

Российская академия наук
Институт психологии

**ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ
И ПРИКЛАДНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
СОВРЕМЕННОЙ ПСИХОЛОГИИ**

Результаты и перспективы развития

Ответственные редакторы

*А. Л. Журавлёв,
В. А. Кольцова*



Издательство
«Институт психологии РАН»
Москва – 2017

УДК 159.9

ББК 88

Ф 94

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

Редакционная коллегия:

*А. А. Алдашева, И. О. Александров, Ю. И. Александров, Б. Н. Безденежных,
Н. В. Борисова, Ю. В. Быховец, А. Е. Воробьева, Т. В. Галкина,
Т. В. Дробышева, Е. Н. Дымова, Т. П. Емельянова, А. Л. Журавлёв (отв. ред.),
А. Н. Занковский, Н. Н. Казымова, Ю. В. Ковалева, В. А. Кольцова (отв. ред.),
А. Н. Костин, А. И. Лактионова, А. В. Махнач, Л. Ш. Мустафина,
Т. А. Нестик, А. А. Обознов, Н. Д. Павлова, М. А. Падун, Ю. В. Постылякова,
Е. С. Самойленко, Е. А. Сергиенко, Н. В. Тарабрина,
Б. Н. Тугайбаева (отв. секретарь), Д. В. Ушаков, М. А. Холодная*

Ф 94 **Фундаментальные и прикладные исследования современной психологии: результаты и перспективы развития /**
Отв. ред. А. Л. Журавлёв, В. А. Кольцова. – М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2017. – 2714 с.

ISBN 978-5-9270-0362-4

УДК 159.9

ББК 88

Сборник научных работ освещает широкий круг фундаментальных и прикладных проблем современной психологической науки, отражает ее состояние и представляет систему основных отраслей, научных направлений и проблем, а также важнейшие тенденции ее развития: усиление комплексности, междисциплинарности и системности исследований, их социальной ориентированности, гуманизации в трактовке личности и социальных общностей, появление новых, отвечающих запросам времени научных разработок.

Издание подготовлено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ), проект № 17-06-14058г «Всероссийская юбилейная научная конференция „Фундаментальные и прикладные исследования современной психологии: результаты и перспективы развития“, посвященная 45-летию ИП РАН и 90-летию со дня рождения его создателя и первого директора Б. Ф. Ломова»

© ФГБУН Институт психологии РАН, 2017

ISBN 978-5-9270-0362-4

Закономерности реактивации памяти¹

О. Е. Сварник (Москва)

*кандидат психологических наук, старший научный сотрудник,
Институт психологии РАН; e-mail: olgaesvarnik@yandex.ru*

Регистрация нейронной активности мозга показывает, что нейроны, специализированные относительно того или иного поведения, реактивируются и вне этого поведения, хотя и с меньшей интенсивностью. В наших работах было показано, что формирование нового опыта сопровождается реактивацией нейронов, связанных с предыдущими навыками. Закономерности таких нейронных реактиваций в настоящее время недостаточно изучены, однако, при исследованиях формирования памяти необходимо учитывать вероятность реактивации того опыта, который уже существует у индивидов.

Ключевые слова: нейрон, активность, мозг, память.

С точки зрения селекционных теорий научения (например: Швырков, 1995), в процессе приобретения нового опыта происходит функциональное формирование новой системы или группы нейронов (из числа молчащих нейронов или из нейронов, образованных в процессе взрослого нейрогенеза), активность которых связана с выполнением приобретенного поведения. Однако системное описание научения на нейронном уровне включает в себя две группы неразрывно связанных процессов: процессов системной специализации и процессов аккомодационной реконсолидации. Под системной специализацией понимается функциональная и морфологическая модификация неспециализированных нейронов, связанная с их вовлечением во вновь формируемую группу нейронов, обеспечивающую реализацию нового поведенческого акта. А процессы аккомодационной реконсолидации описывают функциональные и морфологические

1 Статья подготовлена при финансовой поддержке РФНФ, проект № 17-06-00999.

модификации нейронов, уже специализированных относительно ранее сформированных систем индивидуального опыта и претерпевающих модификации в связи с изменениями структуры индивидуального опыта (Alexandrov et al., 2001).

