

МЕЖРЕГИОНАЛЬНАЯ АССОЦИАЦИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ПСИХОЛОГИИ

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
ИНСТИТУТ ПСИХОЛОГИИ

МОСКОВСКИЙ ГОРОДСКОЙ ПСИХОЛОГО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. М. В. ЛОМОНОСОВА

ЕСТЕСТВЕННО-НАУЧНЫЙ ПОДХОД В СОВРЕМЕННОЙ ПСИХОЛОГИИ

Ответственный редактор
В. А. Барабанщиков



Издательство
«Институт психологии РАН»
Москва – 2014

УДК 159.9
ББК 88
Е 86

Все права защищены. Любое использование материалов данной книги полностью или частично без разрешения правообладателя запрещается

Редакционная коллегия:

*Ю. И. Александров, В. М. Аллахвердов, В. А. Барабанщиков (отв. редактор),
Н. А. Выскочил, А. Н. Гусев, А. А. Демидов (отв. секретарь), П. Н. Ермаков,
А. Л. Журавлев, Ю. П. Зинченко, А. В. Карпов, Л. С. Куравский, С. Б. Малых,
В. Н. Носуленко, В. И. Панов, А. О. Прохоров, В. В. Рубцов, В. В. Селиванов,
А. А. Созинов, И. С. Уточкин, Д. В. Ушаков, Ю. Е. Шелепин*

Е 86 **Естественно-научный подход в современной психологии** / Отв. ред. В. А. Барабанщиков. – М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2014. – 880 с. (Интеграция академической и университетской психологии)

ISBN 978-5-9270-0293-1

УДК 159.9

ББК 88

Книга посвящена обсуждению широкого круга вопросов, касающихся реализации естественно-научного подхода в психологических исследованиях, и содержит около 150 статей, с различных сторон раскрывающих данную тему. Обсуждаются вопросы методологии естественно-научного изучения психических явлений, роли и места естественно-научных методов исследования (прежде всего, эксперимента) в развитии психологической науки, перспектив и границ применения экспериментальных и эмпирических методов в психологических исследованиях, создания новых экспериментальных средств и процедур, формализации психологического познания, объяснения и интерпретации данных экспериментальных исследований и мн. др. Данный труд является содержательным продолжением серии коллективных научных трудов, посвященных проблемам эксперимента в психологии, выпущенных за последнее время («Экспериментальная психология в России: традиции и перспективы», 2010; «Современная экспериментальная психология», 2011; «Экспериментальный метод в структуре психологического знания», 2012). Выход настоящего издания приурочен к 185-летию со дня рождения И. М. Сеченова и 165-летию И. П. Павлова, выдающихся русских ученых, заложивших естественно-научные основы изучения психических явлений в отечественной науке.



*Книга издана при финансовой поддержке Российского гуманитарного
научного фонда (РГНФ), проект № 14-06-14027*

© Межрегиональная ассоциация экспериментальной психологии, 2014
© ФГБУН Институт психологии Российской академии наук, 2014

ISBN 978-5-9270-0293-1

- Johnstone A.D.F. The detection of dissolved amino acids by the Atlantic cod, *Gadus morhua* L. // J. Fish Biol. 1980. V. 17. №2. P. 219–230.
- Kawamura T., Tamura T. Responses of the pit organ to amino acids // Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries. 1980. V. 46. №12. P. 1457–1463.
- Kobayashi H., Goh Y. Comparison of the olfactory responses to amino acids obtained from receptor and bulbar levels in a marine teleosts // Exp. Biol. 1985. V. 44. №3. P. 199–210.
- Kohbara J., Caprio J. Taste responses of the facial and glossopharyngeal nerves to amino acids in rainbow trout // J. Fish Biol. 2001. V. 58. №4. P. 897–1195.
- Marui T., Evans R. E., Zielinski B., Hara T.J. Gustatory responses of the rainbow trout (*Salmo gairdneri*) palate to amino acids and derivatives // J. Comp. Physiol. A. 1983. V. 153. №4. P. 423–433.

