptability in a dynamic environment // Philos. Trans. R. Soc. Lond. A. 2003. Vol. 361 (1807). P. 1283–1312.
- Duan K., Sibley C.D., Davidson C.J., Surette M.G. Chemical interactions between organisms in microbial communities // Contrib. Microbiol. 2009. № 16. P. 1–17.
- Eckert R., Naitoh Y. Passive electrical properties of paramecium and problems of ciliary coordination // General Physiology. 1970. Vol. 55. P. 467–482.



- Formanek L., Richard-Yris M.A., Houdelier C., Lumineau S. Rhythmic birds show a better social integration than arrhythmic birds // *Chronobiol. Int.* 2011. Vol. 28 № 1. P. 48–57.
- Funane T., Kiguchi M., Atsumori H., Sato H., Kubota K., Koizumi H. Synchronous activity of two people's prefrontal cortices during a cooperative task measured by simultaneous near-infrared spectroscopy // *J. Biomed. Opt.* 2011. Vol. 16. № 7. 077011. doi: 10.1117/1.3602853.
- Hinde R. *Animal Behavior*. N. Y.: McGraw-Hill, 1966. P. 337–349.
- Lyon P. From quorum to cooperation: lessons from bacterial sociality for evolutionary theory // *Stud. Hist. Philos. Biol. Biomed. Sci.* 2007. Vol. 38. № 4. P. 820–833.
- Masi E., Ciszak M., Santopolo L., Frascella A., Giovannetti L., Marchi E., Viti C., Mancuso S. Electrical spiking in bacterial biofilms // *J. R. Soc. Interface.* 2015. Vol. 12. № 102. 20141036. doi: 10.1098/rsif.2014.1036.

EVOLUTIONARY PATHS OF ELECTRIC OSCILLATORS

GRECHENKO T.N.*, *Institute of Psychology RAS, Moscow, Russia,*

e-mail: grecht@mail.ru

KHARITONOV A.N.**, *Center for Experimental Psychology MSUPE, Institute of Psychology RAS, Moscow, Russia,*

e-mail: ankhhome47@list.ru

ZHEGALLO A.V.***, *Center for Experimental Psychology MSUPE, Institute of Psychology RAS, Moscow, Russia,*

e-mail: zhegs@mail.ru

The endogenous electrical signals play an important role in information processes occurring in living systems. They are found in living beings of different evolutionary levels from prokaryotes to multicellular eukaryotes. We hypothesized that the presence and variety of endogenous oscillators in individual organisms are connected with the way they survive, i.e. totally dependent on the community or partially independent of it. To test the hypothesis, we recorded electrical activity from individual cells and their communities in experiments with the earliest evolutionary beings, prokaryotes: cyanobacteria *Oscillatoria terebriformis*, *Geitlerinema* sp. and *Halothece* sp., the unicellular eukaryotes: yeast *Saccharomyces cerevisiae* and ciliates *Paramecium caudatum*, as well as from shellfish *Helix pomatia* and *H. lucorum*. The experimental results suggest that the variety of oscillators in the individual, the properties and functions that they perform, may provide a key to understanding the individual/social organization of living systems.

Keywords: prokaryotes, eucaryotes, unicellular organisms, multicellular organisms, sociality, electrography, electrical oscillators, pacemakers.

Funding

The study was supported by the State, projects FASO RF ##0159-2015-0012 and 0159-2015-0004.

For citation:

Grechenko T.N., Kharitonov A.N., Zhegallo A.V. Evolutionary paths of electric oscillators. *Eksperimental'naya Psikhologiya = Experimental Psychology (Russia)*, 2015, vol. 8, no. 2, pp. 105–118 (In Russ., abstr. in Engl.). doi:10.17759/exppsy.2015080208

**Grechenko T.N.* Dr. Sci. in Psychology, Leading Research Fellow, Institute of Psychology RAS. E-mail: grecht@mail.ru.

***Kharitonov A.N.* Cand. Sci. in Psychology, Leading Research Fellow, Center for Experimental Psychology MSUPE, Research Fellow, Institute of Psychology RAS. E-mail: ankhhome47@list.ru.

****Zhegallo A.V.* Cand. Sci. in Psychology, Senior Research Fellow, Center for Experimental Psychology MSUPE, Research Fellow, Institute of Psychology RAS. E-mail: zhegs@mail.ru.



References

- Arvanitaki A., Chalazonitis N. Inhibitory processes of «intrinsically generated current» of low frequency from autorythmic neurons. *C. R. Sciences Soc. Biol. Fil.*, 1964, vol. 158, pp. 1674–1677.
- Ben-Jacob E. Bacterial self-organization: co-enhancement of complexification and adaptability in a dynamic environment. *Philos. Trans. R. Soc. Lond.*, 2003, vol. 361 (1807), pp. 1283–1312.
- Bernshtejn N.A. *O postroenii dvizhenij* [Construction of movement]. Moscow, Medgiz Publ., 1947 (In Russ.).
- Danilova N.N., Ushakova T.N., Volkov G.V., Pligina A.M., Strabykina E.A. Otobrazhenie semanticheskikh kategorij v elektricheskoy aktivnosti mozga [Displaying semantic categories in brain electrical activity]. *Ekspiermental'naja psihologija* [Experimental Psychology (Russia)], 2013, vol. 6, no. 4, p. 5–21 (In Russ., abstr. in Engl.).
- Doronin V.K., Zazulin S.V. Geterogenost' vnutrikletochnyh potencialov infuzorii Spirostomum ambiguum [Geterogeneity of intracellular potentials in infusoria Spirostomum ambiguum]. *Zhurn. Evoluc. Biohim. Fiziol.* [J. Evol. Biochem. and Physiol.], 1976, vol. 12, no. 6, pp. 539–543.
- Duan K., Sibley C.D., Davidson C.J., Surette M.G. Chemical interactions between organisms in microbial communities. *Contrib. Microbiol.*, 2009, no. 16, pp. 1–17.
- Eckert R., Naitoh Y. Passive electrical properties of paramecium and problems of ciliary coordination. *General Physiology*, 1970, vol. 55, p. 467–482.
- Espinas A. *Social'naja zhizn' zhivotnyh. Opyt sravnitel'noj psihologii* [Social life of animals. An essay in comparative psychology]. Moscow, «Librokom» Editorial House, 2012. 320 pp. (In Russ.).
- Formanek L., Richard-Yris M.A., Houdelier C., Lumineau S. Rhythmic birds show a better social integration than arrhythmic birds. *Chronobiol. Int.*, 2011, vol. 28, no. 1, pp. 48–57.
- Funane T., Kiguchi M., Atsumori H., Sato H., Kubota K., Koizumi H. Synchronous activity of two people's prefrontal cortices during a cooperative task measured by simultaneous near-infrared spectroscopy. *J. Biomed. Opt.* 2011, vol. 16, no. 7. 077011. doi: 10.1117/1.3602853.
- Grechenko T.N. Pejsmekernaja aktivnost' neyronov: proishozhdenie i funkcii [Pacemaker activity of neurons: genesis and functions]. In A.M. Chernorizov, E.N. Sokolov, V.A. Filippov (eds), *Nejron* [Neuron]. Tyumen, Tyumen State University Publ., 2008, p. 324 (In Russ.).
- Grechenko T.N., Zhegallo A.V., Kharitonov A.N. Chastotnyj analiz elektricheskoy aktivnosti mikroorganizmov [Analysis of frequencies of electric activity in microorganisms]. *Evoljucionnaja i sravnitel'naja psihologija v Rossii: tradicii i perspektivy* [Evolutionary and comparative psychology in Russia: traditions and prospects]. Moscow, Institute of Psychology RAS Publ., 2013, p. 201 (In Russ.).
- Grechenko T.N., Zhegallo A.V., Kharitonov A.N. Kommunikacii prokariot [Communication in prokaryotes]. *Estestvenno-nauchnyj podhod v sovremennoj psihologii* [Natural science approach in psychology]. Moscow, Institute of Psychology RAS Publ., 2014, p. 246–258 (In Russ.).
- Grechenko T.N., Sokolov E.N. Izolirovannaya soma neyrona kak ob'ekt elektrofiziologicheskikh issledovanij [Isolated neuron body as an object of electrophysiological studies]. *Biol. nauki* [Biological Sciences], 1979, no. 9, pp. 5–22.
- Hinde R. *Animal Behavior*. N.Y.: McGraw-Hill, 1966. P. 337–349.
- Kuzen' S.I., Sanagurskij D.I., Murashhik I.G., Gojda O.A. Izmenenija transmembrannogo potenciala razvivajushhegosja embriona v'juna pri dejstvii insulina, tormozhenii transkripcii i transljaciji [Changes of transmembrane potential in the developing embryo of loach]. *Biofizika* [Biophysics], 1980, vol. 25, no. 4, pp. 658–663 (In Russ.).
- Litvinov E.G. Pejsmekernyj potencial v organizacii dugi bezuslovnogo refleksa [Pacemaker potential in the organization of the unconditional reflex arch]. In E.N. Sokolov, N.N. Tavhelidze (eds.), *Pejsmekernyj potencial neyrona* [Pacemaker potential of neuron]. Tbilisi, Mecniereba, 1975, pp. 130–176 (In Russ.).
- Lyon P. From quorum to cooperation: lessons from bacterial sociality for evolutionary theory. *Stud. Hist. Philos. Biol. Biomed. Sci.* 2007, vol. 38, no. 4, pp. 820–833.
- Manteifel' B.P. *Ekologija povedenija zhivotnyh* [Ecology of animal behavior]. Moscow, Nauka, 1980. 220 pp. (In Russ.).
- Masi E., Ciszak M., Santopolo L., Frascella A., Giovannetti L., Marchi E., Viti C., Mancuso S. Electrical spiking in bacterial biofilms. *J. R. Soc. Interface*, 2015, no. 12 (102), 20141036. doi: 10.1098/rsif.2014.1036.
- Oleskin A.V. Biosocial'nost' odnokletochnykh (na materiale issledovanij prokariot) [Biosociality of unicellular organisms (prokaryotes)]. *Zhurnal obshhej biologii* [J. of General Biology], 2009, vol. 70, no. 3,



pp. 225–238 (In Russ.).

Panov E. N. *Individual'noe – kollektivnoe – social'noe v prirode i v obshchestve. Begstvo ot odinochestva* [Individualistic – collectivistic – social in nature and society: An escape from loneliness], Moscow, LKI Publ., 2011. 640 pp. (In Russ.).

Rybal'chenko O. V. *Morfo-fiziologicheskie aspekty vzaimodejstvij mikroorganizmov v mikrobnnyh soobshhestvah: avtoref. ... dokt. biol. nauk.* [Morpho-physiological aspects of interaction of microorganisms in microbial societies. Synopsis of doctoral dissertation in biology]. St. Peterburg, 2003.

Severtsov A. N. *Evoljucija i psihika (1922)* [Evolution and mind (1922)]. *Psihologicheskij zhurnal* [Psychological Journal]. 1984, vol. 5, no. 4, pp. 149–159.

Shoven R. *Povedenie zhivotnyh* [Animal behavior]. Moscow, «Librokom» Editorial House, 2009. 488 pp. (In Russ.).

Smol'skaja S. V., Pesnjakevich A. G. *Mehanizmy mezhkletchnykh vzaimodejstvij u prokariot* [Mechanisms of intercellular interaction in prokaryotes]. *Trudy Belorusskogo Gosudarstvennogo Universiteta. Serija: fiziologicheskie, biohimicheskie i molekulyarnye osnovy funkcionirovanija biosistem.* [Proceedings of Belarus State University, Ser.: Physiological, Biochemical and Molecular Basis of Biosystem Functioning], 2006, vol. 1, part 1, pp. 42–55 (In Russ.).

Sokolov E. N. *Vosprijatie i uslovnyj refleks: Novyj vzgljad* [Perception and conditioned reflex]. Moscow, UMK «Psihologija», 2003. 287 pp. (In Russ.).

Sokolov E. N. *Fiziologija vysshey nervnoj deyatel'nosti* [Physiology of Higher Nervous Activity]. Moscow, Moscow University Publ., 1974. Part 1.

Sumina E. L. *Povedenie nitchatyh cianobakterij v laboratornoj kul'ture* [Behavior of filamentous cyanobacteria in laboratory culture]. *Mikrobiologija* [Microbiology]. 2006, vol. 75, no. 4, pp. 532–537 (In Russ.).

Sviderskij V. L., Lobzin Ju. V., Gorelkin V. S., Plotnikova S. I. *Dvigatel'naja aktivnost' infuzorij: teoreticheskie i prikladnye aspekty* [Locomotory activity of infusoria: theoretical and applied aspects]. *Evoljuc. biohim. fiziol.* [Evolutionary Biochemistry and Physiology], 2007, vol. 43, no. 5, p. 379 (In Russ.).

Veselkin N. P., Natochin Yu. V. *Principy organizacii i evoljucii sistem reguljacii funkcij* [Principles of organization and evolution of regulatory system of function]. *Zhurn. evol. biohim. i fiziol.* [J. Evol. Biochem. and Physiol.], 2010, vol. 46, no. 6, pp. 592–603 (In Russ.).

Zhizn' zhivotnyh [Life of Animals], vol. 2, Molljuski [Mollusks], L. A. Zenkevich (ed.). 1968. Moscow, Prosvshchenie Publ. (In Russ.).



СХЕМА СОБСТВЕННОГО ТЕЛА У ЗМЕЙ *LAMPROPELTIS TRIANGULUM CAMPBELLI*

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

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

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

Схема собственного тела у змей *Lampropeltis triangulum campbelli* изучалась с помощью методики, в которой животным было необходимо учитывать увеличенные границы собственного тела при нахождении пути движения через отверстия различных диаметров в экспериментальной установке. Границы тела змей увеличивались путем скармливания им кормовых объектов – мышей. В результате эксперимента было установлено, что при увеличении границ тела таким образом, что это мешало змеям двигаться по ранее выученному пути, животные способны формировать новое научение, адекватное изменившейся ситуации. Однако животные не смогли перенести данный опыт в новую ситуацию при последующем изменении расположения отверстий в экспериментальной установке.

Ключевые слова: самоотражение, схема тела, змеи, пресмыкающиеся, членистоногие, крысы, филогенез психики.