При приобретении нового поведения специфические для него нейронные активации могут выявляться практически сразу, как было показано, например, для формирования инструментального поведения (Горкин, 2009) или обследования нового пространства (Wilson, McNaughton, 1993). Однако нейронные активации, по-видимому, продолжают и вне того поведения, при котором изначально возникла нейронной группы, что позволяет говорить о продолжающейся модификации опыта и без поведения. Реактивации определенных групп гиппокампальных нейронов (нейронов «места») были обнаружены у крыс во время периодов неактивности между побежками вдоль одного рукава лабиринта (Foster, Wilson, 2006), в концах которого располагались кормушки с едой. Добегая до конца коридора, животное останавливалось на некоторое время и собирало еду. Оказалось, что в этот момент гиппокампальные нейроны, активность которых была связана с определенным местоположением крысы в коридоре, воспроизводили свою активность, причем последовательность их активностей совпадала с той последовательностью, которая наблюдалась во время реального перемещения по рукаву, т. е. последовательность реактиваций нейронных групп воспроизводилась, но реактивация содержала только 1–3 спайка каждого нейрона и занимала меньше секунды. Оказалось, что в новой обстановке число таких реактиваций было достоверно больше, чем в знакомой (Foster, Wilson, 2006). Реактивации нейронных последовательностей в гиппокампе были также обнаружены и вне периодов остановок, но, так же как и в предыдущих случаях, во время высокочастотных пульсаций с острой волной (140–200 Гц), выявляемых в локальных полевых потенциалах.

Интересно, что у людей также наблюдаются своего рода реактивации образов. Так, например, было показано, что испытуемые, игравшие в тетрис, сообщали о повторяющихся образах этой игры в периоды непосредственно перед сном; такой же эффект наблюдался даже у амнестичных пациентов с двухсторонним повреждением медиальной височной доли, хотя пациенты с таким диагнозом даже не помнили самого факта игры (Stickgold et al., 2000).

Реактивации нейронных групп, распределенных по нескольким структурам мозга, могут быть продемонстрированы и с помощью метода картирования экспрессии непосредственного раннего гена *arc*. Известно, что мРНК данного гена детектируется через

5 минут после приобретения нового опыта в ядрах нейронов и через 30 минут – в цитоплазме, что позволяет оценить вовлеченность нейронов в повторные активации. Картирование активности данного гена было осуществлено сразу после помещения крыс в новую обстановку и после периода «отдыха» (Gheidi et al., 2012). В этих исследованиях было показано, что во время периода отдыха с большей вероятностью реактивируются те же нейронные группы, которые были активны при обследовании новой обстановки (однако число нейронов с повторными активациями составляет приблизительно 25% от первоначального состава). При этом реактивация нейронов обнаруживается в области CA1 и CA3 гиппокампа и в нескольких корковых структурах (Gheidi et al., 2012). Подобными методами картирования нами было показано, что при формировании второго (из двух последовательно формируемых) навыка происходит активация нейронов, связанных с выполнением первого навыка, даже если данные навыки принадлежат разным доменам опыта (Сварник и др., 2014; Булава, Гринченко, 2015).

Подавление активности нейронов области CA3 гиппокампа у трансгенных мышей в течение четырехнедельного периода после обучения условно-рефлекторному замиранию приводит к ухудшению памяти об обстановке, в которой осуществлялся удар током, а также к снижению выраженности высокочастотных осцилляций и реактиваций специфических нейронных пар области CA1 гиппокампа во время состояний сна или спокойного бодрствования (Nakashiba et al., 2009). Было также отмечено, что у пожилых крыс, демонстрирующих ухудшения памяти в пространственных задачах, наблюдается снижение выраженности реактиваций специфических нейронных последовательностей в гиппокампе во время периодов спокойного бодрствования после тренировки, причем чем лучше воспроизводилась последовательность, тем лучше впоследствии оказывалась память (Gerrard et al., 2008).

На основании огромной базы данных отчетов о текущем содержании мыслительной деятельности разных людей в случайные моменты времени было показано, что практически в половине случаев текущие размышления не связаны с той деятельностью, которую осуществляет человек. Можно предположить, что после формирования подходящего нейронного паттерна активности реактивация этой группы воспроизводится время от времени. Такие реактивации лежат в основе спонтанных припоминаний. Причем чем короче период после формирования, тем вероятнее реактивация этого паттерна. У человека, по-видимому, эти периоды могут исчисляться годами. Можно предположить, что чем «старее» память, тем реже

она реактивируется, и тем сложнее ее потерять. Феномен спонтанной реактивации и накопление смешивающихся пространственно-временных паттернов нейронной активности могут лежать в основе появления усталости и снижения когнитивных способностей в условиях депривации сна.