ОЦЕНКА ПОСТОЯНСТВА СВЯЗИ ВЫПОЛНЕНИЯ АКТОВ ПОВЕДЕНИЯ И АКТИВНОСТИ НЕЙРОНА ПРИ МЕХАНИЧЕСКОМ ПОВРЕЖДЕНИИ ЕГО МЕМБРАНЫ¹

А. А. Созинов*, П. А. Пескова**, Ю. И. Александров*

* Института психологии РАН (Москва)

** Государственный академический университет гуманитарных наук
alesozinov@yandex.ru, poligry@gmail.com, yuraalexandrov@yandex.ru

Введение

Многие психологические характеристики здорового человека, такие как характерологические особенности, отдельные воспоминания, самоидентификация и т.д., сохраняют стабильность на протяжении длительного времени. В то же время известно, что физиологические процессы, лежащие в основе развития, научения, а также обеспечения «одного и того же» поведения на разных этапах его формирования, характеризуются динамикой (Александров и др., 2014; Развитие мозга..., 2009; Nadel, Hardt, 2011). Изучение стабильных свойств активности мозга, сохраняющихся на фоне динамики мозгового обеспечения поведения, после формирования нового поведения или изменения условий реализации ранее сформированного поведения, проводится в рамках разработки психологической проблемы научения и позволяет описать индивида как носителя постоянных характеристик, а поведение – как проявление индивидуальной истории формирования опыта (Александров, 2005; Казымаев и др., 2012).

В рамках системно-эволюционного подхода к изучению психики (Швырков, 2006) проведено обоснование и экспериментальное изучение принципа постоянства специализации нейрона относительно системы поведенческого акта с помощью определения специализации нейронов (Александров и др., 2014; Швырков, 2006) при регистрации их активности у животных в ходе выполнения поведения на последовательных этапах научения. Представление о стабильности специализации нейронов лежит в основе нескольких базовых положений системной психофизиологии: об одновременной актуализации систем, сформированных на разных этапах научения новому поведению, в ходе реализации этого поведения; о научении

1 Исследование выполнено при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, проект № 14-06-00404-а.

как формированию «новых» систем не взамен «старых», а в качестве дополнения, «наслоения» нового опыта – за счет специализации нейронов «запаса».

Исследования стабильности связи активации нервных клеток с выполнением животными определенных актов поведения широко представлены в литературе (например, Горкин, Шевченко, 1990; Greenberg et al., 2004; Thompson, Best, 1989), в том числе в исследованиях возможности управления протезами с помощью надежно воспроизводимых сигналов мозговой активности (Jackson et al., 2006). На основе этих и других данных мы исходим из предположения, что системная специализация является необратимой и сохраняется в течение всей жизни нейрона (Александров, 2005; Швырков, 2006). Поскольку, с нашей точки зрения, специализация связана с таким изменением метаболизма нейрона, которое специфицирует его способы выживания, то значительный интерес представляют исследования постоянства специализации нейрона при изменении условий его жизнедеятельности. Иными словами, активность специализированного нейрона является витальной, и можно ожидать, что она сохраняется при различных непосредственных воздействиях на нейрон, серьезно изменяющих его возбудимость. Действительно, в исследовании Б. Н. Безденежных (2004), проведенном с использованием метода микроионофоретического подведения веществ к отдельному нейрону в ходе выполнения животными пищедобывательного поведения, было выявлено, что введение нейромедиатора (ацетилхолина или L-глутамата), хотя и обуславливает изменение частоты активности нейрона, но не приводит к кардинальной перестройке связи между увеличением частоты и этапами поведения, а также не вызывает появления ранее не существовавшей активации. Кроме того, исходная активность восстанавливается спустя некоторое время после прекращения воздействия. Следовательно, можно предполагать, что специализация нейрона имеет устойчивый характер и сохраняется при подведении нейромедиаторов.

Настоящее исследование направлено на изучение стабильных характеристик мозгового обеспечения поведения путем оценки стабильности системной специализации нейронов при сильном, угрожающем выживанию нейрона *механическом* воздействии на его мембрану. Насколько нам известно, изучение характеристик активности нервных клеток при их механическом повреждении проводилось только на изолированных препаратах (например, Васягина, 2013). Задачей настоящего исследования является сопоставление показателей связи выполнения поведения с активностью нейронов (в том числе специализации) в ходе стандартной процедуры регистрации активности и при механическом повреждении микроэлектродом. Для этого разработан «показатель повреждения» нейрона и критерий выделения сопоставляемых фрагментов записи.

Процедура и методы исследования

В качестве экспериментальной модели для исследования стабильности показателей нейронного обеспечения поведения использовано циклическое инструментальное пищедобывательное поведение (см. подробно: Александров, 1989; Швырков, 2006), реализуемое кроликами в экспериментальной камере, в смежных углах которой располагаются пары: педаль и кормушка. Нажатие педали на левой или правой стороне камеры приводит к автоматической подаче соответственно левой или правой кормушки с порцией пищи. Некоторые животные были также обучены получению пищи путем потягивания за кольцо, которое на время помещалось в клетку вместо

педали. Обучение животных проводили поэтапно (захват пищи из кормушки, поворот в сторону педали, подход к педали, нажатие на педаль). Каждый день в ходе обучения вводили один новый этап.

