

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

доктора психологических наук, профессора Института когнитивных наук Санкт-Петербургского государственного университета Карпинской Валерии Юльевны о диссертации Сварник Ольги Евгеньевны «Психофизиологические закономерности реактивации и реорганизации индивидуального опыта в процессах научения», представленной к защите в диссертационном совете 24.1.110.03 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института психологии Российской академии наук (ИП РАН) на соискание ученой степени доктора психологических наук по специальности 5.3.2. – психофизиология (психологические науки)

Диссертация Сварник О.Е. на соискание ученой степени доктора психологических наук представляет собой фундаментальное теоретическое и экспериментальное исследование в области психофизиологии процессов научения.

Актуальность исследования. Современная психофизиология уделяет особое внимание процессам памяти, организации и реорганизации индивидуального опыта, поскольку запоминание и последующее изменение информации – это не просто функции мозга или отдельные психические функции – это способы существования человека. Организация и реорганизация информации рассматриваются как две стороны одной медали: получение, сохранение и переписывание информации под влиянием опыта дает возможность предсказывать будущее и эффективнее взаимодействовать со средой.

Теоретическая значимость. Работа направлена на поиск закономерностей и механизмов актуализации, реактивации, воспроизведения приобретенного опыта и является крайне актуальной, поскольку предмет исследования находится на границе материального и психического, затрагивая как вопросы физиологического, мозгового обеспечения познавательной деятельности человека, так и закономерностей процессов познания, субъективных переживаний.

Чрезвычайно важно, что в рамках данной работы впервые проводится исследование формирования опыта сразу на нескольких уровнях: генетическом (экспрессия генов), клеточном (импульсная активность нейронов), органном (суммарная активность головного мозга) и поведенческом.

Научная новизна диссертации заключается в теоретическом подходе и обобщении как ранее проведенных исследований, так и собственных. В работе продемонстрирована реорганизация имеющегося опыта еще до формирования нового результативного поведения; показаны условность и неразделимость на уровне активности мозга таких базовых процессов, которые в психологии обозначаются как запоминание, хранение и извлечение материала памяти («информации») в процессе научения; объединены

феномены разного уровня, связанные с консолидацией и реконсолидацией памяти и предложена концепция преддетерминированного брут-форсинга нейронных групп.

Практическая значимость. С точки зрения практического применения дано описание путей оптимизации процесса приобретения нового опыта.

Отличительная особенность данной работы – единообразное описание в рамках единого теоретического подхода данных, полученных при исследовании процесса научения у человека и животных, и последующая эмпирическая проверка в строгом соответствии с теоретическими положениями.

Результаты исследования нашли свое отражение в 36 научных публикациях автора, из которых 2 монографии, достаточное количество работ в журналах списка ВАК (16 статей), индексируемых Scopus, WOS. Основные положения диссертации были апробированы на целом ряде крупных международных конференций и конгрессов (более 50).

Содержание диссертации. Представленная диссертация состоит из введения, теоретической главы/аналитического обзора, раздела материалы и методы, результатов и их обсуждения, выводов, заключения. Всего 272 страницы, список литературы включает 605 источников.

В теоретическом разделе автор последовательно шаг за шагом приводит доводы и эмпирические исследования, которые демонстрируют необходимость поиска закономерностей и механизмов актуализации, реактивации, воспроизведения приобретенного опыта, а так же важность интеграции исследований процессов формирования опыта, проводимых на разных уровнях организации: внутриклеточном молекулярном, клеточном нейрофизиологическом, общемозговом электрофизиологическом и поведенческом. Автор демонстрирует глубочайшие познания в данной области, приводит примеры и эмпирические доказательства в пользу своих умозаключений.

