



# МЕТОД ТЕСТИРУЮЩЕГО СТИМУЛА В ИЗУЧЕНИИ ЛОКАЛЬНЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СОСТОЯНИЙ В МОЗГОВЫХ ПРОЕКЦИЯХ ЗРИТЕЛЬНЫХ И ВЕРБАЛЬНЫХ РАЗДРАЖИТЕЛЕЙ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ УМСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

*ЧУПРИКОВА Н. И., Психологический институт РАО, Москва*

В настоящей работе описан разработанный в школе Е. И. Бойко метод изучения физиологических механизмов когнитивных процессов человека – метод тестирующего стимула. Он является вариантом физиологического метода парных стимулов. Метод позволяет выявить и количественно оценить локальные функциональные состояния возбудимости в мозговых проекциях зрительных и вербальных раздражителей в процессах их перцептивного и смыслового анализа. Представлены результаты исследований, полученные с применением данного метода в школе Е.И. Бойко.

Рассматривается принципиальное отличие данного метода от таких методов исследования физиологических механизмов психических процессов человека, как ПЭТ и ФМРК. Эти методы являются анатомо-ориентированными, так как выявляют картину очагов нервной активности при психической деятельности в анатомическом пространстве мозга. В отличие от них метод тестирующего стимула является психолого-ориентированным. Он выявляет мозаику локально возбудимых и локально заторможенных нервных элементов в психофизиологических перцептивных и вербально-семантических когнитивных структурах, к которым адресуются воспринимаемые и подлежащие сознательному анализу и синтезу зрительные и вербальные раздражители.

**Ключевые слова:** перцептивное и вербально-семантическое пространство, анализ и синтез воспринимаемых сигналов, мозговые проекции зрительных и вербальных раздражителей, локальные функциональные состояния возбудимости.

Чувственное отражение действительности человеком избирательно. В образах восприятия в зависимости от внешних и внутренних условий одни объекты выходят на первый план, тогда как другие отходят на задний план и остаются в тени. Столь же избирательно содержание мыслительных процессов, в которых в разное время разные идеи, понятия, их признаки и отношения становятся предметом сознания, а другие «погружаются в тень».

Феноменология избирательности сознательных когнитивных процессов человека описана на основе метода интроспекции классиками научной психологии (В. Вундт, Э. Титченер, В. Джемс). Они выделяли в широком поле сознания его фокус и периферию. Содержания, находящиеся в фокусе сознания, выступают на первый план, а находящиеся на периферии осознаются менее ясно и отчетливо.

Тогда же многими авторами было высказано предположение, что степень ясности и отчетливости содержаний сознания может определяться степенью «местной раздражительности» центральной нервной системы, т. е. более или менее активным состоянием разных ее участков, а ослабление или исключение определенных содержаний из сферы сознания может быть следствием их «нервного подавления» (Ланге, 1976).

В ряду этих предположений стоит известная метафора И.П. Павлова о передвигающемся по коре полушарий «светлом пятне сознания», окруженном более или менее значительной тенью.



В конце XIX – начале XX века эти соображения были только вероятной гипотезой, но в настоящее время положение изменилось. Исследования с регистрацией вызванных потенциалов мозга (ВП) на стимулы, к которым «привлекается внимание» и от которых оно «отвлекается», не оставляют сомнений, что в проекциях одних раздражителей нервная активность усиливается, а в других подавляется.

В исследованиях когнитивных процессов человека сейчас широко применяются методы позитронно-эмиссионной томографии (ПЭТ) и функционального магниторезонансного картирования (ФМРК). Получаемые с их помощью результаты раскрывают сложную систему фокусов разной степени нервной активности в разных структурах и участках мозга при осуществлении умственной деятельности, показывают, какие участки мозга и в какой степени локально активны при осуществлении разных умственных операций.

В контексте общих задач психофизиологии человека важно оценить возможности данных методов исследования и посмотреть на них с теоретико-методологической точки зрения.