На каждом животном регистрация нейронной активности проведена последовательно в двух областях цингулярной коры. Запись активности нейронов передней (координаты: AP -3-4 мм, ML +1-2 мм) и/или задней цингулярной коры (AP +9-10 мм, ML +1-2 мм) мозга обученных животных проводили в ходе выполнения циклического пищедобывательного поведения в течение одной-двух недель после обучения.

Нейроны, запись активности которых осуществлялась в ходе выполнения поведения полного цикла поведения на двух сторонах камеры, отбирались для последующего анализа данных. Для каждого нейрона была подсчитана средняя частота потенциалов действия (спайков) за все время регистрации. Кроме того, подсчитывали частоту спайков в каждом акте поведения. За активацию в одном или нескольких актах принималось превышение частоты активности в этих актах над средней не менее чем в 1,5 раза. Для всех нейронов оценивали вероятность активации в каждом из актов. Специализированным относительно системы определенного поведенческого акта считали нейрон, вероятность активации которого в этом акте равна единице. Иными словами, специализированным считали нейрон, который *всегда* активируется при выполнении данного акта. Для статистического анализа были выделены показатели активности только специализированных нейронов, т. е. показатели, описывающие специфическую связь активности нейронов с выполнением поведения. В то же время изменение свойств нейронной активности при повреждении мембраны может быть оценено и на неидентифицированных нейронах.

Каждый нейрон классифицировали в соответствии с его специализацией относительно актов поведения. В рамках этой классификации специализированные нейроны делятся на две группы: Н-нейроны, предположительно специализированные при научении в экспериментальной камере (относительно «новых» систем); и С-нейроны, специализировавшиеся до научения в эксперименте (относительно «старых» систем). Процедуры классификации нейронов на основе критерия специализации подробно описаны ранее (Александров, 1989).

Эпизоды прикосновения кончика электрода к мембране клетки являются артефактными применительно к стандартной процедуре регистрации, поскольку вызывают изменения активности нейрона, не связанные с вовлечением в обеспечение поведения в нормальных условиях. Такие повреждения возникают вследствие микродвижений мозга относительно черепа, например, при резких движениях животного. Для выполнения задачи настоящего исследования были использованы данные, полученные нами ранее (Аверкин и др., 2002; Александров и др., 2007; Казымаев и др., 2012) в экспериментах с регистрацией активности нейронов передней или задней цингулярной коры мозга кроликов в ходе выполнения ими сложного циклического пищедобывательного поведения. Мы отобрали те записи нейронной активности, из которых ранее исключались фрагменты с механическим повреждением, а также обозначенные в протоколе эксперимента как имеющие механические повреждения. Для проведения сопоставления показателей нейронной активности в период стандартной регистрации и при механическом повреждении были выбраны нейроны, характеристики активности которых удовлетворяли следующим требованиям: (1) соответствие критерию специализации; (2) соответствие критерию повреждения мембраны; (3) наличие во фрагменте записи с механическим

повреждением циклов поведения животного на той же стороне экспериментальной камеры, что и специфические акты данного нейрона.

Для выделения фрагментов стандартной регистрации и механического повреждения было необходимо создать показатель повреждения нейрона, не зависящий от частоты и амплитуды потенциалов действия (спайков) конкретного нейрона, и сформулировать критерий повреждения, т. е. уровень показателя повреждения, при достижении которого цикл поведения включается во фрагмент механического повреждения.

Показатель повреждения вычисляли для каждого полного цикла пищедобывательного поведения, т. е. для набора из пяти актов от вынимания головы из кормушки и поворота к педали или кольцу до опускания головы в кормушку для получения пищи. Каждый спайк нейрона принадлежал к группе сходных по форме и амплитуде спайков, сформированной в результате их сортировки на основе выбранного спайка-образца (рисунок 1). Для каждого цикла поведения вычисляли среднюю частоту спайков, принадлежащих только одной из таких групп. Эти отдельные частоты отражают вклад спайков данной группы в частоту спайков в данном цикле (последняя является суммой отдельных частот). Например, средняя частота спайков нейрона 1941 незначительно меняется от цикла к циклу, однако вклад спайков, принадлежащих разным группам, сильно меняется (рисунок 2). Затем каждую отдельную частоту выражали в единицах частоты всех спайков в данном цикле (т. е. получали долю спайков каждой группы в частоте в данном цикле вместо абсолютной частоты).