Введение

При ориентации в окружающем пространстве для осуществления локомоции и манипуляции животным необходимо учитывать физические характеристики собственного тела (границы, объем, массу) и соотносить их с физическими характеристиками внешних объектов. Иначе говоря, животным необходимо «принимать себя в расчет» (Столин, 1983). Человек и другие приматы осуществляют этот процесс преимущественно с опорой на зрение – для нас зрительная система является ведущей при построении когнитивной репрезентации внешнего мира и самих себя. Поэтому одним из существенных критериев сознания считается способность узнавать собственное отражение в зеркале. Этот феномен, начиная с классических экспериментов Г. Гэллага (Gallup, 1970), активно исследуется на детях и на детенышах других млекопитающих. На сегодняшний день установлен факт наличия способности к самоузнаванию у понгид, макак-резусов, слонов, дельфинов, касаток и сорок (подробнее см.: Хватов, 2013). Следует отметить, что данный метод подвергается существенной критике: во-

Для цитаты:

Хватов И. А., Соколов А. Ю., Харитонов А. Н. Схема собственного тела у змей *Lampropeltis triangulum campbelli* // Экспериментальная психология. 2015. Т. 8. № 2. С. 119–130. doi:10.17759/exppsy.2015080209.

*Хватов И. А. Кандидат психологических наук, доцент, кафедра 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; ведущий научный сотрудник, Центр экспериментальной психологии МГППУ. E-mail: ankhome47@list.ru



первых, его трудно применять по отношению к животным, у которых зрительная модальность не является ведущей (например, к большинству млекопитающих; см.: Bekoff, 2001), во-вторых, как животные, так и человек могут и не проявлять интереса к отметкам, наносимым на тело, что используется в таких исследованиях как один из основных экспериментальных приемов (Asendorpf et al., 1996), в-третьих, дискуссионным остается вопрос о том, действительно ли самоузнавание в зеркале свидетельствует о самосознании (там же).

В рамках близкого направления исследований изучается «схема тела» человека и других животных (Herzmann et al., 2001; Maravita, Iriki, 2004). Схема тела – это совокупность 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). Ранее было показано, что животные способны включать в схему собственного тела внешние объекты (Maravita, Iriki, 2004).

Более 10 лет одним из авторов данной статьи разрабатывается концепция самоотражения животных и человека (Хватов, 2010; 2014), базирующаяся на онтологическом подходе (Барабанщиков, 2002). В рамках данной концепции схема тела рассматривается как один из продуктов процесса самоотражения. Самоотражение определяется как процесс и результат отражения субъектом своей внутренней объективной реальности: характеристик своего организма, а также, если речь идет о человеке, своих свойств в качестве участника социальных процессов. Самоотражение рассматривается системно, в контексте своей взаимосвязи с отражением внешней среды, как двух элементов единого психического отражения индивидом акта своего со-бытия с окружающей объективной реальностью.

Авторским коллективом настоящей статьи было дано целостное описание процесса развития самоотражения в ходе филогенеза животных (Хватов, 2010; 2014), а также в рамках филогенеза отдельных крупных таксонов (Хватов и др., 2013b; 2014). Также был проведен ряд экспериментальных исследований особенностей процесса самоотражения и схемы тела у отдельных видов животных (Хватов, 2010; 2011; Хватов, Харитонов, 2012; 2013; Хватов и др., 2013a; 2014a; 2014b). В частности, нами была разработана и прошла успешную апробацию оригинальная экспериментальная методика изучения особенностей схемы тела у малоизученной в этом отношении группы – змей (Хватов и др., 2015). В рамках настоящей работы с помощью этой методики было осуществлено полномасштабное исследование схемы собственного тела у королевских змей (*Lampropeltis triangulum campbelli*).

Гипотеза исследования. Мы полагаем, что при изменении границ тела змей таким образом, что данные изменения будут препятствовать осуществлению животным ранее выученного поведения, данные животные модифицируют схему своего тела, что будет выражаться в том, что они модифицируют свое прежнее поведение с учетом изменений собственного тела.

Цель исследования: изучить влияние объективных изменений границ тела змей на специфику их схемы собственного тела.

Методика исследования

Испытуемые животные: 18 змей: 6 самцов и 10 самок королевской змеи *Lampropeltis triangulum campbelli*. Возраст змей – около 6 месяцев. Змей подбирались по размеру таким образом, что максимальный диаметр сечения тела у них составлял около 12–13 мм, поскольку этого требовали условия экспериментальной методики.



Для данного вида змей является экологичным роющее поведение, они предпочитают находиться в темном и влажном окружении.

Животные были разделены на 2 группы: экспериментальную (8 особей) и контрольную (8 особей).

Оборудование. Экспериментальная установка представляет собой стеклянный ящик с двумя отсеками (рис. 1).

- Отсек А – пусковая камера 310×390 мм. Пол покрыт шпатовой и мраморной окатанной галькой белого цвета (для удобства различения змей на субстрате при видеосъемке).

- Отсек Б – «влажная» камера (укрытие) 250×390 мм. В качестве субстрата использовалась сосновая кора-мульча, сфагнум, крошка кокосовой коры. Субстрат увлажнялся исходно и затем дополнительно каждые 2 дня. В этом отсеке располагалась поилка. Стены и потолок отсека с внешней стороны были окрашены черной светонепроницаемой краской, благодаря чему в нем постоянно поддерживался низкий уровень освещенности.

Камеры разделены между собой стеклянной перегородкой, также окрашенной в черный цвет. В перегородке имеются три круглых отверстия диаметром 70 мм, расположенных на уровне 5 мм от пола. Диаметр отверстий можно варьировать с помощью дополнительных вставок.

В эксперименте использовались отверстия трех диаметров:

- *большое отверстие* (D=70 мм, без вставки) – в данное отверстие змея могла проникнуть без затруднений даже после проглатывания пищи (далее – L);

- *среднее отверстие* (вставка с отверстием D=14 мм) – в данное отверстие змея проникала без затруднений за исключением случаев, когда ее тело было увеличено после заглатывания пищи (далее – M);

- *малое отверстие* (вставка с отверстием D=8 мм) – в данное отверстие змея проникнуть не могла (далее – S).

Температурный режим. Эксперимент проводился при стандартных условиях обогрева. Область обогрева была оборудована с помощью термокабеля, пропущенного под террариумом, ее площадь составляла около 1/3 задней части отсека Б, температура 30–32°C. Температура в остальной части террариума составляла 25–26°C.

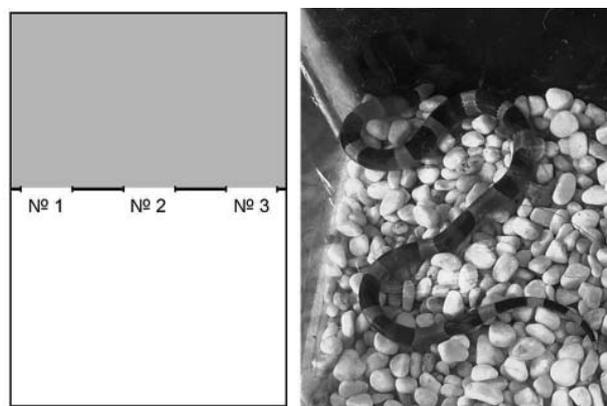


Рис. 1. Слева – Схема экспериментальной установки: внизу отсек А (светлый),верху отсек Б (темный); номерами обозначены отверстия (см. в тексте). Справа – змея, совершающая попытку проникновения во «влажную» камеру экспериментальной установки



Процедура эксперимента. Перед началом эксперимента змея в течение семи дней содержалась в экспериментальной установке с тремя отверстиями типа М.

В начале каждой пробы змея помещалась в центр отсека А. Нахождение на жестком субстрате в светлом помещении, лишенном каких-либо укрытий, являлось отрицательной стимуляцией для животного, и оно стремилось покинуть отсек А и проникнуть в отсек Б («влажную» камеру) через одно из трех отверстий (рис. 1). Время пробы не ограничивалось; проба считалась завершенной, когда змея осуществляла успешную попытку проникновения во «влажную» камеру через отверстие L или M, т. е. когда ее тело полностью покидало пусковую камеру. Между экспериментальными пробами внутри серии выдерживался временной интервал в 15 минут.

Все экспериментальные серии проводились последовательно с каждой змеей из обеих групп по отдельности.

Эксперимент состоял из трех серий, каждая по 20 проб (табл. 1).

Таблица 1

Схема организации эксперимента

Серии	Группы	
	Экспериментальная	Контрольная
№ 1	Отверстия: №1 – М; №2 – S; №3 – S. Границы тела – естественные	
№ 2	Отверстия: №1 – М; №2 – S; №3 – L. Границы тела – измененные	Отверстия: №1 – S; №2 – S; №3 – М. Границы тела – естественные
№ 3	Отверстия: №1 – L; №2 – S; №3 – М. Границы тела – измененные	Отверстия: №1 – М; №2 – S; №3 – S. Границы тела – естественные



Серия № 1. Ставилась задача сформировать у змей обеих выборок навык проникать в отсек Б через отверстие № 1 (лишь оно имело достаточный диаметр для проникновения через него тела животного). О формировании навыка должно было свидетельствовать сокращение времени решения задачи, а также уменьшение количества попыток проникновения в отверстия № 2 и № 3.

Серия № 2. Спустя 24 часа после окончания серии № 1 у змей экспериментальной выборки увеличивались границы тела, благодаря чему они были неспособны проникнуть целиком в отверстие типа М, и, соответственно, могли покинуть пусковую камеру лишь через отверстие типа L. Границы тела животного увеличивались благодаря скармливанию змее кормового объекта – мышцы субадультного возраста (длина тела – около 5 см). Кормление осуществлялось в отсеке № 2, после кормления до начала экспериментальной серии был выдержан временной промежуток в 12 часов. Проглоченный кормовой объект располагался в желудке змеи (начало второй половины длины тела) благодаря чему сечение тела увеличивалось, делая невозможным проникновение в отверстия типа М. Ставилась задача выявить, смогут ли змеи при условии увеличения границ их тела до такого размера, что решение прежней задачи ранее выученным способом (проникновение в отсек № 2 через отверстие № 1) окажется невозможным, модифицировать собственное поведение для достижения желаемого результата, т.е. найти новый путь в отсек Б. О формировании навыка должно было свидетельствовать сокращение времени решения задачи, а также уменьшение количества попыток проникновения в отверстия № 1 и № 2.

В контрольной выборке границы тела змей оставались неизменными, однако отверстие № 1, через которое в предыдущей серии у них был сформирован навык покидания пускового отсека, делалось непроницаемым (S), проницаемым (M) делалось отверстие № 3. Ставилась задача выявить, смогут ли змеи при условии неизменности физических параметров тела, но изменении условий внешней среды, найти новый путь в отсек Б. Полученные данные (по количеству проникновений в отверстия и времени решения экспериментальной задачи) сопоставлялись с данными, полученными на змеях экспериментальной выборки в этой же серии, чтобы установить, по-разному ли влияет на поведение змей ситуация невозможности реализации ранее сформированного навыка, создаваемая изменением параметров тела в экспериментальной группе и изменением параметров внешней среды в контрольной группе.

Серия № 3. Проводилась спустя 3 часа после окончания серии № 2 и при условии, что к концу серии № 2 у испытуемых обеих выборок удалось сформировать новый навык проникновения в отсек Б через отверстие № 3.

В экспериментальной группе ставилась задача установить, как быстро и после какого количества ошибок (попыток проникновения в слишком маленькие для их тел отверстия) змеи смогут сформировать новый навык проникновения в отсек Б через отверстие № 1 при условии, что границы тела останутся увеличенными, но размер отверстия № 3 уменьшится до М, т.е. станет непроницаемым для их тела. О формировании навыка должно было свидетельствовать сокращение времени решения задачи, а также уменьшение количества попыток проникновения в отверстия № 2 и № 3.

В контрольной выборке границы тела оставались неизменными, расположение отверстий было идентично тому, что было в серии № 1. Ставилась задача, смогут ли змеи сформировать новый навык проникновения в отсек Б при условии неизменности границ их тела. Полученные данные (по количеству проникновений в отверстия и времени решения экспе-



риментальной задачи) сопоставлялись с данными, полученными на змеях экспериментальной выборки в этой же серии.

Гипотеза исследования могла считаться подтвержденной в том случае, если испытуемые экспериментальной выборки в серии № 3 совершали достоверно меньше попыток проникновения в отверстия типа М, чем в серии № 2 в аналогичные отверстия. Это свидетельствовало бы о том, что при формировании навыка змеи не только выучивали новое расположение отверстий, но и начинали учитывать увеличение границ собственного тела, т.е. модифицировали собственную схему тела. Дополнительным основанием подтверждения гипотезы можно было считать более быстрое формирование навыка в серии № 3, нежели в серии № 2, у испытуемых экспериментальной выборки.

Аппаратура. Поведение животных в процессе эксперимента фиксировалось с помощью видеокамеры (Sony HDR-CX405), для фиксации временных интервалов использовался таймер видеозаписи данной камеры.

Регистрируемые показатели.

- Время (в секундах) решения экспериментальной задачи в каждой пробе от момента помещения змеи в пусковую камеру до момента полного проникновения животного во влажную камеру через одно из отверстий;
- Количество попыток проникновений (успешных и неуспешных) в различные типы отверстий отдельно для каждого отверстия в каждой пробе и отдельно для каждой змеи в каждой пробе. За одну попытку проникновения считались ситуации, когда змея погружала голову в отверстие типа М или L хотя бы на несколько миллиметров, а также ситуации, в которых змея прижималась мордой к отверстию типа S, совершая в направлении него ундуляционные (извивающиеся) движения телом.

Особое внимание было уделено неуспешным попыткам проникновения в отверстия типа М, совершенным змеями экспериментальной группы с увеличенными границами тела в сериях № 2 и № 3, что объяснялось их существенным разнообразием. В ходе предварительных пилотажных исследований было установлено, что эти попытки имеют значительный разброс по продолжительности (от 52 с до 1 с), а также имеют разнообразные поведенческие проявления.

- В одних случаях змеи проникали в отверстия глубоко (часто до области желудка с проглоченным кормовым объектом), при этом либо совершая интенсивные ундуляционные движения в направлении отверстия, либо совершая возвратно-поступательные движения частью тела, находящейся в отверстии, но при этом не покидая его целиком. Такие проникновения, как правило, занимали длительные временные промежутки. Такие попытки в дальнейшем будут называться **длительными попытками проникновения**. Обратим внимание, что сходные длительные попытки проникновения ранее наблюдались у крыс с увеличенными границами головы, когда эти животные, стремясь достать приманку, максимально глубоко проникали в отверстия, совершая при этом буксирующие движения лапами в направлении отверстия, а также могли осуществлять возвратно-поступательные движения головой (Хватов и др., 2014b).

- В других случаях змеи проникали в отверстие только головой или частью головы, не достигая области с проглоченным кормовым объектом, и завершали попытку. Эти проникновения, как правило, занимали короткие временные промежутки. Такие попытки в дальнейшем будут называться **краткими попытками проникновения**. Также обратим внимание, что сходные попытки проникновения обнаруживались у крыс с увеличенными



границами головы, в ходе которых животные проникали в отверстие лишь передней частью морды, не совершая буксирующих движений лапами (у крыс такие попытки проникновения были названы ориентировочными проникновениями в отверстия).