Как ясно из получаемых фундаментальных результатов, эти методы являются анатомо-ориентированными. Они позволяют получать картину того, как распределены фокусы локальной нервной активности при осуществлении разных видов когнитивной деятельности в анатомическом пространстве мозга, в разных его областях и участках. Здесь протекание психических процессов приурочено исключительно к анатомии мозга. Оно не приурочено к содержанию складывающихся в мозге образных и семантических пространств, в которых отражается внешний и внутренний мир субъекта и которые являются субстратом его феноменального мира. Для физиологического изучения «светлых пятен сознания» и его «затененного фона», приуроченных не к анатомическому пространству мозга, а к пространству отражаемых в нем перцептивных и семантических содержаний, методы ПЭТ и ФМРК не адекватны. Для этого нужны другие психофизиологические методы, которые можно назвать психолого-ориентированными. Задача такого рода методов на основе регистрации объективных показателей локального функционального состояния мозговых проекций разных раздражителей в процессах психической деятельности – «увидеть», как складываются и движутся «светлые пятна сознания» в психофизиологическом поле восприятия и психофизиологическом поле понятий, какова их интенсивность в разных условиях и каково состояние других участков этих полей, отвечающих объектам, не попавшим в фокус сознания.

Один из таких методов, названный методом тестирующего стимула, был разработан в школе Е. И. Бойко в Психологическом институте РАО. Он лег в основу исследовательской программы, которая в 50–60-е годы прошлого века осуществлялась в лаборатории под руководством Е. И. Бойко, а в 70–80-х годах в лабораториях Т. Н. Ушаковой и Н. И. Чуприковой.

Исследовательская программа, выдвинутая Е. И. Бойко, состояла в том, чтобы подвергнуть объективному физиологическому анализу механизмы высших психических процессов человека, характеризующиеся сознательностью и произвольностью. Этому требованию отвечали такие процессы, как детерминированное словесными инструкциями селективное внимание, произвольное запоминание определенных сигналов, сравнение сигналов, производимые с ними акты несложных умозаключений. Задача исследований состояла в том, чтобы выявить, что происходит в мозговых проекциях воспринимаемых раздражителей, когда эти раздражители становятся объектами той или иной сознательной аналитико-синтетической познавательной деятельности.



Для решения этой задачи был разработан метод тестирующего стимула.

Исходная теоретическая предпосылка метода состоит в том, что всякое нервное возбуждение оставляет в нервной системе след, знак которого в виде следового повышения или понижения возбудимости может быть выявлен при повторном возбуждении тех же нервных образований тем же самым или каким-либо другим стимулом. Суть метода кратко состоит в следующем.

После (или во время) осуществления какой-либо операции в отношении предъявляемых раздражителей экспериментатор вновь подает какой-либо стимул, локально адресуя его к мозговым проекциям определенных раздражителей. Повторным стимулом может быть либо раздражитель, который входил в состав сигналов для осуществления умственной деятельности, либо какой-нибудь иной «индифферентный» раздражитель. Повторно предъявляющийся стимул требует осуществления определенной двигательной или речевой реакции. Время этих реакций (их латентные периоды) служит объективным показателем того локального функционального состояния соответствующих мозговых проекций, которое сложилось там к моменту подачи данного второго стимула. Поэтому этот второй стимул получил название тестирующего.

### Метод тестирующего стимула в экспериментах со зрительными сигналами

Перед испытуемым находится панель с 36 маленькими электрическими лампочками. Вспышки ламп могут образовывать различные одновременные или последовательные комплексы, которые служат сигналами, подлежащими анализу и синтезу. Согласно получаемым инструкциям, испытуемые при вспышках ламп осуществляют разные когнитивные операции: выделяют вниманием сигнализируемые лампы, запоминают местоположение всех вспыхивающих ламп или только некоторых из них, сравнивают комплексы ламп между собой. В силу точности проекции сетчатки на зрительную кору каждой видимой лампе панели (как вспыхивающей, так и не вспыхивающей) соответствуют свои определенные пункты зрительного анализатора. Поэтому, повторно зажигая вслед за осуществлением первой реакции какую-либо лампу панели, экспериментатор имеет возможность адресовать ее к любым интересующим его пунктам анализатора – как к тем, к которым адресовались сигналы первой реакции, так и к тем, куда они не поступали. В ответ на такие одиночные вспышки, независимо от места их появления, испытуемый всегда осуществляет одну и ту же двигательную реакцию – нажимает «как можно быстрее» на ключ, на котором постоянно находится указательный палец его правой руки. Сравняется время реакций (ВР) на вспышки разных ламп, зажигаемых на одном и том же интервале времени после осуществления первой реакции. Принимается, что при прочих равных условиях локальное повышение возбудимости в каких-либо пунктах зрительного анализатора по сравнению с другими должно выражаться в укорочении соответствующего ВР, а понижение – в его удлинении.