Рис. 1. Спайки-образцы (верхний ряд, сплошные линии) и группы (нижний ряд; спайки наложены друг на друга) после сортировки спайков нейрона 1602

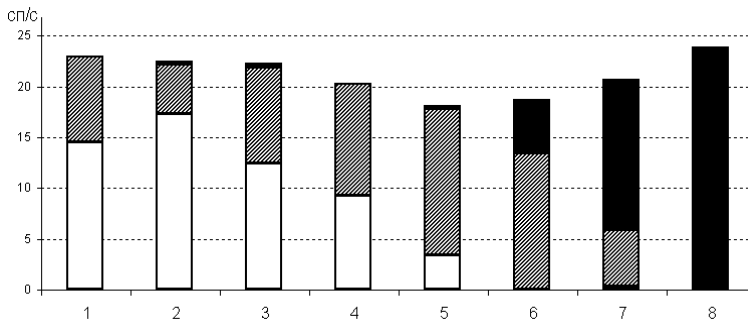


Рис. 2. Вклад спайков разных групп в среднюю частоту спайков нейрона 1602 изменяется по мере увеличения степени повреждения нейрона. По оси абсцисс – номер цикла поведения, по оси ординат – средняя частота (спайков в секунду). Белым, штриховкой и черным показаны доли спайков трех групп, представленных на рисунке 1

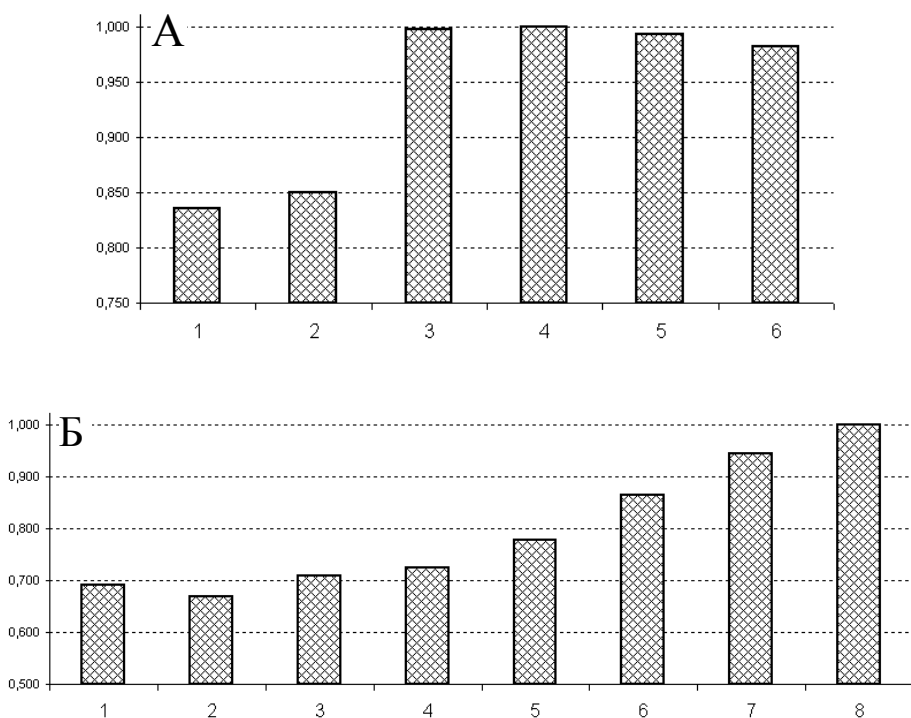


Рис. 3. Динамика показателя механического повреждения (А) нейрона 1941 с резким возрастанием и (Б) нейрона 1602 с плавным возрастанием. По оси абсцисс – номера циклов поведения, по оси ординат – значение показателя повреждения

ты). Полученное значение умножали на амплитуду спайка-образца данной группы, нормированную по минимальной и максимальной амплитуде (принятых за 0 и 1, соответственно). Сумма полученных значений составляла показатель повреждения нейрона. Иными словами, показатель повреждения увеличивается как при увеличении частоты спайков, так и увеличении амплитуды (и еще больше увеличивается при увеличении обоих показателей) и позволяет оценить их изменения в единицах их собственных максимальных значений (изменяется от 0 до 1). Таким образом, динамика показателя повреждения у нейронов без повреждения представляет собой «плоский» график, который либо скачкообразно возрастает в случае резкого повреждения нейрона (рисунок 3А), либо плавно возрастает в случае постепенного увеличения степени повреждения (рисунок 3Б).