Соответственно, для дальнейшего разделения попыток проникновения на длительные и краткие фиксировались следующие показатели неуспешных попыток проникновения в отверстия типа М, совершенных испытуемыми экспериментальной выборки в каждой пробе серий № 2 и № 3.

- Длительность каждой попытки проникновения (в секундах), считавшаяся от момента, когда змея погружала голову в отверстие хотя бы на несколько миллиметров, до момента, когда змея полностью вынимала голову из отверстия.

- Глубина проникновения в отверстие. Для большей объективности использовалась дихотомическая шкала на основе анатомических характеристик животного: проникает ли в отверстие только голова животного, что было характерно для кратких попыток, или же змея проникала в отверстие глубже, что было характерно для длительных попыток.

На основе этих критериев все вышеописанные попытки были дифференцированы на длительные и краткие и отдельно зарегистрированы в каждой пробе серий № 2 и 3 у испытуемых экспериментальной группы.

Также в ходе пилотажных исследований было установлено, что в рамках одной пробы частота встречаемости длительных и кратких попыток проникновения оказывалась не одинаковой. Максимально за одну пробу змея с увеличенными границами тела могла совершить до 10 неудачных попыток проникновения в отверстия типа М. При этом длительные попытки проникновения чаще встречались в начале пробы, краткие – в конце. Длительные попытки проникновения занимают больше времени и требуют больших физических усилий. Мы предположили, что у змей с увеличенными границами тела о формировании навыка решения экспериментальной задачи свидетельствуют не только количественные данные (снижение времени, затрачиваемого на решение задачи и снижение количества ошибочных попыток проникновения), но и изменение качества ошибочных попыток проникновения в отверстия типа М – уменьшение доли длительных попыток проникновения и возрастание доли кратких в рамках каждой отдельной пробы.

Соответственно, у животных экспериментальной группы в сериях № 2 и 3 фиксировалась последовательность распределения длительных и кратких попыток проникновения в отверстия типа М в рамках каждой пробы в отдельности.

Переменные.

Независимые переменные:

- границы тела испытуемых змей: естественные или увеличенные;
- диаметр отверстий в перегородке, разделяющей отсеки А и Б экспериментальной установки.

Зависимые переменные:

- время решения экспериментальной задачи в каждой пробе;
- количество неуспешных попыток проникновения в отверстия типов S и М (в том числе, количество длительных и кратких попыток проникновения у испытуемых экспериментальной группы в сериях № 2 и № 3).

Побочные переменные:

- пол испытуемых змей. Отметим, что в ходе эксперимента не было выявлено значимых различий между самцами и самками ни по одному из фиксируемых показателей.



Статистические критерии и статистические гипотезы.

1. Для выявления формирования навыка по показателю времени решения задачи использовался Т-критерий Вилкоксона ($n=20$; $p<0,01$). Сопоставлялись временные показатели решения экспериментальной задачи испытуемыми конкретной группы на 1-й и 20-й пробах. В качестве типичного сдвига бралось сокращение времени.

2. Для выявления формирования навыка по критерию количества проникновений в отверстия использовался критерий χ^2 ($df=2$; $p<0,01$). Сопоставлялись распределения попыток проникновения в каждое из трех отверстий за первые 5 проб и последние 5 – в конкретной серии у конкретной группы. H_0 : распределения не различаются. H_1 : распределения различаются между собой при том, что на последних 5 пробах змеи чаще совершают попытки проникновения в непроницаемые отверстия и реже – в непроницаемые.

3. Для сопоставления экспериментальной и контрольной выборок по показателю времени решения задачи использовался U-критерий Манна–Уитни ($n_1=8$; $n_2=8$; $p<0,01$). Сопоставлялись общее время решения экспериментальной задачи за 20 проб конкретной серии у животных экспериментальной и контрольной выборок. H_0 : испытуемые ни одной из выборок не затратили больше времени на решение экспериментальной задачи в конкретной серии. H_1 : испытуемые одной из выборок затратили больше времени на решение экспериментальной задачи, чем испытуемые другой выборки в конкретной серии.

4. Для сопоставления экспериментальной и контрольной выборок по показателю количества попыток проникновения в различные отверстия использовался критерий χ^2 ($df=2$; $p<0,01$). Сопоставлялись распределения попыток проникновения в каждое из трех отверстий за все пробы конкретной серии у животных экспериментальной и контрольной выборок. H_0 : распределения не различаются. H_1 : распределение экспериментальной выборки отличается от распределения контрольной выборки.

5. Для сопоставления динамики решения задач в разных сериях по показателю времени у испытуемых конкретной группы использовался Т-критерий Вилкоксона ($n=20$; $p<0,01$). Сопоставлялось среднее время решения задачи (восьмью змеями конкретной выборки) в каждой пробе в двух экспериментальных сериях. H_0 : между двумя сериями в конкретной группе отсутствуют значимые сдвиги по времени решения задачи. H_1 : между двумя сериями в конкретной группе имеются значимые сдвиги по времени решения задачи.

6. Для сопоставления долей неуспешных попыток проникновения в отверстия типа М в общем числе попыток проникновения, совершенных испытуемыми экспериментальной выборки в сериях № 2 и № 3 использовался критерий χ^2 ($df=2$; $p<0,01$). Сопоставлялись распределения попыток проникновения в отверстия типов S, М и L (безотносительно их положения в экспериментальной установке) за все пробы у испытуемых экспериментальной выборки в сериях № 2 и № 3. H_0 : распределения не различаются. H_1 : распределение в серии № 2 отличается от распределения в серии № 3.

7. Для разделения всех неудачных попыток проникновения в отверстия типа М, совершенных испытуемыми экспериментальной выборки в сериях № 2 и № 3, на длительные и краткие был применен кластерный анализ по методу k-средних с выделением двух кластеров. Переменные для кластеризации: длительность попытки проникновения (в секундах), глубина проникновения в отверстие; была проведена предварительная стандартизация данных.

8. Полученные в результате кластерного анализа длительные и краткие попытки проникновения были разбиты на 10 разрядов в зависимости от того, какими по счету они явля-



лись в рамках последовательности проникновений, совершенных в каждой отдельной пробе серий № 2 и № 3. Эмпирические распределения длительных и кратких попыток проникновения были сопоставлены с помощью критерия χ^2 ($df=9$; $p<0,01$). H_0 : распределения не различаются. H_1 : эмпирическое распределение порядковых номеров длительных проникновений отличается от эмпирического распределения порядковых номеров кратких проникновений.

9. Для сопоставления распределений длительных и кратких попыток проникновения, совершенных испытуемыми экспериментальной группы в сериях № 2 и № 3 использовался критерий χ^2 ($df=1$; $p<0,01$). H_0 : распределения не различаются. H_1 : эмпирическое распределение в серии № 2 отличается от эмпирического распределения в серии № 3.

Все расчеты (за исключением кластерного анализа) проводились для испытуемых каждой группы в каждой из трех экспериментальных серий.

Математический анализ осуществлялся с помощью программы Statistica 8.

Результаты

Серия № 1. У испытуемых обеих групп от 1-й к 20-й пробе наблюдалось снижение времени решения экспериментальной задачи (рис. 2) (в экспериментальной выборке: Тест Вилкоксона $T=0$; $Z=2,52$; $n=8$; $p<0,01$, в контрольной выборке: $T=0$; $Z=2,52$; $n=8$; $p<0,01$). Среднее время решения экспериментальной задачи на 1-й пробе в экспериментальной группе составило 234 с ($SD=17,8$), в контрольной группе – 229 с ($SD=16,9$). Среднее время решения экспериментальной задачи на 20-й пробе в экспериментальной группе составило 12 с ($SD=1,7$), в контрольной группе – 11 с ($SD=1,6$). По показателям времени решения экспериментальной задачи испытуемые экспериментальной и контрольной выборок не отличались друг от друга (Тест Манна–Уитни $U=16,5$; $n_1=8$; $n_2=8$; $p>0,05$).

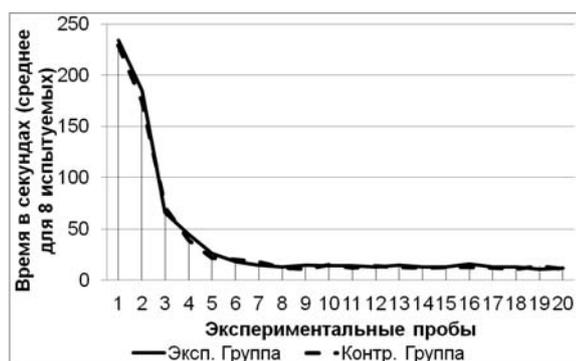


Рис. 2. Кривые научения контрольной и экспериментальной групп в серии № 1. Показано среднее время решения задачи в каждой пробе для восьми испытуемых в каждой группе. К концу пробы испытуемые обучались, так как для решения задачи им требовалось значительно меньше времени, нежели в начале серии (Тест Вилкоксона; $p<0,01$)

В экспериментальной и контрольной группах к концу серии змеи стали чаще совершать попытки проникновения в отверстия № 1 и реже – в отверстия № 2 и № 3 (рис. 3). В экспериментальной выборке на первых 5 пробах серии доля попыток проникновения в отверстие № 1 составляла 21%, на последних 5 пробах – 87%; $\chi^2=74,7$; $df=2$; $p<0,01$. В контрольной выборке на первых 5 пробах серии доля попыток проникновения в отверстие № 1 составляла 23%, на последних 5 пробах – 91%; $\chi^2=69,7$; $df=2$; $p<0,01$.

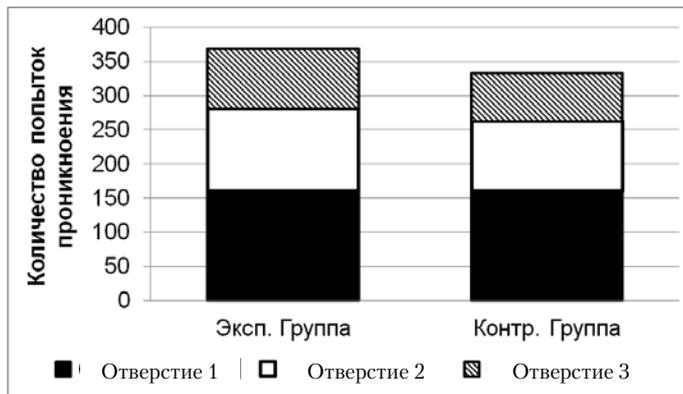


Рис. 3. Распределения общего количества проникновений в различные отверстия в контрольной и экспериментальной группах в серии № 1. Распределения не имеют достоверных отличий друг от друга ($\chi^2=1,7$; $df=2$; $p>0,05$)

Серия № 2. У испытуемых обеих групп от 1-й к 20-й пробе наблюдалось снижение времени решения экспериментальной задачи (рис. 4) (в экспериментальной выборке: $T=0$; $Z=2,52$; $n=8$; $p<0,01$, в контрольной выборке: $T=0$; $Z=2,52$; $n=8$; $p<0,01$). Среднее время решения экспериментальной задачи на 1-й пробе в экспериментальной группе составило 420 с ($SD=25,6$), в контрольной группе – 219 с ($SD=15,2$). Среднее время решения экспериментальной задачи на 20-й пробе в экспериментальной группе составило 21 с ($SD=7,4$), в контрольной группе – 13 с ($SD=1,5$). При этом на решение экспериментальной задачи испытуемые экспериментальной группы затратили больше времени, нежели испытуемые контрольной группы ($U=0$; $n_1=8$; $n_2=8$; $p<0,01$). Также змеи экспериментальной выборки в серии № 2 тратили больше времени на решение экспериментальной задачи, нежели в серии № 1 ($T=7,5$; $Z=3,64$; $n=20$; $p<0,01$), у испытуемых контрольной выборки таких различий между сериями не было выявлено ($T=102$; $Z=0,11$; $n=20$; $p>0,05$).

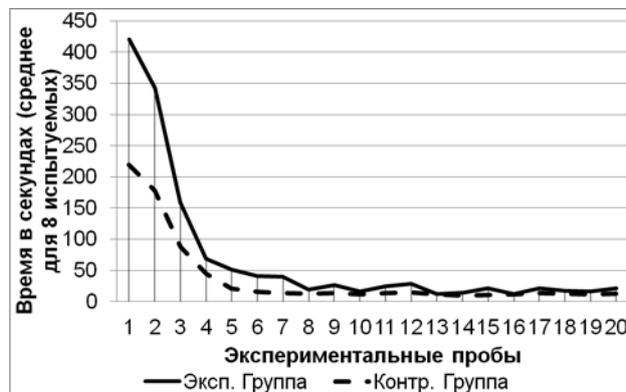


Рис. 4. Кривые научения контрольной и экспериментальной групп в серии № 2. Показано среднее время решения задачи в каждой пробе для восьми испытуемых в каждой группе. К концу пробы испытуемые обучались, так как для решения задачи им требовалось значительно меньше времени, нежели в начале серии (Тест Вилкоксона; $p<0,01$)



В экспериментальной и контрольной группах к концу серии змеи стали чаще совершать попытки проникновения в отверстия № 3 и реже в отверстия № 1 и № 2. В экспериментальной выборке на первых 5 пробах серии доля попыток проникновения в отверстие № 1 составляла 14%, на последних 5 пробах – 87%; $\chi^2=112,7$; $df=2$; $p<0,01$. В контрольной выборке на первых 5 пробах серии доля попыток проникновения в отверстие № 1 составляла 23%, на последних 5 пробах – 95%; $\chi^2=76,5$; $df=2$; $p<0,01$ (рис. 5). При этом распределение попыток проникновения в три отверстия во всех пробах серии № 2 у испытуемых экспериментальной группы отличается от аналогичного распределения у испытуемых контрольной группы ($\chi^2=18,5$; $df=2$; $p<0,01$). В частности, доля неуспешных попыток проникновения в отверстие № 1 (через это отверстие испытуемые покидали пусковую камеру в предыдущей серии) за все 20 проб серии № 2 у испытуемых экспериментальной выборки составляет 43%, а у испытуемых контрольной выборки – 29%. Змеи экспериментальной выборки чаще совершали попытки проникновения в отверстие № 1.