Первая глава «ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ МОЗГА И ПРОЦЕССЫ НАУЧЕНИЯ» состоит из трех разделов. В первом разделе «СОВРЕМЕННОЕ ПОНИМАНИЕ ПРИНЦИПОВ РАБОТЫ МОЗГА» приводятся общие принципы строения нейронов и функционирования нейронных групп. Раздел содержит три параграфа

Убедительно показано, что деление мозга на структуры – это удобное, но весьма условное деление. Подчеркивается, что главным для понимания работы мозга в настоящее время является не структура (морфологическая, гистологическая и др.), а нейрон и нейронные группы, распределенные по разным структурам мозга. Место структуры как фундаментальной единицы функционирования мозга в современной нейрофизиологии

проявляющихся в поведенческих феноменах, до настоящего времени предложено не было, то автор предлагает рассмотреть все эти феномены в рамках единой концепции системной психофизиологии через анализ временных периодов вовлечения различных нейронов и мозга в целом в реорганизацию имеющегося опыта и формирование приобретаемого опыта на фоне различных видов демонстрируемого поведения.

Во второй главе МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ описаны эмпирические исследования, которые позволяют проверить гипотезу о том, что научение необходимым образом включает в себя реорганизацию ранее приобретенных элементов индивидуального опыта, что реализуется на основе перебора возможных комбинаций из элементов имеющегося опыта. Последнее обеспечивается внутриклеточным статусом нейронов, специфически связанных с элементами опыта.

В разных сериях экспериментов проводились исследования при помощи 1) животных – крысы, формирующие инструментальные пищедобывательные навыки; 2) людей, формирующих опыт принятия правильных решений в логической задаче компьютерной игры или знания школьных предметов.

В экспериментах с животными крыс обучали навыкам добычи еды (нажатие на педаль) и воды разными способами, обучение проводилось в один шаг или в несколько шагов, а далее исследовали процесс переучивания этого навыка на схожий (нажатие на аналогичную педаль в другом конце клетки). Проводилось исследование клеток мозга: изучалась экспрессия гена *c-fos* (в ретроспленальной коре по наличию продукта его экспрессии – белку Fos); регистрировалась импульсная активность нейронов у животных в процессе научения, путем вживления электродов.

- Результаты экспериментов по сопоставлению процессов специализации нейронов относительно приобретаемого опыта и нейрогенетических изменений в головном мозге животных при формировании нового опыта продемонстрировали, что значительная экспрессия Fos, связанная с формированием нового навыка, присутствует в ретроспленальной коре, но не в моторной коре, там и было показано большее число нейронов, специализированных относительно этой конкретной задачи. Вероятно, существует связь между вызванной обучением экспрессией *cfos* и специализацией нейронной активности в отношении приобретенной задачи.

- Показано, что распределение Fos положительных нейронов в гиппокампе зависело от стадии обучения инструментальному навыку. Индукция Fos в нейронах проявлялась уже на самой ранней стадии обучения – стадии рассогласования. Эта стадия связана с реактивацией памяти, которая затем может быть реконсолидирована или стерта. Наборы нейронов, активируемых во время обучения, и реактивируемых во время извлечения из

памяти в значительной степени перекрываются. Таким образом, данные свидетельствуют о том, что во время выполнения ранее приобретенного поведения нейроны, связанные с задачами, реактивируются и могут быть рекрутированы во вновь сформированные группы, обслуживающие недавно выученное поведение. Не столько достижение результата с помощью приобретенного нового навыка приводит к индукции экспрессии раннего гена *c-fos* в нейронах, а скорее недостижение результата через реактивацию и одновременную реорганизацию предыдущего опыта.

- На основании полученных данных автор предлагает концепцию брут-форсинга нейронных групп - неслучайного, зависящего от истории активаций, перебора различных комбинаций нейронной активности. Предположительно только те активности, которые сопровождалась новыми состояниями на мембранах нейронов, приводят к изменению внутриклеточных состояний, маркируемыми изменениями экспрессии генов. Такой термин отражает вероятно непредсказуемый характер изменений метаболического состава в окружающей среде нейрона при каждой новой пробе и подчеркивает генез состояний, а не систем, формирование которых требует достижения адаптивного результата. Реорганизация предыдущего опыта проявляется как исследовательское поведение, которое включает в себя также элементы неэффективного поведения. Результаты согласуются с предположением о том, что на первой стадии обучения — стадии «рассогласование» — ранее усвоенные модели поведения и ранее приобретенные нейронные группы временно реорганизуются.