Для оценки степени локального повышения или понижения возбудимости в проекциях определенных кондиционирующих вспышек какие-то значения времени тестирующих реакций надо принять за показатель фоновой, относительно немодифицированной возбудимости. В экспериментах со зрительными сигналами в качестве показателя фоновой возбудимости были приняты ВР, вызываемые тестирующими стимулами, адресуемыми к тем лампам панели, которые не были задействованы в кондиционирующей стимуляции и не были прямым объектом аналитико-синтетической деятельности испытуемых. Эти лампы и пункты их адресации были названы *индифферентными*. С величиной этих ВР сопостав-



лялось ВР на том же интервале тестирования на повторные вспышки ламп, которые использовались в качестве кондиционирующих и служили прямыми объектами аналитико-синтетической деятельности. Соответствующие лампы и пункты их адресации были названы *рабочими*.

Для количественной оценки локального повышения или понижения возбудимости в рабочих пунктах анализатора по сравнению с индифферентными использовалось отношение:

$$\frac{\text{ВР рабочие пункты}}{\text{ВР индифферентные пункты}} \times 100.$$

Если результат меньше 100%, то это указывает на состояние локально повышенной возбудимости в рабочих пунктах анализатора по сравнению с индифферентными. Если же результат больше 100%, то это свидетельствует о локальном понижении возбудимости в тестируемых рабочих пунктах.

Как следует из описания процедуры экспериментов, тестирующий стимул работает как узконаправленный «зонд», позволяющий выявить мозаику и динамику состояния возбудимости в разных пунктах психофизиологического зрительного экрана в процессах сознательной аналитико-синтетической деятельности со зрительными раздражителями. Полученные в школе Е. И. Бойко экспериментальные данные неизменно выявляли одну и ту же закономерность. Она состоит в том, что локальные состояния возбудимости в проекциях разных ламп панели определяются не тем, вспыхивают или нет данные лампы, а тем, какова их роль в процессах аналитико-синтетической деятельности. В этих процессах действие одних воспринимаемых раздражителей усиливается, а действие других подавляется. Поэтому складывающаяся в зрительном психофизиологическом экране мозаика локальных состояний повышенной и пониженной возбудимости отвечает не характеру поступающих к ним афферентаций, она определяется той ролью, которую играют разные раздражители в актах познавательной деятельности. В этой мозаике хорошо видны локальные очаги повышенной возбудимости, которые можно соотнести со «светлыми пятнами сознания», и очаги пониженной возбудимости, которые условно можно квалифицировать как его «темные пятна» (Пограничные проблемы... 1961; Бойко, 1964, 1976, 2002; Чуприкова, 1967, 1972, 1989, 2004).

#### **«Светлые пятна сознания» в психофизиологическом экране зрительного анализатора**

В экспериментах Н. И. Чуприковой на панели пульта последовательно с интервалом 1100 мс вспыхивали четыре пары ламп (длительность вспышки – 500 мс), составленные так, что между двумя зажигаемыми лампами, расположенными вертикально или горизонтально, оставалась одна незажигающаяся лампа (Чуприкова, 1967). Задача испытуемого состояла в том, чтобы выделить каждую такую лампу и запомнить ее местоположение. Таким образом, всего нужно было запомнить местоположение четырех невспыхнувших ламп.

Одиночные тестирующие вспышки подавались на втором, третьем или четвертом месте последовательностей и адресовались экспериментатором либо к проекциям незагорающихся, но выбираемых ламп, либо к проекциям других незагоравшихся ламп, расположенных примерно на том же расстоянии от фиксации точки, что и первые. Сравнилось время тестирующих реакций на вспышки незагоравшихся ламп, являвшихся и не являвшихся предметом внимания и запоминания испытуемых при выполнении заданной им инструкции. Средние данные, полученные у десяти испытуемых, составили 625 мс для ВР, вы-



зываемых с пунктов выбираемых негоревших ламп, и 736 мс для ВР с пунктов незажигавшихся индифферентных ламп.