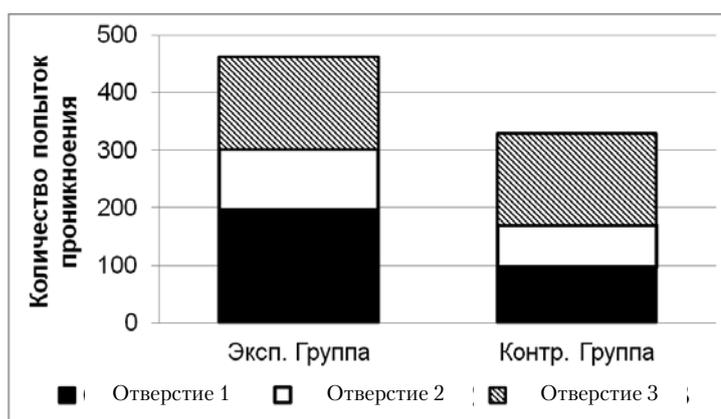


Рис. 5. Распределения общего количества проникновений в различные отверстия в контрольной и экспериментальной группах в серии № 2. Распределения достоверно отличаются друг от друга ($\chi^2=18,5$; $df=2$; $p<0,01$)

Серия № 3. У испытуемых обеих групп от 1-й к 20-й пробе наблюдалось снижение времени решения экспериментальной задачи (рис. 6) (в экспериментальной выборке: $T=0$; $Z=2,52$; $n=8$; $p<0,01$, в контрольной выборке: $T=0$; $Z=2,52$; $n=8$; $p<0,01$). Среднее время решения экспериментальной задачи на 1-й пробе в экспериментальной группе составило 402 с ($SD=25,7$), в контрольной группе – 215 с ($SD=17,4$). Среднее время решения экспериментальной задачи на 20-й пробе в экспериментальной группе составило 16 с ($SD=2,0$), в контрольной группе – 12 с ($SD=2,0$). Как и в предыдущей серии, на решение экспериментальной задачи испытуемые экспериментальной группы затратили больше времени, нежели испытуемые контрольной группы ($U=0$; $n_1=8$; $n_2=8$; $p<0,01$). Однако временные интервалы, затраченные змеями экспериментальной выборки на решение экспериментальной задачи в серии № 3, не изменились в сравнении с интервалами, затраченными этими же змеями в серии № 2 ($T=104$; $Z=0,04$; $n=20$; $p>0,05$), аналогичная ситуация обнаруживается и в контрольной выборке ($T=62$; $Z=0,31$; $n=20$; $p>0,05$).

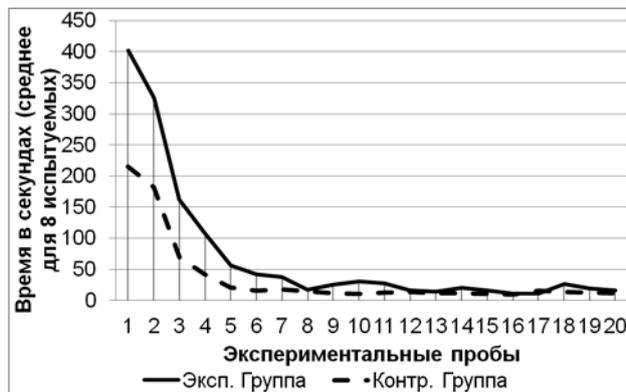


Рис. 6. Кривые научения контрольной и экспериментальной групп в серии № 3. Показано среднее время решения задачи в каждой пробе для восьми испытуемых в каждой группе. К концу пробы испытуемые обучались, так как для решения задачи им требовалось значительно меньше времени, нежели в начале серии (Тест Вилкоксона; $p < 0,01$)

В экспериментальной и контрольной группах к концу серии змеи стали чаще совершать попытки проникновения в отверстие № 1 и реже – в отверстия № 2 и № 3. В экспериментальной выборке на первых 5 пробах серии доля попыток проникновения в отверстие № 1 составляла 15%, на последних 5 пробах – 82%; $\chi^2 = 101,1$; $df = 2$; $p < 0,01$. В контрольной выборке на первых 5 пробах серии доля попыток проникновения в отверстие № 1 составляла 21%, на последних 5 пробах – 87%; $\chi^2 = 68,5$; $df = 2$; $p < 0,01$ (рис. 7). Как и в предыдущей серии, распределение попыток проникновения в три отверстия во всех пробах серии № 2 у испытуемых экспериментальной группы отличается от аналогичного распределения у испытуемых контрольной группы ($\chi^2 = 12,3$; $df = 2$; $p < 0,01$). В частности, доля неуспешных попыток проникновения в отверстие № 1 (через это отверстие испытуемые покидали пусковую камеру в предыдущей серии) за все 20 проб серии № 2 у испытуемых экспериментальной выборки составляет 44%, а у испытуемых контрольной выборки – 34%.

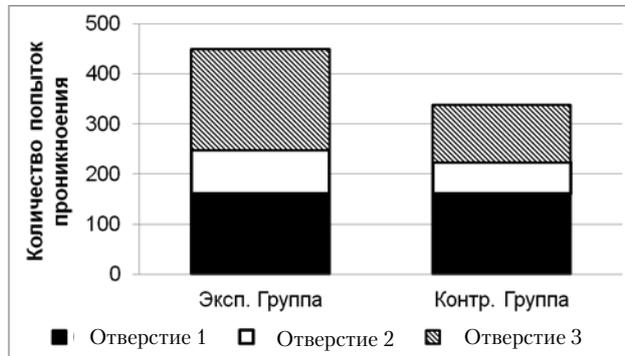


Рис. 7. Распределения общего количества проникновений в различные отверстия в контрольной и экспериментальной группах в серии № 3. Распределения достоверно отличаются друг от друга ($\chi^2 = 12,3$; $df = 2$; $p < 0,01$)

У испытуемых экспериментальной выборки не было выявлено значимых различий в распределениях количества проникновений, совершенных в отверстия типов S, M и L,



между экспериментальными сериями № 2 и № 3 ($\chi^2=1,6$; $df=2$; $p>0,05$). В частности, в третьей серии не снизилась доля неуспешных попыток проникновения в отверстия типа М: в серии № 2 их доля составила 43%, в серии № 3 – 45%.

Длительные и краткие попытки проникновения в отверстия типа М наблюдались у испытуемых экспериментальной выборки в сериях № 2 и № 3. Всего за последние 2 серии у испытуемых экспериментальной выборки было зафиксировано 398 неудачных попыток проникновения в отверстия типа М. Результаты кластерного анализа приведены в табл. 2 и 3.

Таблица 2

Группа «Длительных попыток проникновения», выделенная в результате кластерного анализа методом k-средних (в таблице приведены данные после проведения стандартизации)

Переменные	Среднее	Станд. откл.	DX
Длительность попытки проникновения	0,79	0,60	0,37
Глубина проникновения	0,89	<0,01	<0,01

Таблица 3

Группа «Кратких попыток проникновения», выделенная в результате кластерного анализа методом k-средних (в таблице приведены данные после проведения стандартизации)

Переменные	Среднее	Станд. откл.	DX
Длительность попытки проникновения	-1,00	0,07	<0,01
Глубина проникновения	-1,12	<0,01	<0,01

К группе длительных попыток проникновений было отнесено 222 попытки, средняя длительность попытки проникновения – 25 с; ($SD=7,61$), все проникновения были глубокими – в отверстие проникала как голова змеи, так и значительная часть тела (рис. 8). К группе кратких проникновений было отнесено 176 попыток, средняя длительность попытки проникновения – 2,4 с ($SD=0,90$), все попытки проникновения были неглубокими – в отверстие проникала лишь часть головы змеи.

Длительные попытки проникновения преобладали в начале пробы, в то время как краткие чаще наблюдались в конце пробы ($\chi^2=64,2$; $df=9$; $p<0,01$). При этом, как правило, краткие попытки совершались серией (из 3–4 попыток), идущей вслед за несколькими длительными попытками проникновения. Часто после нескольких длительных попыток проникновения змея в течение нескольких секунд быстро перемещалась по всей пусковой камере и лишь затем совершала краткие попытки проникновения. Отметим, что также краткие (по времени в несколько секунд) попытки проникновения змеи совершали и в отверстия типа S. Аналогичные попытки проникновения наблюдались и у испытуемых контрольной группы в сериях № 2 и № 3. Особенно отчетливо данная закономерность проявлялась на первых 5 пробах данных серий.

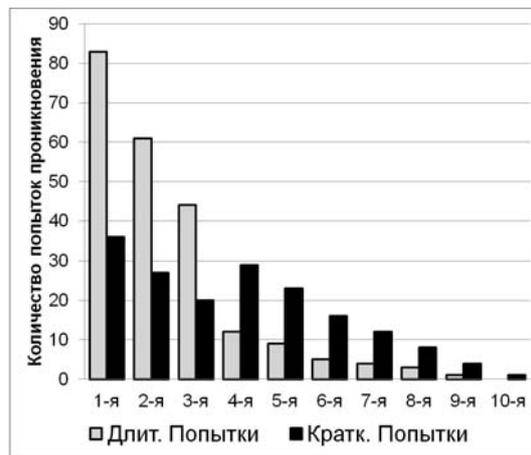


Рис. 8. Распределения частот встречаемости длительных и кратких попыток проникновения в отверстия типа М в рамках одной пробы у змей экспериментальной группы в сериях № 2 и № 3. Распределения достоверно отличаются друг от друга

Соотношения длительных и кратких попыток проникновения, совершенных в сериях № 2 и № 3 не имеют достоверных отличий друг от друга ($\chi^2=0,001$; $df=1$; $p>0,05$).

Обсуждение результатов

Полученные результаты свидетельствуют, что у змей обеих групп успешно складывался навык решения экспериментальной задачи. Причем в каждой серии навык формировался заново, как при изменении границ тела, так и при изменении схемы расположения отверстий, о чем свидетельствует факт того, что в начале каждой серии у животных возрастало как время решения экспериментальной задачи, так и количество неуспешных попыток проникновения в непроницаемые отверстия.

В серии № 3 при ориентации в экспериментальной установке змеи экспериментальной выборки не научились учитывать факт изменения границ собственного тела. Навык решения экспериментальной задачи формировался у них «с нуля»: пресмыкающиеся совершали такое же количество неуспешных попыток проникновения в отверстия типа М, как и в предыдущей серии.

Однако прежде чем переходить к выводам, обсудим соотношение длительных и кратких попыток проникновения в отверстия типа М, продемонстрированных испытуемыми экспериментальной группы в сериях № 2 и № 3. Тот факт, что первые (в рамках каждой пробы) попытки проникновения чаще являлись длительными, а завершающие пробу попытки – напротив, краткими, является свидетельством динамики научения змей в рамках каждой отдельной пробы. Иначе говоря, к концу пробы змеи тратили меньше времени и усилий на попытки проникновения в непроницаемые для них отверстия типа М. Мы полагаем, что этот факт свидетельствует о том, что к концу каждой пробы у змей происходила определенная перестройка психического отражения собственного события со средой проблемной ситуации.

Необходимо обратить внимание, что сходные длительные и краткие попытки проникновения наблюдались в эксперименте по изучению способности крыс учитывать изменение границ собственного тела (Хватов и др., 2014b). В этом эксперименте крысам также необходимо было проникать мордой в различные по диаметру отверстия (трех типов, аналогичных тем, что использовались в настоящем эксперименте, с учетом размеров тела крысы) для



достижения приманки. Эксперимент состоял из 5 серий: увеличение границ тела животных было произведено перед началом 2-й серии, а в следующих трех сериях происходило варьирование расположения отверстий в экспериментальной установке. У крыс длительные попытки проникновения, сопровождавшиеся «буксующими» движениями лап в направлении отверстия, за весь эксперимент наблюдались только на первых 5 пробах серии № 2 (всего в серии было также 20 проб), количество кратких попыток проникновения оставалось стабильным на протяжении всех последующих проб. Этот факт был объяснен тем, что в отличие от длительных попыток проникновения, при осуществлении кратких попыток, крыса не стремилась проникнуть в отверстие и достать приманку, но лишь кинестетически обследовала отверстие, определяя его диаметр, а также обнаруживала место расположения приманки. Соответственно, краткие проникновения осуществляли только ориентировочную функцию. Мы полагаем, что в нашем эксперименте у змей краткие попытки проникновения выполняли эту же функцию. Однако если у крыс происходило изменение схемы собственного тела, что выражалось в том, что грызуны более не совершали длительных попыток проникновения в отверстия, непроницаемые для их увеличенного тела, даже при изменении схемы экспериментальной установки, то у змей, как мы уже отмечали, в серии № 3 подобного переноса опыта обнаружено не было. Напротив, у пресмыкающихся соотношения длительных и кратких попыток проникновения в сериях № 2 и № 3 не имеют существенных отличий друг от друга.

В более ранних исследованиях способности учитывать параметры собственного тела членистоногими – тараканами *Periplaneta americana* (Хватов, 2011) и *Nauphoeta cinerea*, а также сверчками *Gryllus assimilis* (Хватов и др., 2013b), в которых в экспериментальной группе животных также увеличивались границы тела насекомых, а в контрольной изменялась схема отверстий в экспериментальной установке, были получены совершенно иные результаты. Во-первых, неуспешные попытки проникновения в ранее проницаемые отверстия у этих насекомых не удалось разделить на длительные и краткие. Во-вторых, членистоногие, как при изменении границ тела, так и при изменении размера отверстий, демонстрировали одинаковое поведение. У змей же увеличение границ тела вызвало большие затруднения, нежели изменение диаметра отверстий, ранее являвшихся проницаемыми. Об этом свидетельствуют большие временные промежутки, затраченные на решение задачи, и большее количество неудачных попыток проникновения в отверстия № 1 и № 3 в сериях № 2 и № 3 соответственно, наблюдавшиеся у испытуемых экспериментальной группы в сравнении с испытуемыми контрольной группы.

Обозначим различия в поведении вышеописанных групп животных при решении задачи на учет физических параметров собственного тела (табл. 4).

Таблица 4

Сопоставление способов решения задачи на способность учитывать изменение границ собственного тела у различных животных

Критерии сопоставления	Животные		
	Насекомые	Крысы	Змеи
Обнаруживаются ли различия при решении задачи в случае изменения границ тела и в случае изменения характеристик внешней среды?	Нет	Да	Да
Выделяются ли краткие и длительные попытки проникновения?	Нет	Да	Да
Отсутствуют ли длительные попытки проникновения при последующем изменении характеристик внешней среды?	–	Да	Нет



С позиции разрабатываемой нами концепции самоотражения животных и человека (Хватов, 2010; 2014) возникшую в результате подобного сравнения картину можно проинтерпретировать следующим образом. В психике насекомых схема тела в качестве самостоятельной автономной структурной единицы еще не выделяется. Однако осуществлять какую бы то ни было поведенческую активность без учета характеристик собственного тела невозможно. У насекомых отражение характеристик собственного тела существует в неразрывном единстве с отражением внешних условий (схемы расположения отверстий в экспериментальной установке). Можно утверждать, что субъективно они воспринимают лишь собственную «неспособность» проникнуть в отверстие, но не воспринимают, чем обусловлена эта неспособность: изменениями их собственного тела или изменениями внешней среды. Поэтому, сталкиваясь с такой «неспособностью», насекомые полностью перестраивают психическое отражение собственного со-бытия с внешним миром вместе с восприятием собственного тела и восприятием внешней среды, т.е. выстраивают полностью новый навывк – «с нуля».