Таким образом, регистрация нейронной активности мозга показывает, что нейроны, специализированные относительно того или иного поведения, реактивируются и вне этого поведения, хотя и с меньшей интенсивностью. В наших работах было показано, что формирование нового опыта сопровождается реактивацией нейронов, связанных с предыдущими навыками. Закономерности таких нейронных реактиваций в настоящее время недостаточно изучены, однако при исследованиях формировании памяти необходимо учитывать вероятность реактивации того опыта, который уже существует у индивидов.

Литература

- Булава А. И., Гринченко Ю. В.* Транскрипционная активность гена *c-Fos* в головном мозге крыс в задаче пассивного избегания после формирования инструментального пищедобывательного навыка // Биомедицинская радиоэлектроника. 2015. №4. С. 25–26.
- Горкин А. Г.* Нейрональное обеспечение первых успешных реализаций поведенческих актов // Психология человека в современном мире. Материалы Всероссийской юбилейной научной конференции, посвященной 120-летию со дня рождения С. Л. Рубинштейна / Отв. ред. А. Л. Журавлёв, М. И. Воловикова, Л. Г. Дикая, Ю. И. Александров. М., 2009. С. 332–334.
- Сварник О. Е., Анохин К. В., Александров Ю. И.* Опыт первого, «вибриссного», навыка влияет на индукцию экспрессии *c-Fos* в нейронах бочонкового поля соматосенсорной коры крыс при обучении второму, «невибриссному», навыку // Журнал высшей нервной деятельности. 2014. Т. 63. №. 6. С. 77–81.
- Швырков В. Б.* Введение в объективную психологию. Нейрональные основы психики / Под ред. Ю. И. Александрова. М., 1995.
- Alexandrov Y. I., Grinchenko Y. V., Shevchenko D. G., Averkin R. G., Matz V. N., Laukka S., Korpusova A. V.* A subset of cingulate cortical neurons is specifically activated during alcohol-acquisition behavior // Acta Physiol. Scand. 2001. V. 171. P. 87–97.
- Foster D. J., Wilson M. A.* Reverse replay of behavioural sequences in hippocampal place cells during the awake state // Nature. 2006. V. 440 (7084). P. 680–683.

- Gerrard J. L., Burke S. N., McNaughton B. L., Barnes C. A. Sequence reactivation in the hippocampus is impaired in aged rats // *J. Neurosci.* 2008. V. 28 (31). P. 7883–7890.
- Gheidi A., Satvat E., Marrone D. F. Experience-dependent recruitment of Arc expression in multiple systems during rest // *J. Neurosci Res.* 2012. V. 90 (9). P. 1820–1829.
- Nakashiba T., Buhl D. L., McHugh T. J., Tonegawa S. Hippocampal CA3 output is crucial for ripple-associated reactivation and consolidation of memory // *Neuron.* 2009. V. 62 (6). P. 781–787.
- Stickgold R., Malia A., Maguire D., Roddenberry D., O'Connor M. Replaying the game: hypnagogic images in normals and amnesics // *Science.* 2000. V. 290 (5490). P. 350–353.
- Wilson M. A., McNaughton B. L. Dynamics of the hippocampal ensemble code for space // *Science.* 1993. V. 261 (5124). P. 1055–1058.

Regularities of memory reactivation

O. E. Svarnik (Moscow)

Candidate of psychological Sciences, senior research officer,
Institute of Psychology of RAS

Registration of neuronal activity of the brain shows that neurons specialized in relation to this or that behavior are reactivated outside of this behavior, albeit with less intensity. In our works it was shown that the formation of new experience is accompanied by the reactivation of neurons associated with previous skills. The patterns of such neuronal reactivation are not sufficiently studied at present, however, in studies of memory formation, it is necessary to take into account the probability of reactivation of the experience that already exists in individuals.

Keywords: neuron, activity, brain, memory.