- Благодаря разному типу обучения нажатия на педаль (пять\девять этапов в процессе обучения или один) с последующим переучиванием на второй стороне клетки, получены данные, которые свидетельствуют в пользу наличия процессов брут-форсинга, преддетерминированного историей активаций нейронов и приводящего к реорганизации уже существующего индивидуального опыта, затрагивающих нейроны, уже специализированные относительно ранее сформированного поведения.

- Эмпирические данные свидетельствуют в пользу того, что процессы брут-форсинга затрагивают в большей степени именно специфичные для задачи нейроны, и что эти процессы снижают свою выраженность при достижении необходимого для организма результата.

Экспериментально было показано, что выраженность и направленность пробного поведения отличаются в зависимости от предварительной истории обучения

- Было обнаружено временное соответствие максимальной выраженности демонстрации животными ранее сформированного поведения и увеличения частоты нейронной активности, причем только у нейронов, специфических по отношению к пищевому

поведению. Это позволяет предположить, что увеличение частоты импульсной активности (как частное проявление процесса брут-форсинга) может лежать в основе обнаружения правильного адаптивного поведения при формировании нового элемента индивидуального опыта.

Вариативность импульсной нейронной активности оказалась достоверно выше у специфических нейронов в результативных актах, по сравнению с нерезультативными актами, чего не наблюдалось для неспецифических по отношению к задаче. Предполагается, что в процессе формирования нового элемента опыта происходит перебор некоторого числа организаций нейронной активности (процесс брут-форсинга), что и приводит к обнаружению адаптивной, ведущей к достижению результата, комбинации нейронов.

В обсуждении Сварник О.Е. приводит обобщающие доводы в пользу того, что развитие специфических активаций происходит постепенно и начинается с увеличения частоты и вариабельности активности большого числа нейронов (частные аспекты брут-форсинга). Прежде чем нейронная активность выйдет на новый качественный уровень – нейронную специализацию относительно элемента индивидуального опыта, возникает ситуация необходимости разрешения внутреннего противоречия нейронной группы, в качестве которой и выступает ситуация рассогласования. Данная ситуация разрешения возникшего внутреннего противоречия характеризуется поиском выхода через перегруппировку систем (брут-форсинг), что влечет за собой качественные изменения характеристик ее отдельных элементов.

Выявлено, что определяющим фактором при формировании специфичности является наличие/отсутствие награды. Вариабельность должна сопровождать начальные этапы научения, потому что она означает более частые обращения к окружающей среде и позволяет осуществлять селекцию в дальнейшем. Процесс научения может быть представлен как непрерывный поток предсказаний более широкого или более узкого характера, выражающийся в переборе состава нейронных групп (брут-форсинг).

Результаты экспериментов по последовательному формированию инструментальных навыков с мотивациями из разных доменов продемонстрировали, что разная история предварительного обучения приводит к различающимся структурам индивидуального опыта, выявляемым при внешне неразличимом выполнении одного и того же навыка, то есть предыдущая история обучений имеет значение для текущего обучения.

Результаты экспериментов по исследованию направленного манипулирования возможностью реактивации имеющегося опыта при научении позволили предположить, что актуализация ранее сформированного опыта перед новым обучением способствует

формированию нового элемента опыта в отношении увеличения числа нейронов, меняющих экспрессию своих генов (что в дальнейшем может способствовать извлечению этого опыта), а искусственно усиленный нейрогенез должен приводить, к повышению уровня поискового поведения у индивидов.