С другой стороны, у крыс схема тела уже обособляется в самостоятельный когнитивный конструкт и, будучи сформирована в рамках одного события (в рамках связи с одними характеристиками внешней среды), может быть экстраполирована за его пределы и включена в рамки других событий (в связи с другими характеристиками внешней среды). Соответственно, у крыс в сравнении с членистоногими психический образ имеет большую дифференцированность и гибкость организации, что позволяет использовать элементы ранее сформированных навыков для выстраивания новых и благодаря этому экономить время и совершать меньше ошибок. Это соответствует общему представлению о направлениях эволюции психики у представителей разных эволюционных таксонов (Хватов, 2012а; 2012б).

Психика змей, при данном ракурсе рассмотрения, по своей форме организации представляет собой промежуточный вариант между психикой членистоногих и психикой крыс (млекопитающих). Во-первых, змеи не только отражают собственную «неспособность» проникнуть в отверстие, но также по-разному реагируют на то, из-за чего возникает эта «неспособность»: за счет увеличения границ тела или за счет изменений диаметра отверстий в экспериментальной установке. Во-вторых, схема тела этих пресмыкающихся, хотя и довольно тесно слита с отражением конкретных внешних условий, все же может быть экстренно модифицирована, что, соответственно, ведет к изменению поведения. Однако такая модификация осуществляется лишь в рамках весьма узкой (по времени и пространству) событийной ситуации – в нашем случае речь идет об отдельной экспериментальной пробе. Перенос этих изменений схемы тела в более отдаленные событийные ситуации (в другие экспериментальные пробы) оказывается невозможным.

Полученные в настоящем исследовании результаты показывают, что у змей, как представителей класса пресмыкающихся, обнаруживаются предпосылки дифференциации схемы собственного тела и схемы внешней среды в рамках целостного психического отражения организмом собственного со-бытия с внешней средой. Этот процесс дифференциации является магистральной линией развития самоотражения у позвоночных и в наиболее явной форме обнаруживается у млекопитающих и птиц. Полученные результаты нуждаются в дополнительной проверке на материале поведения других пресмыкающихся в аналогичных экспериментальных условиях.



Выводы

Мы можем заключить, что гипотеза исследования была подтверждена частично. С одной стороны, змеи оказались способны модифицировать собственную схему тела, что выразилось в изменении их поведения с учетом увеличенных границ собственного тела путем научения. С другой стороны, поскольку у змей схема собственного тела неотделима от их восприятия предметного контекста ситуации, формирование нового навыка обязательно требует перестройки и восприятия внешней среды и восприятия собственного тела.

Финансирование

Работа поддержана грантом РГНФ № 14-06-00669, тип проекта – а.

Литература

- Барабанщиков В.А.* Восприятие и событие. СПб.: Алетейя, 2002. 512 с.
- Столин В.В.* Самосознание личности. М.: Издательство Московского Университета, 1983. 284 с.
- Хватов И.А.* Главные направления эволюции психики в контексте онтологического и дифференционно-интеграционного подходов. Часть 1 [Электронный ресурс] // Психологические исследования. 2012а. № 1 (21). С. 1. URL: <http://psystudy.ru/index.php/num/2012n1-21/622-khvaton21.html> (дата обращения: 22.09.2014). doi:0421200116/0001.
- Хватов И.А.* Главные направления эволюции психики в контексте онтологического и дифференционно-интеграционного подходов. Часть 2 [Электронный ресурс] // Психологические исследования. 2012б. № 2 (22). С. 12. URL: <http://psystudy.ru/index.php/num/2012n2-22/648-khvaton22.html> (дата обращения: 22.09.2014). doi:0421200116/0024.
- Хватов И.А.* Особенности самоотражения у животных на разных стадиях филогенеза: дисс. ... канд. психол. наук. М., 2010.
- Хватов И.А.* Проблема интеллекта животных в контексте структурно-интегративного и дифференционно-интеграционного подходов [Электронный ресурс] // Психологические исследования. 2013. Т. 6. № 28. С. 1. URL: <http://psystudy.ru/index.php/num/2013v6n28/788-khvaton28.html> (дата обращения: 28.07.2014).
- Хватов И.А.* Специфика самоотражения у вида *Periplaneta americana* // Экспериментальная психология. 2011. Т. 4. № 1. С. 28–39.
- Хватов И.А.* Эволюция самоотражения животных и человека в контексте дифференционно-интеграционного подхода // Дифференционно-интеграционная теория развития. Кн. 2. / Сост. и ред. Н.И. Чуприкова, Е.В. Волкова. М.: Языки славянских культур, 2014. С. 343–360.
- Хватов И.А., Соколов А.Ю., Харитонов А.Н.* Методика изучения схемы тела у змей // Экспериментальная психология. 2015. Т. 8. № 1. С. 85–93.
- Хватов И.А., Соколов А.Ю., Харитонов А.Н., Куличенкова К.Н.* Восприятие собственного тела у крыс // Естественно-научный подход в современной психологии / Отв. ред. В.А. Барабанщиков. М.: Институт психологии РАН, 2014а. С. 326–332.
- Хватов И.А., Соколов А.Ю., Харитонов А.Н., Куличенкова К.Н.* Методика изучения схемы тела у мелких млекопитающих // Экспериментальная психология. 2014б. Т. 7. № 3. С. 137–144.
- 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. 101–114.
- 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., Соколов А.Ю.* Особенности соотношения физических характеристик собственного тела с объектами окружающей среды при ориентации во внешнем пространстве у сверчков *Gryllus assimilis* // Экспериментальная психология. 2013а. Т. 6. № 4. С. 79–95.
- Хватов И.А., Харитонов А.Н., Соколов А.Ю.* Специфика восприятия собственного тела при регуляции поведения у беспозвоночных и позвоночных: эволюционный и сравнительный аспекты // Шестая международная конференция по когнитивной науке: Тезисы докладов / Под общ. ред. Б. Величковского, В. Рубцова, Д. Ушакова. Калининград, 2014. С. 603–604.



Хватов И.А., Харитонов А.Н., Соколов А.Ю. Самоотражение у беспозвоночных // Эволюционная и сравнительная психология в России: традиции и перспективы / Под ред. А.Н. Харитонova. М.: Институт психологии РАН, 2013b. С. 170–177.

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.

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.

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.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.

BODY SCHEMATA IN SNAKES *LAMPROPELTIS TRIANGULUM CAMPBELLI*

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, MSUPE, Moscow, Russia,*
e-mail: ankhome47@list.ru

Body schemata in snakes *Lampropeltis triangulum campbelli* were studied using the technique of finding the way through the holes of different diameters when the animals had to take into account the enlarged limits of their bodies. The diameters of the snakes' bodies were increased by feeding them on mice thus producing a bulky thickening. As the body diameter increased so that it prevented the snakes from moving through the holes in a previously learned way, the animals were able to learn anew quite adequately to the situation change. However, when the location of the holes was changed, the snakes were unable to transfer this experience into a new situation.

Keywords: self-reflection, body schema, snakes, reptiles, arthropods, rats, phylogenesis of the mind.

Funding

This work was supported by an RFH grant 14-06-00669 a.

For citation:

Khvatov I.A., Sokolov A.Yu., Kharitonov A.N. Body schemata in snakes *Lampropeltis triangulum campbelli*. *Eksperimental'naya Psikhologiya = Experimental Psychology (Russia)*, 2015, vol. 8, no. 2, pp. 119–138 (in Russ., abstr. in Engl.). doi:10.17759/expsy.2015080209

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

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

***Kharitonov A.N. Cand. Sci. in Psychology, Researcher, Institute of Psychology, Russian Academy of Sciences, Leading Researcher, MSUPE. E-mail: ankhome47@list.ru



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.
- Barabanshikov V.A. *Vospriyatie i sobytie [Perception and event]*. SPb.: Aleteya, 2002.
- 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.
- 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.Jr. Chimpanzees: Self recognition. *Science*, 1970, vol. 167, no. 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.
- Khvatov I.A. Evolutsiya samootrazheniya zhivotnykh i cheloveka v kontekste differentsionno-integratsionnogo podkhoda [Evolution of self-reflexion of animals and humans in the context of differentiation-integration approach]. In: N.I. Chuprikova, E.V. Volkova (eds.), *Differentiation-integration theory of development*. Book 2. M., Znack, 2014 (In Russ., abstr. in Engl.).
- Khvatov I.A. Glavniye napravleniya evolutsii psikhiki v kontekste ontologicheskogo i differentsionno-integratsionnogo podkhodov. 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). doi:0421200116/0001 (In Russ.)
- Khvatov I.A. Glavniye napravleniya evolutsii psikhiki v kontekste ontologicheskogo i differentsionno-integratsionnogo podkhodov. 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). doi:0421200116/0024 (In Russ.).
- Khvatov I.A. *Osobennosti samootrazheniya u zhivotnykh na raznykh stadiyakh filogeneza [Peculiarities of animal self-reflexion on different phylogenetic stages]*. Dissertation. Moscow, 2010 (In Russ.).
- Khvatov I.A. Problema intellekta zhivotnykh v kontekste strukturno-integrativnogo i differentsionno-integratsionnogo podkhodov [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/index.php/num/2013v6n28/788-khvatov28.html> (date accessed: 28/07/2014) (In Russ.).
- 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 Russ., abstr. in Engl.).
- Khvatov I.A., Kharitonov A.N. Modifikatsiya plana razvertki sobstvennogo tela v protsesse naucheniya pri reshenii zadach na nakhozhdeniye obkhodnogo puti u ulitok vida *Achatina fulica*. [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 Russ., abstr. in Engl.).
- Khvatov I.A., Kharitonov A.N. Spetsifika samootrazheniya u 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 (In Russ., abstr. in Engl.).
- Khvatov I.A., Kharitonov A.N., Sokolov A.Yu. Osobennosti sootneseniya fizicheskikh kharakteristik sobstvennogo tela s objektami okruzhayushey sredy pri orientatsii vo vneshnem prostranstve u sverchkov *Gryllus assimilis* [How crickets *Gryllus assimilis* relate physical characteristics of their bodies to environmental objects in spatial orientation]. *Ekspierimental'naya psikhologiya [Experimental Psychology (Russia)]*, 2013a, vol. 6, no. 4, pp. 79–95 (In Russ., abstr. in Engl.).
- Khvatov I.A., Kharitonov A.N., Sokolov A.Yu. Samootrazhenie u bespozvonochnykh [Self-reflexion in invertebrates]. In: A.N. Kharitonov (ed.), *Evolutionary and comparative psychology in Russia. Tradition and perspective*. M., Institute of Psychology, RAS, 2013b (In Russ.).



- Khvatov I.A., Kharitonov A.N., Sokolov A.Yu. Spetsifika vospriyatiya sobstvennogo tela pri regulyatsii povedeniya u bespozvonochnykh I pozvonochnykh: evolyutsionnyi i sravnitelnyi aspekty [Specificity of body perception in invertebrates and vertebrates]. *Sixth International Conference on Cognitive Science*. Kaliningrad, 2014a, pp. 603–604 (In Russ.).
- Khvatov I.A., Sokolov A.Yu., Kharitonov A.N. Metodika izucheniya skhemy tela u zmey [A method for studying body schema in snakes]. *Ekspierimental'naya psikhologiya [Experimental Psychology (Russia)]*, 2015, vol. 8, no. 1, pp. 85–93 (In Russ., abstr. in Engl.).
- Khvatov I.A., Sokolov A.Yu., Kharitonov A.N., Kulichenkova K.N. Metodika izucheniya skhemy tela u melkikh mlekopitayuschikh [A method for studying body schema in small mammals]. *Ekspierimental'naya psikhologiya [Experimental Psychology (Russia)]*, 2014, vol. 7, no. 3, pp. 137–144 (In Russ., abstr. in Engl.).
- Khvatov I.A., Sokolov A.Yu., Kharitonov A.N., Kulichenkova K.N. Vospriyatie sobstvennogo tela u krysa [Body perception in rats]. In V.A.Barabanshikov (ed.), *Natural science approach in modern psychology*. M., Institute of Psychology, RAS, 2014b, pp. 326–332 (In Russ.).
- Maravita A., Iriki A. Tools for the body (schema). *Trends in Cognitive Sciences*, 2004, vol. 8, no. 2, pp. 79–86.
- Stolin V.V. *Samosoznanie lichnosti [Self-consciousness]*. Moscow, Moscow University Publishing House, 1983. 284 p. (In Russ.).



ДИНАМИКА ИЗМЕНЕНИЙ ВЗАИМОСВЯЗИ ЭМОЦИОНАЛЬНОГО ИНТЕЛЛЕКТА С РЕЗУЛЬТАТАМИ ЕГЭ В ХОДЕ АДАПТАЦИИ ШКОЛЬНОЙ СИСТЕМЫ К ЕГО ВВЕДЕНИЮ

ДМИТРИЕВА Е. С.*, *Институт эволюционной физиологии и биохимии РАН имени И. М. Сеченова, Санкт-Петербург, Россия,*
e-mail: dmit49@mail.ru

ГЕЛЬМАН В. Я.**, *Северо-Западный государственный медицинский университет имени И. И. Мечникова, Санкт-Петербург, Россия,*
e-mail: gelm@sg2104.spb.edu

Исследование посвящено изучению взаимосвязи эмоционального интеллекта учащихся с результатами ЕГЭ в ходе адаптации к нему системы школьного образования на протяжении 5 лет с момента введения. Выборка состояла из 156 студентов-первокурсников. Оценка составляющих эмоционального интеллекта измерялась методом самоотчета (опросник ЭмИн). Была выявлена корреляционная связь разной степени выраженности между показателями эмоционального интеллекта учащихся и результатами сдачи ЕГЭ по трем школьным дисциплинам: русский язык, математика, обществознание. Показано, что с момента введения в 2009 г. обязательного ЕГЭ происходит изменение уровня связи между показателями эмоционального интеллекта и результатами экзамена. Обнаружено, что адапционные процессы к введению ЕГЭ приводят к изменению контингента успешных учащихся: если в момент введения ЕГЭ более успешными были школьники с более высоким ЭИ, то в процессе адаптации таковыми становятся учащиеся с более низким ЭИ. В работе было показано, что составляющие ЭИ, имеющие с результатами ЕГЭ наиболее значимые взаимосвязи, различаются для рассмотренных дисциплин, а также выявлена динамика этих взаимосвязей.

Ключевые слова: эмоциональный интеллект, единый государственный экзамен, адаптация, динамика изменения взаимосвязи.

Введение

Со времени введения в 2009 г. нового метода заключительного контроля знаний (в виде единого государственного экзамена (ЕГЭ)) для выпускников средних школ России происходит значительное изменение среды обучения школьников, которое создает определенные социальные проблемы и сложности в обучении. В стране ведется активная дискуссия не только об эффективности единого государственного экзамена, но и о психологических и социальных последствиях его введения, в том числе, об отношении самих школьников к необходимости подготовки и сдачи данного экзамена.