В соответствии с двумя вариантами динамики повреждения, критерием повреждения нейрона служило либо увеличение показателя повреждения на 70% между соседними циклами (т.е. резкий скачок), либо – при плавном нарастании показателя – превышение его среднего значения (аналогично методу контрастных групп, сопоставляли циклы с низким и высоким показателем повреждения).

Обработку данных проводили с помощью пакета специальных программ для анализа нейронной активности (Ю. В. Райгородский, А. К. Крылов), а также программы MS Excel. Для статистических процедур использовали пакет программ SPSS (версия 11).

Результаты исследования

Отбор записей нейронной активности позволил сформировать выборку из 81 нейрона. Среди них 13 нейронов удовлетворяли требованиям, сформулированным в разделе Методика, для соответствия задаче настоящего исследования. Разработанному критерию повреждения нейрона соответствовали 5 клеток, для которых применили процедуры сопоставления показателей нейронной активности в период стандартной регистрации и при механическом повреждении. Среди этих нейронов один был классифицирован как С-нейрон, а оставшиеся 4 – как Н-нейроны (см. раздел Методика). Ввиду малого размера выборки для каждого нейрона было создано отдельное описание динамики, и проведено качественное сопоставление показателей нейронной активности в период стандартной регистрации и при механическом повреждении.

Выявлено, что три Н-нейрона характеризуются различными изменениями показателей обеспечения поведения при наличии механического повреждения электродом:

- у нейрона 9125 увеличивается длительность активации так, что она появляется в акте, предшествовавшем специфическому (специализация сохраняется);
- активность нейрона 9137 также характеризуется таким удлинением активаций, что они возникают в «соседних» со специфическим актах, причем по формальному критерию активность перестает соответствовать критерию специализации, так как различие в частоте между «специфическим» и другими актами перестает быть достоверным;
- по мере увеличения степени повреждения нейрон 1845 теряет соответствие критерию специализации, и максимальная частота спайков начинает соответствовать разным актам при движении от цикла к циклу (что несвойственно специализированному нейрону).

Таким образом, механическое повреждение мембраны нейрона вызывает изменения показателей связи активности нейрона с выполнением актов поведения, в том числе потерю соответствия критерию специализации. У других двух нейронов не выявлено изменения характеристик вовлечения в обеспечение поведения при механическом повреждении:

Н-нейрон 1941 сохраняет специализацию, несмотря на значительное увеличение амплитуды спайков и скачкообразное возрастание показателя повреждения;

С-нейрон 8147 также сохраняет специализацию, хотя средняя частота спайков снижается по мере увеличения степени механического повреждения, что свидетельствует о летальном повреждении мембраны и потере жизнеспособности.

Заключение

Разработана методика, позволяющая оценить возможность выделения в одной записи активности нейрона, сделанной в ходе выполнения испытуемым одного и того же набора актов поведения, двух частей, соответствующих обычным условиям регистрации и условиям механического повреждения этой нервной клетки. Разработаны показатель и критерий повреждения, позволяющие определить границы этих частей записи. Сформирована выборка нейронов, запись активности которых проводилась при таком повреждении. Предварительные результаты применения

этой методики к специализированным нейронам показывают возможность проверки гипотезы о том, что влияние механического повреждения мембраны нейрона на показатели его вовлечения в обеспечение поведения может быть очень выраженным, но, несмотря на это, параметры его активности свидетельствуют в пользу того, что даже на фоне критически измененной возбудимости нейрона его специализация сохраняется. Этот феномен выявлен как у нейронов «новых», так и у нейронов «старых» систем.

Таким образом, применение принципа системной специализации нейронов позволяет проводить изучение стабильных показателей нейронной активности, отражающих связь с выполнением актов поведения и, вероятно, обеспечивающих постоянство стабильных психологических характеристик поведения индивида.