Эти предположения были проверены в экспериментах по направленной реактивации знаний у обучающихся. В частности, проверялось, помогут ли промежуточные краткие тесты двух вопросники по предметам «Биология» и «Физика», непосредственно до начала освоения нового материала по этим предметам, улучшить воспроизведение материала впоследствии. Было установлено, что при проведении дополнительных тестов-двоихвопросников непосредственно в начале урока – происходит реактивация памяти у обучающихся, и удается в некоторых случаях обнаружить положительные эффекты на дальнейшее воспроизведение знаний.

Результаты экспериментов по оценке актуализации имеющегося опыта по частотному анализу ЭЭГ при освоении компьютерной игры людьми с разными типами мышления свидетельствует в пользу того, что меньшая степень рассогласования имеющегося опыта и его относительно давний возраст приобретения отражается в большей мощности низкочастотного диапазона, то есть увеличение вклада относительно старых элементов опыта в реактивацию и реорганизацию связано с увеличением мощности низкочастотного диапазона.

Таким образом, феномены поведенческого уровня могут быть описаны через процессы непрерывного брут-форсинга, а использование этой концепции задает направление для оптимизации процессов научения в самых разных сферах человеческой деятельности. При таком рассмотрении функционирования мозга оказывается, что каждый эпизод жизнедеятельности организма – это определенный состав активирующихся нейронных групп, соответствующих этому эпизоду или состоянию субъекта поведения.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, достоверность результатов исследования. В целом диссертация О.Е. Сварник представляет собой завершенное и тщательно выстроенное исследование, демонстрирующее высокую квалификацию автора, замечаний к планированию и дизайну исследований и анализу данных нет. Положения, выносимые автором на защиту в целом отражают итоги проведенного теоретического анализа и включенных в диссертацию эмпирических исследований.

Достоинства и недостатки работы. В качестве одного из несомненных достоинств диссертации хотелось бы отметить новизну теоретического подхода в сочетании с разносторонним экспериментальным обоснованием положений, представленный автором.

Весомым вкладом О.Е. Сварник в психофизиологию и психологию в целом мне представляется предложенная методология, которая объединяет и связывает данные, полученные при помощи исследования нейронных процессов с поведенческими. Причем результаты, полученные в экспериментах с формированием навыков у животных, получают подтверждение в исследованиях решения когнитивных задач людьми.

Разработанный подход, несомненно, продуктивен в плане дальнейшего развития научных исследований как области мозговых механизмов, так и в области функционирования процессов познания.

Вместе с тем есть несколько замечаний по диссертации, которые не снижают высокой оценки вклада диссертанта, но, могут быть полезны с точки зрения подачи материала для специалистов смежных областей.

1. Важнейшим результатом работы является предложенная автором концепция брут-форсинга, при этом, автор обходит этот термин стороной и в цели исследования и при формулировке основной гипотезы и даже в задачах. Взгляд автора на механизмы научения заявлен только в положения, выносимых на защиту.
2. В тексте введения представлена только одна основная гипотеза, которая сформулирована в общей форме. Подтверждение или опровержение такой гипотезы требует нескольких шагов, а значит, должны быть сформулированы несколько частных гипотез, в том числе, связанных непосредственно с задачами исследования. Поскольку этого нет во введении, то читателю приходится искать гипотезы по ходу описания исследовательской части и улавливать логику автора.
3. Замечание является отчасти продолжением первого и второго, касается формулировки задач исследования.

Список задач не отражает в полной мере логику проведенного исследования и в большей степени относится к экспериментальным процедурам.

Следующее замечание является не столько замечанием, сколько вопросом.

4. О. Е. Сварник рассматривает возможность практического применения найденных закономерностей с точки зрения оптимизации процесса приобретения новых знаний и умений в различных сферах деятельности. Описывая эффект «усиления» памяти. Интересно каким образом с точки зрения данного подхода мог бы быть реализован противоположный процесс «ослабления» памяти, забывания или утраты навыка и знаний

Заключение. Название диссертации соответствует ее содержанию. Автореферат отражает основное содержание диссертационного исследования. Диссертация Сварник Ольга Евгеньевна на тему «Психофизиологические закономерности реактивации и реорганизации индивидуального опыта в процессах научения», представленная на