Для цитаты:

Дмитриева Е. С., Гельман В. Я. Динамика изменений взаимосвязи эмоционального интеллекта с результатами ЕГЭ в ходе адаптации школьной системы к его введению // *Экспериментальная психология.* 2015. Т. 8. № 2. С. 139–150. doi:10.17759/exppsy.2015080210.

* *Дмитриева Е. С.* Кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, Институт эволюционной физиологии и биохимии РАН имени И. М. Сеченова. E-mail: dmit49@mail.ru

** *Гельман В. Я.* Доктор технических наук, профессор кафедры медицинской информатики и физики, Северо-Западный государственный медицинский университет имени И. И. Мечникова. E-mail: gelm@sg2104.spb.edu



В связи с этим актуальной задачей педагогики и психологии становится изучение адаптационных возможностей и ресурсов учащихся, обеспечивающих формирование их психологической и функциональной готовности к новым условиям и требованиям процесса обучения с целью успешного завершения школьного образования, а следовательно, и исследование механизмов, лежащих в основе развития нервно-эмоционального реагирования индивида на изменение окружающей социальной среды.

Чаще всего психологические исследования успешности обучения посвящены анализу взаимосвязи академической успеваемости с общим интеллектом (IQ) (например: Furnham, Moutafi, Chamorro-Premuzic, 2005; Lassiter, Bardos, 1995, и др.). В последние годы появились также работы, указывающие на особую роль оперативной памяти в успешности обучения и прогнозировании академической успеваемости (Alloway, Alloway, 2010; Dmitrieva et al., 2008).

Другим направлением являются исследования взаимосвязи успеваемости с личностными чертами, которые проводятся в основном на базе пятифакторной модели личности (Орел, Кочергина, Най, 2013; Слободская, Сафронова, Ахметова, 2008; Furnham, Moutafi, Chamorro-Premuzic, 2005 и др.). Несмотря на выделение целого ряда общих закономерностей, результаты такого рода исследований оказываются в значительной мере противоречивыми.

Изучается также взаимосвязь успешности обучения с эмпатией и способностью к различению эмоциональной информации с применением психофизиологических методик. Полученные результаты свидетельствуют о том, что со способностями к различению эмоций связаны как академическая успеваемость в общеобразовательной школе (Дмитриева и др., 2003), так и особые когнитивные способности одаренных детей разного возраста и взрослых (Дмитриева и др., 2004; Dankovičová et al., 2007; Dmitrieva et al., 2005; Thompson, Schellenberg, Husain, 2004).

Как известно, различение эмоций является одним из компонентов эмоционального интеллекта (ЭИ) (Mayer et al., 2001; Salovey, Mayer, 1989). В современных исследованиях активно обсуждается стрессозащитная и адаптивная функция эмоционального интеллекта, обеспечивающая приспособление индивида к постоянно меняющимся условиям социальной среды в целом и к среде обучения – в частности (Люсин, 2004; Emotional Intelligence, 2008 и др.). Данные изучения взаимоотношения ЭИ и академической успеваемости также имеют весьма неоднозначный характер. Во многих зарубежных работах высказывались предположения о важной роли эмоционального интеллекта школьников и студентов в успешности обучения (напр., Beauvais et al., 2014; Brackett, Rivers, Salovey, 2011; Emotional Intelligence, 2008; Marquez, Martin, Brackett, 2006; Mestre et al., 2006; Parker et al., 2004; Qualter et al., 2012). Приводятся показатели корреляции между составляющими ЭИ и оценками: диапазон – $r = 0,20 - 0,25$ для студентов колледжей и $r = 0,28 - 0,32$ для учащихся старших классов школы (Barchard, 2003; Parker et al., 2004). Некоторые исследователи после устранения факторов общего интеллекта и личностных черт из числа анализируемых показателей, влияющих на успеваемость, делают вывод о том, что роль ЭИ в академической успеваемости в значительной степени нивелируется (Barchard, 2003). Однако в большинстве работ последних лет найдены корреляционные связи между успеваемостью как с показателями общего ЭИ, так и с показателями его отдельных составляющих (Beauvais et al., 2014; Chew et al., 2012). Практически во всех приведенных зарубежных работах и некоторых отечественных академическая успеваемость оценивается средним баллом (CGPA/GPA).

В последние годы в связи с введением с 2009 г. обязательного ЕГЭ успешность обучения школьников оценивается баллами ЕГЭ по различным дисциплинам; более того, в не-



которых исследованиях, и в частности, в работе Е.А. Орел с соавт. (Орел, Кочергина, Най, 2013) продемонстрирована взаимосвязь некоторых личностных черт учащихся с успешностью результатов ЕГЭ. Однако подробные исследования взаимосвязи результатов ЕГЭ по разным школьным предметам с ЭИ и его отдельными составляющими, а также исследования динамики этих показателей на протяжении всех лет применения ЕГЭ практически не проводились (Dmitrieva et al., 2014).

Задачи данного исследования состояли в определении взаимосвязи составляющих эмоционального интеллекта учащихся с показателями академической успеваемости и в анализе динамики данных показателей в ходе адаптации учащихся к внедрению новых контрольно-измерительных форм оценки успеваемости в школьном образовании на примере ЕГЭ.

Гипотеза исследования: уровень эмоционального интеллекта находится во взаимосвязи с результатами ЕГЭ, степень которой изменяется в процессе адаптации системы школьного образования к введению нового метода финального контроля знаний.

Программа исследования

Испытуемые. Выборка состояла из 156 студентов-первокурсников, поступивших в ВУЗы Санкт-Петербурга по результатам сдачи ЕГЭ в 2009–2013 гг. (количество учащихся, соответственно: 2009 г. – 34, 2010 г. – 23, 2011 г. – 24, 2012 г. – 40 и 2013 г. – 35 человек), возрастного диапазона 17–23 года ($19,84 \pm 0,09$).

Материалы и методы. Экспериментальная оценка составляющих эмоционального интеллекта осуществлялась на основании психологического тестирования с помощью опросника ЭИИн (Люсин, 2009). Данный опросник является наиболее валидной методикой самоотчета и позволяет производить оценку важнейших конструктов, входящих состав эмоционального интеллекта (Люсин, 2009). Ранее было показано, что психометрические показатели опросника отражают когнитивную составляющую эмоционального интеллекта, связанную с характеристиками восприятия эмоциональной интонации речи в различных условиях акустической среды (Дмитриева и др., 2012, Дмитриева и др., 2008).

Опросник ЭИИн состоит из 46 утверждений, по отношению к которым испытуемый должен выразить степень своего согласия, используя четырехбалльную шкалу. Все утверждения объединены в пять субшкал, которые затем суммируются в четыре шкалы более общего порядка (внутриличностный и межличностный эмоциональный интеллект, способность к пониманию эмоций и управлению эмоциями). По данным опроса расчет оцениваемых субшкал осуществлялся в соответствии с методикой, предложенной Д. В. Люсиным (Люсин, 2009).

В качестве меры оценки успеваемости школьников использовали результаты сдачи ЕГЭ по основным обязательным учебным дисциплинам (математика, русский язык) и обществознанию. Уровень связи между показателями эмоционального интеллекта и результатами сдачи ЕГЭ в процессе адаптации школьников к изменению среды обучения оценивался линейным коэффициентом корреляции (r).

Статистический анализ проводился с помощью пакета обработки данных «SPSS for Windows V.16.0». Оценивались основные статистические характеристики исследуемых параметров внутри групп. Методом линейного корреляционного анализа определялась взаимосвязь составляющих эмоционального интеллекта с характеристиками успеваемости. Методом регрессионного анализа строились линии тренда.



Результаты и их интерпретация

На первом этапе исследования для выбранных групп студентов была проведена оценка уровня развития эмоционального интеллекта на основе опросника ЭМИн, а далее был проведен анализ корреляционных связей между показателями уровня развития ЭИ и показателями сдачи ЕГЭ; полученные данные представлены в табл. 1.

Таблица 1

Средние показатели составляющих эмоционального интеллекта по тесту ЭМИн и результаты ЕГЭ для пяти групп испытуемых (годы сдачи ЕГЭ 2009–2013)

Составляющие эмоционального интеллекта	Годы сдачи ЕГЭ				
	2009	2010	2011	2012	2013
Межличностный эмоциональный интеллект	46,6	46,1	46,4	42,7	43,5
Внутриличностный эмоциональный интеллект	44,0	43,9	46,5	42,7	42,0
Понимание эмоций	44,4	43,7	45,3	42,0	41,9
Управление эмоциями	46,1	46,3	47,5	43,4	43,6
Понимание чужих эмоций	25,1	24,3	25,1	23,4	24,3
Управление чужими эмоциями	21,5	21,8	21,3	19,3	19,2
Понимание своих эмоций	19,4	19,4	20,2	18,6	17,7
Управление своими эмоциями	13,9	14,3	14,7	13,7	14,0
Контроль экспрессии	10,7	10,3	11,5	10,4	10,4
Результат ЕГЭ по русскому языку	62,6	66,5	61,0	67,1	72,3
Результат ЕГЭ по математике	45,0	51,5	41,7	49,4	54,7
Результат ЕГЭ по обществознанию	59,0	60,7	59,9	60,0	60,4

Корреляционный анализ составляющих эмоционального интеллекта (опросник ЭМИн) и результатов ЕГЭ выявил определенные взаимосвязи. Матрица линейных коэффициентов корреляции была построена с учетом результатов сдачи ЕГЭ в 2010–2013 гг. (табл. 2), поскольку 2009 год был первым годом введения ЕГЭ и, в значительной мере, баллы ЕГЭ данного года могли, по-видимому, определяться факторами, отличающимися от последующих лет.

Таблица 2

Корреляционная матрица связи результатов ЕГЭ с характеристиками эмоционального интеллекта (2010–2013 гг.)

	Русский язык	Математика	Обществознание
Межличностный ЭИ	-0,250(**)	-0,152	0,140
Внутриличностный ЭИ	-0,184(*)	-0,222(*)	0,091
Понимание эмоций	-0,137	-0,169	0,100
Управление эмоциями	-0,304(**)	-0,212(*)	0,117
Понимание чужих эмоций	-0,147	-0,099	0,096
Управление чужими эмоциями	-0,294(**)	-0,168	0,117
Понимание своих эмоций	-0,073	-0,179(*)	0,067
Управление своими эмоциями	-0,258(**)	-0,238(**)	0,174
Контроль экспрессии	-0,111	-0,074	-0,025

Примечание: «*» – $p < 0,05$; «**» – $p < 0,01$.



Из табл. 2 видно, что между составляющими ЭИ и результатами ЕГЭ по основным дисциплинам имеется, в большинстве случаев, достоверная умеренная и слабая зависимость.

Результаты ЕГЭ по русскому языку, как правило, отличаются более сильной взаимосвязью с показателями эмоционального интеллекта, чем по математике и по обществознанию. Наиболее значимыми ($p < 0,01$) оказались коэффициенты корреляции с межличностным интеллектом ($r = -0,250$), с управлением эмоциями ($r = -0,304$), с управлением чужими эмоциями ($r = -0,294$), с управлением собственными эмоциями ($r = -0,258$).

Результаты ЕГЭ по математике обнаруживают более слабую взаимосвязь с показателями эмоционального интеллекта. Значимые коэффициенты корреляции ($p < 0,05$) показывают связь примерно с теми же показателями эмоционального интеллекта, что и в ЕГЭ по русскому языку.

Значимых взаимосвязей между баллами ЕГЭ по обществознанию и показателями ЭИ не выявлено ($p > 0,05$).

Обнаруженные значимые корреляции между ветвью «управление эмоциями» (и ее составляющими: «управление чужими эмоциями», «управление своими эмоциями») и баллами ЕГЭ согласуется с результатами выполненной на основании теста MSCEIT работы (Beauvais et al., 2014), свидетельствующими о наличии взаимосвязи между успеваемостью и «управлением эмоциями». Однако отметим, что все значимые коэффициенты корреляции – отрицательные, а, следовательно, в нашем случае можно сделать вывод о том, что чем лучше школьник управляет чужими и своими эмоциями, тем хуже у него результат ЕГЭ по русскому языку и математике.

Для оценки адаптационных особенностей школьников была исследована динамика изменений взаимосвязи результатов ЕГЭ с показателями ЭИ за изучаемый пятилетний период (2009–2013 гг.). В анализ были включены те показатели ЭИ, тенденции изменения корреляции с которыми были более ярко выражены (коэффициент детерминации линии тренда – $R^2 > 0,4$). При анализе динамики взаимосвязи составляющих ЭИ с результатами ЕГЭ по русскому языку были выбраны показатели: управление чужими эмоциями (коэффициент детерминации линейной линии тренда – $R^2 = 0,85$), межличностный интеллект ($R^2 = 0,59$) и управление эмоциями ($R^2 = 0,40$) (рис. 1). В процессе адаптации школьников была обнаружена общая тенденция динамики корреляционных связей: от положительных значений коэффициентов корреляции в 2009 г. в сторону отрицательных в последующие годы. Для других показателей ЭИ общих тенденций изменения динамики коэффициентов корреляции за 2009–2013 гг. не наблюдалось (коэффициент детерминации линейной линии тренда – $R^2 < 0,3$).

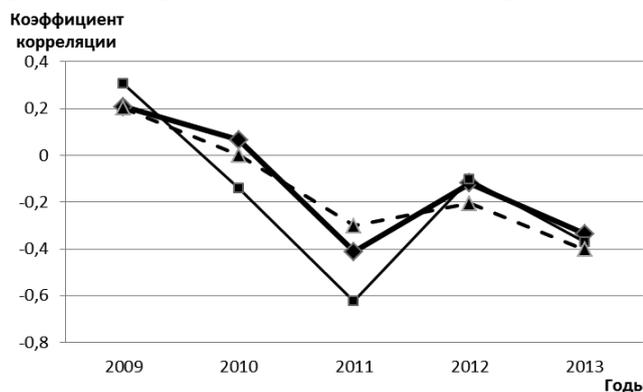


Рис. 1. Изменение взаимосвязи между характеристиками ЭИ и результатами ЕГЭ по русскому языку: жирная линия – межличностный ЭИ, тонкая линия – управление эмоциями, пунктир – управление чужими эмоциями

В ходе изучения изменения взаимосвязи составляющих ЭИ с результатами ЕГЭ по математике не было обнаружено выраженной динамики с линейной аппроксимацией линии тренда ($R^2 < 0,25$). Поэтому последующий анализ состоял в аппроксимации линии тренда полиномиальной функцией второго порядка. Были выбраны показатели с наиболее выраженной динамикой корреляционной связи: управление эмоциями (коэффициент детерминации полиномиальной линии тренда второго порядка $R^2 = 0,84$), межличностный интеллект ($R^2 = 0,83$), управление своими эмоциями ($R^2 = 0,83$) и управление чужими эмоциями ($R^2 = 0,81$) (рис. 2). В данном случае наблюдается несколько иное, чем для русского языка, изменение взаимосвязей показателей ЭИ и результатов экзамена при адаптации школьников к введению ЕГЭ (рис. 2): от положительных значений коэффициентов корреляции в 2009 г. через некоторый переходный процесс в 2010, 2011 гг. к значениям, близким к нулю. Т.е. результаты ЕГЭ по математике не связаны с теми составляющими ЭИ, которые рассматриваются в настоящем исследовании. Для других показателей ЭИ наблюдалась менее выраженная динамика корреляционной связи.