Таким образом, налицо явное наличие «светлых пятен сознания», которые возникают в зрительном психофизиологическом пространстве субъекта отнюдь не под влиянием просто интенсивных афферентаций со стороны действующих раздражителей, но центрально в зависимости от решаемой познавательной задачи, определяемой полученной словесной инструкцией. Функциональное значение локально повышенной возбудимости в «светлых пятнах сознания» очевидно. Благодаря центрально инициированному локальному повышению возбудимости в мозговых проекциях ламп, к которым не поступало никаких дополнительных сенсорных афферентаций, кроме фоновых, именно эти лампы выделяются сознанием на фоне остальных и связываются между собой в последовательный комплекс.

Наличие «светлых пятен сознания» было продемонстрировано еще в одном эксперименте Т. Н. Ушаковой. По ее данным, ВР тестирующих реакций составило 356 мс, когда определенные незажигаемые лампы панели выбирались испытуемыми согласно инструкции, и 447 мс, когда они не выбирались (Ушакова, 1961).

### «Темные пятна» в психофизиологическом поле сознания

Опишем два проведенных эксперимента (Чуприкова, 1967).

В первом эксперименте на панели пульта последовательно вспыхивали пары ламп, составленные одной яркой и одной тусклой вспышкой. Длительность каждого парного сигнала составляла 500 мс, а пауза между ними – 1100 мс.

В первой серии экспериментов испытуемые, согласно инструкции, должны были запоминать местоположение и последовательность всех сигнализируемых ламп, во второй серии – местоположение и последовательность ламп, сигнализируемых только яркими вспышками, а в третьей – только тусклыми. Одиночные тестирующие вспышки, которые всегда были тусклыми, адресовались либо к пунктам анализатора, куда в составе предыдущего парного комплекса поступали возбуждения от ярких ламп, либо к индифферентным пунктам, куда в составе первого комплекса никаких зрительных возбуждений, кроме фоновых, не поступало. Сравнялось ВР тестирующих реакций в этих двух условиях в каждой из трех серий эксперимента. Полученные суммарные данные приведены в табл. 1 (по результатам десяти испытуемых для каждой серии).

**Таблица 1.** Средние латентные периоды тестирующих реакций (в мс) с разных пунктов анализатора

Серия эксперимента	Пункты адресации ярких вспышек	Индифферентные пункты
I	805	933
II	601	714
III	868	768

Из таблицы видно, что когда лампы, сигнализируемые яркими вспышками, являются, согласно инструкции, объектом деятельности испытуемых, локальная возбудимость в их мозговых проекциях повышена по сравнению с возбудимостью индифферентных пунктов. Но если, по инструкции, должны выделяться и запоминаться лампы, сигнализируемые ту-



склыми вспышками, то картина получается совсем другая: теперь время тестирующих реакций с пунктов адресации ламп, сигнализируемых яркими вспышками, значительно длиннее, чем время тестирующих реакций с индифферентных пунктов.

Таким образом, в третьей серии эксперимента возбудимость в пунктах адресации ярких ламп понижена по сравнению с возбудимостью индифферентных пунктов, что может происходить за счет влияния словесной инструкции. Следовательно, можно говорить о второсигнальном блокировании возбуждений, вызываемых вспышками ярких ламп в этой серии эксперимента, благодаря чему эти возбуждения до известной степени подавляются и исключаются из участия в конечных этапах осуществляемой испытуемым аналитико-синтетической деятельности.

Во втором эксперименте перед испытуемым находились расположенные в ряд четыре лампочки. Вспышки ламп подавались парами – сначала одна пара, потом вторая. В состав пар входила одна общая лампа, а одна оставалась незажженной. Согласно инструкции, испытуемые должны были выделять местоположение не загорающихся ламп, а ламп, остающихся незажженными, а затем находить в этих негоревших парах общий элемент. Таким образом, для этого эксперимента характерно диаметрально противоположное расхождение первосигнальной и второсигнальной стимуляции: испытуемый не выбирает и не сравнивает те лампы, которые прямо сигнализируются зрительно, он, восприняв эти лампы, «отбрасывает» их как не относящиеся к решаемой задаче и имеет дело уже с другими лампами. Тестирующие одиночные вспышки ламп подаются через 250–500 мс после второго комплекса и адресуются попеременно к каждой из четырех ламп. Следовательно, в одних случаях они попадают в места дважды «выбираемой лампы» (она же общая лампа в негоревших парах), в других – в места дважды «отбрасываемой» лампы (общая лампа в загоравшихся парах), в третьих – в места один раз выбираемой и один раз «отбрасываемой» лампы.