Литература

- Аверкин Р. Г., Гринченко Ю. В., Созинов А. А., Александров Ю. И. Специфика участия нейронов моторной коры в механизмах формирования индивидуального опыта // Современная психология: состояние и перспективы исследований. Ч. 2. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2002. С. 179–189.
- Александров Ю. И. Психофизиологическое значение активности центральных и периферических нейронов в поведении. М.: Наука, 1989.
- Александров Ю. И. Научение и память: традиционный и системный подходы // Журнал высшей нервной деятельности им. И. П. Павлова. 2005. Т. 55. № 6. С. 842–860.
- Александров Ю. И., Горкин А. Г., Созинов А. А., Сварник О. Е., Кузина Е. А., Гаврилов В. В. Нейронное обеспечение научения и памяти // Когнитивные исследования: сборник научных трудов. Вып. 6 / Под ред. Б. М. Величковского, В. В. Рубцова, Д. В. Ушакова. М.: Изд-во ГБОУ ВПО МГППУ, 2014. С. 130–169.
- Александров Ю. И., Созинов А. А., Аверкин Р. Г., Лаукка С. Феномен проактивной интерференции: связь с эмоциями и возможные мозговые основы // Морфофункциональные основы системной деятельности / Труды научного совета по экспериментальной и прикладной физиологии. Т. 14. М., 2007. С. 150–166.
- Безденежных Б. Н. Механизмы действия микроионофоретически подводимого к нейрону вещества // Динамика взаимодействия функциональных систем в структуре деятельности. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2004.
- Васягина Н. Ю. Прижизненные исследования травматической ретракции нервных отростков и ее ингибирование: Автореф. ... канд. биол. наук. СПб., 2012.
- Горкин А. Г., Шевченко Д. Г. Стабильность поведенческой специализации нейронов // Журнал высшей нервной деятельности им. И. П. Павлова. 1990. Т. 40. № 2. С. 291–300.
- Казымаев С. А., Созинов А. А., Гринченко Ю. В., Александров Ю. И. Оценка реорганизации индивидуального опыта по показателям динамики мозгового обеспечения поведения // Экспериментальный метод в структуре психологического знания / Отв. ред. В. А. Барбанщиков. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2012. С. 777–781.
- Развитие мозга и формирование познавательной деятельности ребенка / Под ред. Д. А. Фарбер, М. М. Безруких. М.: Изд-во МПСИ; Воронеж: НПО «Модэк», 2009.
- Швырков В. Б. Введение в объективную психологию: Нейрональные основы психики: Избранные труды. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2006.
- Greenberg P. A., Wilson A. W. Functional stability of dorsolateral prefrontal neurons // Journal of Neurophysiology. 2004. V. 92. P. 1042–1055.

- Jackson A., Mavoori J., Fetz E. Correlations between the same motor cortex cells and arm muscles during a trained task, free behavior, and natural sleep in the macaque monkey // *Journal of Neurophysiology*. 2007. V. 97. P. 360–374.
- Nadel L., Hardt O. Update on memory systems and processes // *Neuropsychopharmacology*. 2011. V. 36. № 1. P. 251–273.
- Thompson L. T., Best P. J. Place cells and silent cells in the hippocampus of freely-behaving rats // *The Journal of Neuroscience*. 1989. V. 9. № 7. P. 2382–2390.

ВОСПРИЯТИЕ СОБСТВЕННОГО ТЕЛА У ЗМЕЙ[†]

А. Ю. Соколов*, И. А. Хватов**

* Автономная некоммерческая организация Лаборатория-студия «Живая земля»
arophis-king@mail.ru

** Московский гуманитарный университет
ittkrot1@gmail.com

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

Следует отметить, что данный метод подвергается существенной критике: во-первых, его трудно применять по отношению к животным, у которых зрительная модальность не является ведущей (к большинству млекопитающих) (Beckoff, 2001). Так, крысы при соотнесении границ собственного тела с объектами внешней среды, осуществляя локомоторные операции, преимущественно используют не зрение, а кинестетику (см. статью И. А. Хватова, А. Ю. Соколова, А. Н. Харитонова, К. Н. Куличенковой в этом сборнике). Во-вторых, и животные, и человек могут не проявлять интереса к отметинам на собственном теле (Asendorpf et al., 1996), в-третьих, дискуссионным остается вопрос о том, действительно ли самоузнавание в зеркале свидетельствует о самосознании (там же).

В рамках другого направления исследований изучается специфика схемы собственного тела у животных (Herman et al., 2001; Maravita, Iriki, 2004). Под схемой тела следует понимать систему двигательных навыков и способностей, позволяющих осуществлять различные движения, а также представление о физических характеристиках собственного тела (его границах, весе, взаиморасположении отдельных членов). В отличие от образа тела, схема тела является неосознаваемым феноменом (Gallagher, Cole, 1995). Существует точка зрения, что схема тела (принятие се-

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