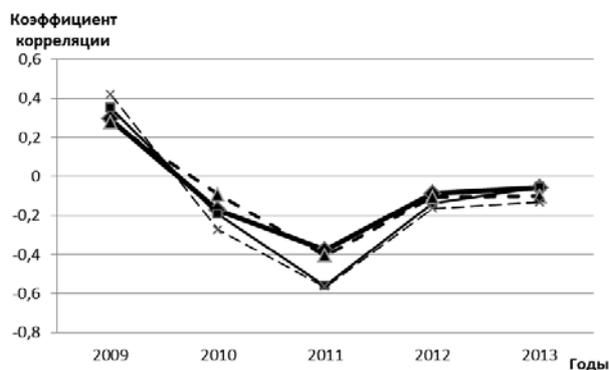


Рис. 2. Изменение взаимосвязи между характеристиками ЭИ и результатами ЕГЭ по математике: жирная линия – межличностный ЭИ, тонкая линия – управление эмоциями, пунктир – управление чужими эмоциями, тонкий пунктир – управление своими эмоциями

При рассмотрении результатов по обществознанию выражена динамика взаимосвязи наблюдалась только для показателей: понимание чужих эмоций (коэффициент детерминации линейной линии тренда $R^2 = 0,94$), межличностный интеллект ($R^2 = 0,88$) и понимание эмоций ($R^2 = 0,62$) (рис. 3). Так же, как и в случае анализа показателей ЕГЭ по русскому языку, была выявлена следующая динамика значений коэффициентов корреляции: от положительных значений коэффициентов корреляции в 2009 г. в отрицательную область в 2013 г. То есть с адаптацией школьников к ЕГЭ более высокие баллы по обществознанию получают те учащиеся, которые хуже воспринимают чужие эмоции. Для других показателей ЭИ общих тенденций изменения динамики коэффициентов корреляции за 2009–2013 гг. не наблюдалось (коэффициент детерминации линейной линии тренда – $R^2 < 0,25$).

На основании анализа полученных данных можно сделать вывод о том, что межличностный ЭИ связан с успеваемостью учащихся по разным дисциплинам. Однако процессы адаптации к сдаче ЕГЭ по различным дисциплинам имеют разнонаправленный характер: для гуманитарных дисциплин (русского языка и обществознания) более успешными становятся те, у кого ниже межличностный эмоциональный интеллект, причем в русском языке лучше начинают успевать те, кто хуже управляет эмоциями (более «эмоционально неустойчивые»), а в обществознании лучше начинают успевать те, кто хуже воспринимает эмоции (более «эмоционально невосприимчивые»).

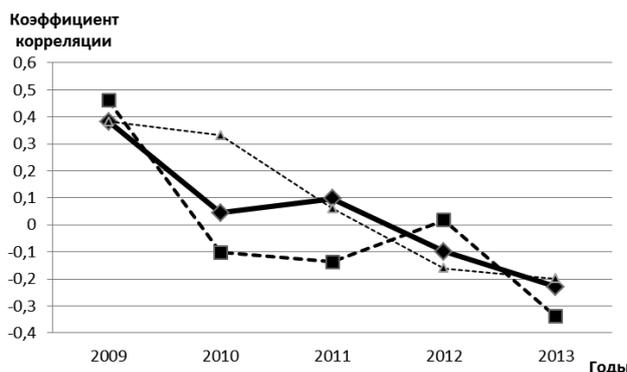


Рис. 3. Изменение взаимосвязи между характеристиками ЭИ и результатами ЕГЭ по обществознанию: жирная линия – межличностный ЭИ, короткий пунктир – понимание эмоций, тонкий короткий пунктир – понимание чужих эмоций

Результаты ЕГЭ по математике характеризуются наименьшей взаимосвязью с уровнем ЭИ. В предыдущих исследованиях (Дмитриева и др., 2003) было показано, что способность к распознаванию эмоций имеет меньшее влияние на успеваемость по математике, чем по русскому языку. При этом в старшей возрастной группе школьники, имеющие хорошие оценки, хуже распознают эмоции, чем ученики, имеющие удовлетворительные оценки. Эти данные согласуются с данными, полученными в работе В. М. Русалова и С. И. Дудина (Русалов, Дудин, 1995), отрицательными коэффициентами корреляции между эмоциональными характеристиками личности (социальной и предметной эмоциональностью) и успешностью решения тестов на общий интеллект, который оценивался по методике Векслера, и школьного теста умственного развития (ШТУР).

Отметим, что полученные результаты, свидетельствующие о разнонаправленности взаимосвязей характеристик ЭИ с успеваемостью по различным учебным дисциплинам, позволяют считать, что рассмотрение среднего балла в качестве меры успешности обучения, используемое в ряде работ (Орел, Кочергина, Най, 2013; Varchard, 2003; Beauvais et al., 2014), может приводить к слабой выраженности искомой взаимосвязи успешности обучения и ЭИ.

Таким образом, полученные результаты позволяют утверждать, что в процессе адаптации к введению новых критериев оценки успеваемости в школе взаимосвязь составляющих ЭИ с результатами ЕГЭ изменяется как по силе взаимодействия, так и по направленности. Адаптационные процессы к введению ЕГЭ приводят к изменению контингента успешных учащихся: если в момент введения ЕГЭ более успешными были школьники с более высоким ЭИ, то в процессе адаптации таковыми становятся учащиеся с более низким ЭИ. То есть новые сложные задачи лучше выполняют хорошо управляющие эмоциями и эмоционально восприимчивые учащиеся, а рутинные, давно ожидаемые – те, кто хуже управляет эмоциями и их воспринимает.

Как известно, такие личностные качества, как стрессоустойчивость и уровень тревожности, оказывают существенное влияние на успешность сдачи экзаменов. Было показано (Austin, Saklofske, Mastoras, 2010), что лучше преодолевают экзаменационный стресс школьники, хорошо управляющие эмоциями. С другой стороны, обнаружено, что с повышением уровня тревожности (до определенного предела) повышается успешность сдачи экзаменов (Стрижиус, 2012). В то же время полученные в исследовании (Грибкова, 2012) данные свидетельствуют о том, что значения уровня тревожности обратны значениям ЭИ. Результаты проведенного нами исслед-



дования продемонстрировали, что первоначально, при введении ЕГЭ, успешнее сдавали экзамены школьники, лучше управлявшие эмоциями (с более высоким ЭИ), т.е. более устойчивые к стрессу, следовательно, можно полагать, что именно стрессовая ситуация, связанная с введением ЕГЭ, была одним из основных факторов, определяющих результаты экзамена. Однако по мере адаптации школьной системы к введению ЕГЭ более успешными стали учащиеся, имеющие более низкие показатели ЭИ, и можно предположить, что, по-видимому, по мере рутинизации ЕГЭ все более значимым фактором становился уровень тревожности школьников.

Выводы

Была выявлена связь между показателями эмоционального интеллекта школьников и результатами сдачи ЕГЭ. С момента введения в 2009 г. обязательного ЕГЭ в процессе адаптации системы школьного образования к новому методу финального контроля знаний у учащихся происходит изменение уровня связи между показателями эмоционального интеллекта и результатами сдачи ЕГЭ.

Обнаружено, что адаптационные процессы к введению ЕГЭ приводят к изменению контингента успешных учащихся: если в момент введения ЕГЭ более успешными были школьники с более высоким ЭИ, то в процессе адаптации таковыми становятся учащиеся с более низким ЭИ.

Было показано, что успешность сдачи экзаменов по различным дисциплинам отличается разнонаправленным характером взаимосвязи с показателями ЭИ: так, успеваемость по математике не зависит от таких показателей ЭИ, как «восприятие эмоций» и «управление эмоциями», успешность сдачи экзамена по русскому языку находится в обратной взаимосвязи со способностью учащегося управлять эмоциями, и, наконец, успешность сдачи экзамена по обществознанию находится в обратной зависимости от уровня восприятия эмоций (т.е. более «эмоционально невосприимчивые» учащиеся лучше сдают экзамен по данному предмету).

Литература

- Грибкова О. В. Взаимосвязь личностной тревожности и эмоционального интеллекта у студентов младших курсов гуманитарных специальностей // Вестник Самарской гуманитарной академии. Серия: Психология. 2012. № 1. С. 3–8.
- Дмитриева Е. С., Гельман В. Я., Зайцева К. А., Орлов А. М. Зависимость восприятия эмоциональной информации речи от акустических параметров стимула у детей разного возраста // Физиология человека. 2008. Т. 34. № 4. С. 149–153.
- Дмитриева Е. С., Гельман В. Я., Зайцева К. А., Орлов А. М. Онтогенетические особенности взаимосвязи психофизиологических механизмов восприятия эмоций и успеваемости у школьников // Журнал высшей нервной деятельности. 2003. Т. 53. № 5. С. 560–568.
- Дмитриева Е. С., Гельман В. Я., Зайцева К. А., Орлов А. М. Онтогенетические особенности психофизиологических механизмов восприятия эмоционального компонента речи у музыкально одаренных детей // Журнал высшей нервной деятельности. 2004. Т. 54. № 5. С. 581–591.
- Дмитриева Е. С., Гельман В. Я., Зайцева К. А., Орлов А. М. Оценка связи восприятия эмоциональной интонации речи с компонентами эмоционального интеллекта // Психология. Журнал Высшей школы экономики. 2012. Т. 9. № 1. С. 126–134.
- Люсин Д. В. Опросник на эмоциональный интеллект ЭИИ: новые психометрические данные // Социальный и эмоциональный интеллект / Под ред. Д. В. Люсина, Д. В. Ушакова. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2009. С. 264–278.
- Люсин Д. В. Современные представления об эмоциональном интеллекте // Социальный интеллект: Теория, измерение, исследования / Под ред. Д. В. Люсина, Д. В. Ушакова. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2004. С. 29–36.



- Орел Е.А., Кочергина Е.В., Най Дж.В. Факторы «Большой пятерки» как психологические предикторы академической успеваемости у студентов вузов [Электронный ресурс] // Психологические исследования. Электронный журнал. 2013. Т. 6. № 27. URL: <http://publications.hse.ru/en/articles/63137204> (дата обращения 16.07.2014).
- Русалов В.М., Дудин С.И. Темперамент и интеллект: общие и специальные факторы развития // Психологический журнал. 1995. Т. 16. № 5. С. 12–23.
- Слободская Е.Р., Сафронова М.В., Ахметова О.А. Личностные особенности и стиль жизни как факторы школьной успеваемости подростков // Психологическая наука и образование. 2008. № 2. С. 70–79.
- Стрижиус Е.И. Влияние «тревожности выпускника» на успешность сдачи старшеклассниками выпускных экзаменов (ЕГЭ и ГИА) // Психология обучения. 2012. № 12. С. 54–67.
- Alloway T.P., Alloway R.G. Investigating the predictive roles of working memory and IQ in academic attainment // Journal of experimental child psychology. 2010. Vol. 106. №. 1. P. 20–29. doi:10.1016/j.jecp.2009.11.003.
- Austin E.J., Saklofske D.H., Mastoras S.M. Emotional intelligence, coping and exam-related stress in Canadian undergraduate students // Australian Journal of Psychology. 2010. Vol. 62. № 1. P. 42–50. doi:10.1080/00049530903312899.
- Barchard K.A. Does emotional intelligence assist in the prediction of the academic success? // Educational and Psychological Measurement. 2003. Vol. 63. № 5. P. 840–858. doi:10.1177/0013164403251333.
- Beauvais A.M., Stewart J.G., DeNisco S., Beauvais J.E. Factors related to academic success among nursing students: A descriptive correlational research study // Nurse Educ Today. 2014. Vol. 34. № 6. P. 918–923. doi:10.1016/j.nedt.2013.12.005.
- Brackett M.A., Rivers S.E., Salovey P. Emotional Intelligence: Implications for Personal, Social, Academic, and Workplace Success // Soc Personal Psychol Compass. 2011. № 13. P. 88–103. doi:10.1111/j.1751-9004.2010.00334.x.
- Chew B.H., Zain A.M., Hassan F. Emotional intelligence and academic performance in first and final year medical students: a cross-sectional study // BMC Med Educ. 2013. Vol. 27. P. 13–44. doi:10.1186/1472-6920-13-44.
- Dankovičová J., House J., Crooks A., Jones K. The relationship between musical skills, music training, and intonation analysis skills // Language and Speech. 2007. Vol. 50. P. 177–225. doi:10.1177/0023830907050020201.
- Dmitrieva E.S., Gel'man V.Y., Zaitseva K.A., Lan'ko S.V. Age-related features of the interaction of learning success and characteristics of auditory operative memory // Neurosci Behav Physiol. 2008. Vol. 38. № 4. P. 393–398. doi:10.1007/s11055-008-0056-5.
- Dmitrieva E.S., Gel'man V.Y., Zaitseva K.A., Orlov A.M. Connection of emotional intelligence and students' adjustment to stressful conditions of new method of educational success assessment // 21-st Multidisciplinary International Neuroscience and Biological Psychiatry «Stress and Behavior» Conference. Proceedings and Program. St-Petersburg, Russia. 2014. Vol. 1. P. 24.
- Dmitrieva E.S., Gel'man V.Y., Zaitseva K.A., Orlov A.M. Perception of speech emotional prosody in children with high cognitive abilities and different thinking styles // Speech and Language. Fundamental and applied aspects of speech and language / Ed. S. T. Jovicic, M. Sovilj. Ins. for Experim. Phonetics and Speech Pathology. Belgrade, 2005. P. 335–337.
- Emotional Intelligence Training May Boost Exam Performance [Electronic resource] // British Psychological Society (Press Release). 2008. URL: <http://alevelpsychology.co.uk/news/intelligence/emotionalintelligence-training-may-boost-exam-performance.html> (дата обращения 16.07.2014).
- Furnham A., Moutafi J., Chamorro-Premuzic T. Personality and Intelligence: Gender, the Big Five, Self-Estimated and Psychometric Intelligence // International Journal of Selection & Assessment. 2005. Vol. 13. №1. P. 11–24. doi:10.1111/j.0965-075X.2005.00296.x.
- Lassiter K.S., Bardos A.N. The relationship between young children's academic achievement and measures of intelligence // Psychology in the schools. 1995. Vol. 32. №. 3. P. 170–177. doi:10.1002/1520-6807(199507)32:3<170::AID-PITS2310320303>3.0.CO;2-K.
- Marquez P.G-O., Martin R.P., Brackett M.A. Relating emotional intelligence to social competence and academic achievement in high school students // Psicothema. 2006. Vol. 18. P. 118–123.
- Mayer J.D., Salovey P., Caruso D.R., Sitarenios G. Emotional intelligence as a standard intelligence //



Emotion. 2001. Vol. 1. № 3. P. 232–242. doi:10.1037/1528-3542.1.3.232.