Средние ВР на тестирующие вспышки по группе испытуемых из десяти человек составили:

- 1) на вспышки, адресуемые к пунктам выбираемых незагоравшихся ламп, – 416 мс;
- 2) на вспышки, адресуемые к пунктам однократно «отбрасываемых» ламп (однократно горевших ламп), – 517 мс;
- 3) на вспышки, адресуемые к пунктам дважды горевших и дважды «отбрасываемых» ламп, – 629 мс.

Видно, что самое продолжительное ВР на тестирующие вспышки имеет место с пунктов анализатора, которые хотя дважды возбуждались прямыми зрительными афферентациями, но дважды «отбрасывались» как «не идущие к делу». Таким образом, возбудимость в этих пунктах является пониженной по сравнению с другими пунктами анализатора. Эти результаты были затем воспроизведены в экспериментах Г. В. Ефимовой (Ефимова, 1969; Бойко, 1976, 2002).

Итоги рассмотренных и ряда других аналогичных экспериментов подведены Е. И. Бойко следующим образом: «Во всех случаях, когда в видимых объектах сознательно выделяются те или иные элементы (по ходу решения какой-либо задачи), в соответствующих «пунктах» анализатора обнаруживается повышение возбудимости, а в «пунктах», соответствующих тем элементам объекта, от которых испытуемые «отвлекаются», как правило, имеет место пониженная возбудимость, при этом как первый, так и второй эффект необходимо отнести за счет работы словесных отделов коры» (Бойко, 2002, с. 580). Эта общая закономерность была названа Бойко *принципом центрального второсигнального управления афферентацией*.



**Выраженность локального повышения возбудимости в проекциях выделяемых и запоминаемых ламп в зависимости от их количества**

В экспериментах Н. И. Чуприковой (1967) испытуемые должны были запоминать местоположение вспыхивающих на пульте ламп, число которых варьировало от двух до пяти. Тестирующие вспышки, в ответ на которые регистрировалось ВР, подавались через 550 мс после соответствующего комплекса ламп и адресовались либо к одной из ламп этого комплекса, либо к какой-либо индифферентной лампе. Полученные результаты показали, что разности между величинами латентных периодов тестирующих реакций с положительных и индифферентных пунктов анализатора прогрессивно убывают по мере увеличения числа запоминаемых раздражителей. Следовательно, степень повышения локальной возбудимости мозговых проекций отдельных ламп, местоположение которых подлежит запоминанию, уменьшается по мере увеличения числа последних. Соответствующие средние данные для шести испытуемых, участвовавших в эксперименте, приведены в табл. 2.

**Таблица 2.** Средние латентные периоды тестирующих реакций (в мс) с разных пунктов анализатора

Количество элементов в комплексе											
Два			Три			Четыре			Пять		
пол.	инд.	разн.	пол.	инд.	разн.	пол.	инд.	разн.	пол.	инд.	разн.
409	490	81	437	496	59	452	482	30	463	482	19

Расчет по приведенной выше формуле показывает, что в зависимости от числа запоминаемых раздражителей повышение возбудимости в их проекциях по сравнению с возбудимостью проекций индифферентных раздражителей составляет соответственно + 17 %, +12 %, +7 %, +4 %.

Уменьшение степени повышения локальной возбудимости в проекциях отдельных ламп, подлежащих запоминанию, в зависимости от их числа хорошо аппроксимируется формулой линейной зависимости:

$$K = -an + b,$$

где  $K$  – степень повышения локальной возбудимости в отдельных пунктах анализатора,  $n$  – число пунктов, соответствующих числу запоминаемых ламп,  $a$  и  $b$  – коэффициенты, значения которых варьируют у разных испытуемых (Чуприкова, 1967).

Выводы, сделанные из результатов данного эксперимента, были подтверждены в исследовании И.В. Ермаковой с применением несколько модифицированного варианта тестирования (Ермакова, 1981).

**О причинах ограниченности объема внимания и кратковременной памяти**

Поскольку после определенного числа выделяемых вниманием и запоминаемых раздражителей повышение возбудимости в их проекциях становится очень малым, можно ду-



мать, что данная закономерность проливает свет на внутренние физиологические причины ограниченности объема произвольного внимания и объема кратковременной памяти. В силу уменьшения локальной возбудимости в проекциях выделяемых и запоминаемых раздражителей при увеличении их числа соответствующие раздражители должны все хуже и хуже выделяться как таковые на окружающем их фоне. Если экстраполировать полученные данные на число раздражителей, подлежащих выделению вниманием и запоминанию, превышающее пять, то следует ожидать, что повышение локальной возбудимости в их проекциях должно просто сойти на нет. Следовательно, объем произвольного внимания и произвольной кратковременной памяти теоретически не может быть большим, чем примерно  $7 \pm 2$  сигналов.

Наиболее вероятной причиной выявленной закономерности представляется интерференция между процессами, ведущими к становлению локально повышенной возбудимости в проекциях выделяемых вниманием раздражителей, и между самими очагами повышенной возбудимости.

Два факта могут свидетельствовать в пользу этой гипотезы.

1. На коротких интервалах тестирования (50 и 70 мс) в проекциях подлежащих запоминанию ламп, входящих в двухчленные и трехчленные комплексы, имеет место значительное понижение возбудимости, причем существенно большее для трехчленных, чем для двухчленных комплексов. Нормативное повышение локальной возбудимости в проекциях ламп из двухчленных комплексов (+15%) достигается раньше (интервал тестирования 300 мс), чем для проекций ламп из трехчленных комплексов (+12%, интервал 400 мс).

2. Повышение локальной возбудимости в проекциях подлежащих запоминанию ламп из двухчленных комплексов на интервалах тестирования от 150 до 300 мс примерно на 3 % больше, когда обе лампы адресуются к разным полушариям мозга, чем к одному и тому же (Чуприкова, неопубликованные данные).

Поскольку из гипотезы интерференции следует, что она должна быть большей на более ранних этапах взаимодействия тормозящих друг друга возбуждений и при сближении их в пространстве, то рассмотренные факты могут свидетельствовать в ее пользу.

### **Пространственно-временное становление «светлого пятна сознания» в проекциях выделяемых вниманием раздражителей**

Изучалось пространственно-временное становление очагов повышенной возбудимости в проекциях ламп, местоположение которых следовало выделить вниманием и запомнить.

Испытуемым предъявлялись одновременные комплексы из двух вспыхивающих ламп, расположенных горизонтально или вертикально, между которыми находится одна незагорающаяся лампа. Испытуемый должен был выделить эту лампу и запомнить ее местоположение. Длительность действия комплекса 100 мс. Одиночные тестирующиеся вспышки подавались на интервалах от 40 до 800 мс после действия комплекса и адресовались либо к проекциям выбираемых ламп, либо к проекциям других ламп, куда также не поступало никаких дополнительных афферентаций, кроме фоновых (индифферентные пункты анализатора).

Тестирующие раздражители, адресуемые к индифферентным пунктам анализатора, были разделены на три группы в зависимости от их расстояния от выбираемой незагорающейся лампы. Соответственно тестировалось локальное состояние возбудимости в трех





группах индифферентных пунктов зрительного анализатора: в проекциях ламп, расположенных наиболее близко к выбираемой, в проекциях ламп, среднеудаленных от нее, и в проекциях ламп, далеко отставленных от выбираемой (Чуприкова, 1967, 1972).

Полученные результаты выявили следующую картину.

При выделении, согласно предварительной инструкции, одного из многих объектов, находящихся в поле зрения, в психофизиологическом зрительном пространстве человека вначале наблюдается зона широко генерализованного повышения возбудимости (интервалы тестирования 70–100–150 мс). Она охватывает не только мозговые проекции объекта, который нужно выделить, но и проекции близлежащих и среднеудаленных раздражителей. В этой широкой зоне постепенно выделяется более узкая зона с более высокой возбудимостью, включающая проекции выбираемой лампы и ламп, наиболее близких к ней (интервалы тестирования 250–300 мс). Наконец, самая высокая возбудимость обнаруживается только в проекциях выбираемых раздражителей (интервалы тестирования 400–500–600–800 мс). Таким образом, налицо постепенная концентрация вначале широко генерализованного очага повышенной возбудимости, концентрация «светлого пятна сознания».