Mestre J.M., Guil R., Lopes P.N., Salovey P., Gil-Olarte P. Emotional intelligence and social and academic adaptation to school // *Psicothema*. 2006. Vol. 18. P. 112–117.

Parker J., Barnhart R., Harris J.I., Majeski S.A., Wood L.M., Bond B.J., Hogan M.J. Academic achievement in high school: Does emotional intelligence matter? // *Personality and Individual Differences*. 2004. Vol. 37. № 7. P. 1321–1330. doi:10.1016/j.paid.2004.01.002.

Qualter P., Gardner K.J., Pope D.J., Hutchinson J.M., Whiteley H.E. Ability, emotional intelligence, trait emotional intelligence, and academic success in British secondary schools: a 5-year longitudinal study // *Learning and Individual Differences*. 2012. Vol. 22. № 1. P. 83–91. doi:10.1016/j.lindif.2011.11.007.

Salovey P., Mayer J.D. Emotional intelligence // *Imagination, cognition and personality*. 1989. Vol. 9. №. 3. P. 185–211.

Thompson W.F., Schellenberg E.G., Husain G. Decoding speech prosody: Do music lessons help? // *Emotion*. 2004. Vol.14. № 4. P. 46–64. doi:10.1037/1528-3542.4.1.46.

DYNAMICS OF THE RELATIONSHIP OF EMOTIONAL INTELLIGENCE WITH THE RESULTS OF THE STATE EXAM DURING THE ADAPTATION OF SCHOOL SYSTEM TO ITS INTRODUCTION

DMITRIEVA E.S.*, *Institute of Evolutionary Physiology and Biochemistry named after I.M. Sechenov, Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russia,*
e-mail: dmit49@mail.ru

GELMAN V.YA.**, *Northwest State Medical University named after I.I. Mechnikov, St. Petersburg, Russia,*
e-mail: gelm@sg2104.spb.edu

Research is devoted to the study of the relationship of emotional intelligence of students with the results of the state exam in the adaptation of the school system for 5 years from the date of introduction. The sample consisted of 156 first-year students. Evaluation of the components of emotional intelligence was measured by self-report (EmIn questionnaire). There was a statistically significant correlation between the severity of different indicators of emotional intelligence of students passing the exam and the results of the three school subjects: Russian language, Mathematics, Social studies. It is shown that since the introduction in 2009 of compulsory exam the level of communication between the indicators of emotional intelligence and the results of the examination has changed. Adaptation processes to the introduction of the state exam lead to changes contingent of successful students: If at the time of the introduction of the exam more successful were students with higher EI, in the process of adaptation more successful became those with lower EI. It was shown that the components of EI, having the most important relationships with the results of the exam, are different for the considered subjects; the dynamics of these relationships has been revealed.

Keywords: emotional intelligence, unified state examination, adaptation, changes in the relationship.

For citation:

Dmitrieva E.S., Gelman V.Ya. Dynamics of the relationship of emotional intelligence with the results of the state exam during the adaptation of school system to its introduction. *Экспериментальная Психология = Experimental Psychology (Russia)*, 2015, vol. 8, no. 2, pp. 139–150 (In Russ., abstr. in Engl.). doi:10.17759/exppsy.2015080210

* *Dmitrieva E.S.* Ph.D. (Biology), Senior Research Associate, Institute of Evolutionary Physiology and Biochemistry, Russian Academy of Sciences named after I. M. Sechenov. E-mail: dmit49@mail.ru.

** *Gelman V.Ya.* Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Medical Informatics and Physics, Northwestern State Medical University named after I. I. Mechnikov. E-mail: gelm@sg2104.spb.edu.



References

- Alloway T. P., Alloway R. G. Investigating the predictive roles of working memory and IQ in academic attainment. *Journal of experimental child psychology*, 2010, vol. 106, no. 1, pp. 20–29. doi:10.1016/j.jecp.2009.11.003.
- Austin E. J., Saklofske D. H., Mastoras S. M. Emotional intelligence, coping and exam-related stress in Canadian undergraduate students. *Australian Journal of Psychology*, 2010, vol. 62, no. 1, pp. 42–50. doi:10.1080/00049530903312899.
- Barchard K. A. Does emotional intelligence assist in the prediction of the academic success? *Educational and Psychological Measurement*, 2003, vol. 63, no. 5, pp. 840–858. doi:10.1177/0013164403251333.
- Beauvais A. M., Stewart J. G., DeNisco S., Beauvais J. E. Factors related to academic success among nursing students: A descriptive correlational research study. *Nurse Educ Today*, 2014, vol. 34, no. 6, pp. 918–923. doi:10.1016/j.nedt.2013.12.005.
- Brackett M. A., Rivers S. E., Salovey P. Emotional Intelligence: Implications for Personal, Social, Academic, and Workplace Success. *Soc Personal Psychol Compass*, 2011, no. 13, pp. 88–103. doi:10.1111/j.1751-9004.2010.00334.x.
- Chew B. H., Zain A. M., Hassan F. Emotional intelligence and academic performance in first and final year medical students: a cross-sectional study. *BMC Med Educ*, 2013, vol. 27, pp. 13–44. doi:10.1186/1472-6920-13-44.
- Dankovičová J., House J., Crooks A., Jones K. The relationship between musical skills, music training, and intonation analysis skills. *Language and Speech*, 2007, vol. 50, pp. 177–225. doi:10.1177/0023830907050020201.
- Dmitrieva E. S., Gel'man V. Ja., Zajiceva K. A., Orlov A. M. Ocenka svjazi vosprijatija ehmocional'noj intonacii rechi s komponentami ehmocional'nogo intellekta [Evaluation of connection of perception of speech emotional intonation with components of emotional intelligence]. *Psikhologija. Zhurnal Vysshejj shkoly ehkonomiki [Psychology. Journal of Higher School of Economics]*, 2012, vol. 9, no. 1, pp. 126–134 (in Russ.).
- Dmitrieva E. S., Gel'man V. Ja., Zajiceva K. A., Orlov A. M. Ontogeneticheskie osobennosti psikhofiziologicheskikh mekhanizmov vosprijatija ehmocional'nogo komponenta rechi u muzykal'no odarennykh detej [Ontogenetic features of psychophysiological mechanisms of perception of speech emotional component in musically gifted children]. *Zhurnal vysshejj nervnoj dejatel'nosti [Journal of higher nervous system]*, 2004, vol. 54, no. 5, pp. 581–591 (in Russ.).
- Dmitrieva E. S., Gel'man V. Ja., Zajiceva K. A., Orlov A. M. Ontogeneticheskie osobennosti vzaimosvjazi psikhofiziologicheskikh mekhanizmov vosprijatija ehmocij i uspevaemosti u shkol'nikov [Ontogeny-specific interaction of psychophysiological mechanisms of emotional perception and educational achievement in students], *Zhurnal vysshejj nervnoj dejatel'nosti [Journal of higher nervous system]*. 2003, vol. 53, no. 5, pp. 560–568 (in Russ.).
- Dmitrieva E. S., Gel'man V. Ja., Zajiceva K. A., Orlov A. M. Zavisimost' vosprijatija ehmocional'noj informacii rechi ot akusticheskikh parametrov stimula u detej raznogo vozrasta [Dependence of the perception of emotional information of speech on the acoustic parameters of the stimulus in children of various ages]. *Fiziologija cheloveka [Human Physiology]*, 2008, vol. 34, no. 4, pp. 149–153 (in Russ.).
- Dmitrieva E. S., Gel'man V. Y., Zaitseva K. A., Lan'ko S. V. Age-related features of the interaction of learning success and characteristics of auditory operative memory. *Neurosci Behav Physiol*, 2008, vol. 38, no. 4, pp. 393–398. doi:10.1007/s11055-008-0056-5.
- Dmitrieva E. S., Gel'man V. Y., Zaitseva K. A., Orlov A. M. Connection of emotional intelligence and students' adjustment to stressful conditions of new method of educational success assessment. *21st Multidisciplinary International Neuroscience and Biological Psychiatry "Stress and Behavior" Conference. Proceedings and Program*. St-Petersburg, Russia, 2014, vol. 1, p. 24.
- Dmitrieva E. S., Gel'man V. Y., Zaitseva K. A., Orlov A. M. Perception of speech emotional prosody in children with high cognitive abilities and different thinking styles. In S. T. Jovicic, M. Sovilj (eds.), *Speech and Language. Fundamental and applied aspects of speech and language*. Ins. for Experim. Phonetics and Speech Pathology. Belgrade. 2005, pp. 335–337.
- Emotional Intelligence Training May Boost Exam Performance [Electronic resource]*. British Psychological Society (Press Release). 2008. URL: <http://alevelpsychology.co.uk/news/intelligence/emotionalintelligence-training-may-boost-exam-performance.html> (date accessed: 16/07/2014).
- Furnham A., Moutafi J., Chamorro-Premuzic T. Personality and Intelligence: Gender, the Big Five, Self-



- Estimated and Psychometric Intelligence. *International Journal of Selection & Assessment*, 2005, vol. 13, no.1, pp. 11–24. doi:10.1111/j.0965-075X.2005.00296.x.
- Gribkova O.V. Vzaimosvyaz' lichnostnoy trevozhnosti i emotsionalnogo intellekta u studentov mladshih kursov gumanitarnykh spetsialnostey [Relationship of personal anxiety and emotional intelligence in undergraduate students of humanities]. *Vestnik Samarskoy gumanitarnoy akademii, Seriya: Psikhologiya* [Bulletin of Samara Humanitarian Academy. Series: Psychology], 2012, no. 1, pp 3–8 (in Russ.).
- Lassiter K.S., Bardos A.N. The relationship between young children's academic achievement and measures of intelligence. *Psychology in the schools*, 1995, vol. 32, no. 3, pp. 170–177. doi:10.1002/1520-6807(199507)32:3<170::AID-PITS2310320303>3.0.CO;2-K.
- Ljusin D.V. Oprosnik na ehmocional'nyjj intellekt EmIn: novye psikhometricheskie dannye [Emotional intelligence questionnaire: New psychometric data]. *Social'nyjj i ehmocional'nyjj intellekt. Pod red. D.V. Ljusina, D.V. Ushakova* [D. Lyusin & D. Ushakov (eds.), *Social and Emotional Intelligence*]. Moscow, «Institut psikhologii RAN» Publ., 2009, pp. 264–278 (in Russ.).
- Ljusin D.V. Sovremennye predstavlenija ob ehmocional'nom intellekte [Modern views on emotional intelligence]. *Social'nyjj intellekt: Teorija, izmerenie, issledovanija. Pod red. D.V. Ljusina, D.V. Ushakova* [D. Lyusin & D. Ushakov (eds.), *Social Intelligence: Theory, Measurements, Research*]. Moscow, «Institut psikhologii RAN» Publ., 2004, pp. 29–36 (in Russ.).
- Marquez P.G.-O., Martin R.P., Brackett M.A. Relating emotional intelligence to social competence and academic achievement in high school students. *Psicothema*, 2006, vol.18, pp. 118–123.
- Mayer J. D., Salovey P., Caruso D.R., Sitarenios G. Emotional intelligence as a standard intelligence. *Emotion*, 2001, vol. 1, no. 3, pp. 232–242. doi:10.1037/1528-3542.1.3.232.
- Mestre J.M., Guil R., Lopes P.N., Salovey P., Gil-Olarte P. Emotional intelligence and social and academic adaptation to school. *Psicothema*, 2006, vol. 18, pp. 112–117.
- Orel E.A., Kochergina E.V., Najj Dzh.V. Faktory «Bol'shojj pjatjorki» kak psikhologicheskie prediktory akademicheskoi uspevaemosti u studentov vuzov [The Big 5 traits as the predictors of academic achievements among university students]. *Psikhologicheskie issledovanija. Ehlektronnyjj zhurnal* [Psychological research. Electronic journal], 2013, vol. 6, no. 27. URL: <http://publications.hse.ru/en/articles/63137204> (date accessed: 16/07/2014) (in Russ.).
- Parker J., Barnhart R., Harris J. I., Majeski S. A., Wood L. M., Bond B.J., Hogan M.J. Academic achievement in high school: Does emotional intelligence matter? *Personality and Individual Differences*, 2004, vol. 37, no. 7, pp. 1321–1330. doi:10.1016/j.paid.2004.01.002.
- Qualter P., Gardner K.J., Pope D.J., Hutchinson J.M., Whiteley H.E. Ability, emotional intelligence, trait emotional intelligence, and academic success in British secondary schools: a 5-year longitudinal study. *Learning and Individual Differences*, 2012, vol. 22, no. 1, pp. 83-91. doi:10.1016/j.lindif.2011.11.007
- Rusalov V.M., Dudin S.I. Temperament i intellekt: obshhie i special'nye faktory razvitija [Temperament and Intelligence: general and specific factors of development]. *Psikhologicheskij zhurnal* [Journal of Psychology], 1995, vol. 16, no. 5, pp. 12–23 (in Russ.).
- Salovey P., Mayer J.D. Emotional intelligence. *Imagination, cognition and personality*, 1989, vol. 9, no. 3, pp. 185–211.
- Slobodskaja E.R., Safronova M.V., Akhmetova O.A. Lichnostnye osobennosti i stil' zhizni kak faktory shkol'noj uspevaemosti podrostkov [Personality characteristics and lifestyle as factors of school performance of teenagers]. *Psikhologicheskaja nauka i obrazovanie* [Psychological Science and Education], 2008, no. 2, pp. 70–79 (in Russ.).
- Stridgius E.I. Vliyanie "trevozhnosti vypusknika" na uspeshnost' sdachi starsheklassnikami vypusknih ekzamenov (EGE i GIA) [The influence of "graduate's anxiety" on the success of high school students passing the final exams (USE and SFE)]. *Psikhologija obuchenija* [Educational psychology], 2012, no. 12, pp. 54–67 (in Russ.).
- Thompson W.F., Schellenberg E.G., Husain G. Decoding speech prosody: Do music lessons help? *Emotion*, 2004, vol.14, no. 4, pp. 46–64. doi:10.1037/1528-3542.4.1.46.