### **Локальные следовые эффекты после действия зрительных раздражителей в разных условиях их анализа и на разных уровнях зрительного анализатора**

Метод тестирующего стимула может иметь разные варианты.

Один из таких вариантов был применен в исследованиях Н. П. Локаловой (1975, 1989, 2004 а, б).

Испытуемые должны были дифференцировать по количеству вспыхивающие на пульте лампы, нажимая на ключ правой рукой при одном их числе и левой – при другом. В одних сериях эксперимента дифференцированию по количеству подлежали одиночные и парные вспышки, в других – комплексы, составленные тремя или четырьмя вспышками (трудная дифференцировка, требующая высокой степени анализа сигналов), или одиночные вспышки и четырехчленные комплексы (легкая дифференцировка).

Сигналы для дифференцирования предъявлялись дважды с интервалами от 0,6 до 15–20 с между ними. Сигналы для второй реакции служили тестирующими стимулами. Они подавались либо на те же лампы панели, что и сигналы для первой реакции, либо адресовались к другим индифферентным лампам. Во всех случаях время вторых дифференцировочных реакций было короче, когда они вызывались вспышками тех же ламп, что и первые реакции, чем когда они вызывались вспышками других ламп. Поэтому разница во времени тестирующих реакций на повторные вспышки тех же ламп по сравнению со временем тестирующих реакций, вызываемых вспышками других ламп панели, использовалась как показатель степени локального следового повышения возбудимости в проекциях ламп первого комплекса. Эта разница уменьшалась при удлинении интервалов тестирования, что свидетельствовало о затухании локальных следов кратковременной памяти, оставляемых вспышками ламп, вызвавших первую дифференцировочную реакцию. Отметим два результата из полученных Н. П. Локаловой.

1. Выраженность и длительность локальных следов кратковременной памяти в проекциях раздражителей, подлежащих дифференцированию, являются функцией степени анализа, которой должны подвергаться сигналы. Чем тоньше анализ, тем более выражены и длительны локальные следы кратковременной памяти в проекциях дифференцируемых раздражителей. В частности, выраженность и длительность локальных следов четы-



рехчленных комплексов ламп при задаче их дифференцирования от трехчленных комплексов значительно превышают таковые при дифференцировании четырехчленных комплексов и одиночных ламп.

2. Локальные следы кратковременной памяти обнаруживаются на двух уровнях зрительного анализатора или в двух его пространствах – в пространстве, выраженном в координатах сетчатки, и в пространстве, выраженном в координатах внешнего объективного пространства. Этот факт был обнаружен в эксперименте, когда испытуемые, осуществляя первую дифференцировочную реакцию, должны были фиксировать взором одну точку экрана, а после ее осуществления переводили взор на другую точку. Чтобы узнать, что происходит в пунктах анализатора, в которые поступали сигналы первой реакции, экспериментатор мог послать тестирующий раздражитель либо к тем же самым пунктам сетчатки (но зажигая уже другие лампы панели), либо к тем же самым пунктам константного зрительного экрана (зажигая те же самые лампы, что и в первый раз, но адресуя их уже к другим участкам сетчатки). В обоих случаях тестирование обнаружило наличие локального следового повышения возбудимости в проекциях сигналов, подлежащих дифференцированию при осуществлении первой реакции.

#### **Динамика локальных состояний возбудимости в разных элементах вербально-семантических сетей в процессах речемыслительной деятельности**

Метод тестирующего стимула адекватен изучению избирательных сдвигов возбудимости, которые возникают в вербально-семантических структурах субъекта в процессах обработки вербально-семантической информации.

Принципиальная суть метода при этом остается той же самой. Испытуемому предъявляются определенные слова, с которыми он должен произвести, согласно инструкции, определенные операции. Вслед за первым словом (или за первыми словами) экспериментатор вновь подает какое-либо слово, адресуя его к интересующим его участкам вербально-семантической сети. Это второе, тестирующее, слово может быть либо тем же самым, что и первое (или одним из них), либо каким-либо другим. Оно может быть близким или далеким по смыслу или по звучанию от первого, его синонимом или антонимом. Время ответных реакций на тестирующие слова служит показателем локального состояния возбудимости соответствующих проекций вербально-семантической сети, сложившегося там к моменту их подачи. Реакции на тестирующие слова могут быть в зависимости от условий эксперимента или голосовыми, или двигательными.

В экспериментах Т. Н. Ушаковой, Ш. С. Байтиковой и Л. А. Кокоревой (Ушакова, 1979, 2009) испытуемые строили предложения из пяти предъявленных им последовательно в магнитной записи слов. Тестировалось состояние возбудимости в проекциях этих слов, а также в проекциях их синонимов, антонимов и слов, далеких по смыслу. Тестирование проводилось через 0,5, 1, 2, 3, и 4 с после предъявления слов, подлежащих синтезированию в предложение. Тестирующая реакция была двигательной, заключалась в нажимании на ключ в ответ на предъявленное тестирующее слово.

Было показано, что в момент времени, когда испытуемый только завершал создание предложения (обычно в интервале 1 с), в наиболее активном состоянии находятся проекции слов, соответствующие подлежащему и сказуемому, т.е. главным членам предложения – его субъекту и предикату. В отличие от этого в следующие моменты времени (интервал тестирования 2 с) наиболее высокие показатели активности фиксируются в проекциях



первого и последнего слова сформированного предложения. Обнаружилось, что в процесс формирования предложения вовлекаются также элементы вербальной сети, соответствующие антонимам и синонимам предъявленных слов.

В экспериментах В. А. Суздалевой изучалось состояние разных элементов вербальной сети после того, как испытуемый определял категориальную принадлежность предъявленного ему слова-понятия (Суздалева 1982; Суздалева, Чуприкова, 1989). Слова предъявлялись зрительно. Регистрировалось время голосовой реакции называния соответствующей категории.

Слова подавались дважды, одно за другим, с интервалом от 10 с до 3 м между ними. Слова на втором месте последовательностей служили тестирующими стимулами. Они представляли собой либо то же самое слово, которое было предъявлено на первом месте, либо слово, относящееся к той же понятийной категории, что и первое, либо слово, относящееся к другой понятийной категории. Время голосовых реакций в ответ на тестирующие слова служило показателем состояний локальной возбудимости в их проекциях. В качестве показателя фонового локального состояния проекций тех же слов использовалось время их отнесения к соответствующей категории после «пустого поля» – когда первое слово в последовательности отсутствовало, а испытуемый видел только белое поле и должен был произнести слово «пусто».

Полученные результаты показали, что в данных условиях избирательные локальные сдвиги возбудимости обнаруживаются не только в представительствах предъявляемых слов, но и в представительствах других слов, как относящихся, так и не относящихся к найденной категории. В представительствах слов, относящихся к найденной категории, возбудимость чаще всего повышена, а в проекциях слов, относящихся к другим понятийным категориям, значительно и стойко понижена.

В работах Т. Н. Ушаковой описаны результаты еще двух исследований с применением метода тестирующего стимула для изучения динамики нервных процессов в вербально-семантических сетях при обработке вербальной информации. В одном были продемонстрированы локальные изменения нейродинамики вербально-семантических сетей при формировании и в процессах актуализации словесно-словесных ассоциативных связей. Во втором было показано, что многозначные слова в зависимости от контекста приводят к активации в вербально-семантических сетях разных семантических полей (Ушакова, 1979, 2009).

### Заключение

В школе Е. И. Бойко метод тестирующего стимула лег в основу исследовательской программы, результаты которой были описаны выше. Но метод применяется в работах и других авторов (Marcel, Forrin, 1974; Warren, 1972). Процедура проведенных ими экспериментов и их результаты излагаются в работах Н.И. Чуприковой (1989, 2004).

Метод тестирующего стимула и полученные с его помощью результаты изучения локальных следов памяти в двух зрительных экранах и в семантическом экране отображения значений слов были высоко оценены Е.Н. Соколовым в рецензии на книгу «Познавательная активность в системе процессов памяти» (Соколов, 1989). Он отметил, что метод открывает новые пути психофизиологических исследований.

Представляется, что применение метода тестирующего стимула могло бы прояснить природу некоторых хорошо известных в психологии феноменов. Например, почему при



воспроизведении рядов последовательных раздражителей лучше всего воспроизводятся первые и последние члены ряда, а хуже всего его средние элементы. Высказывался взгляд, что худшее воспроизведение средних элементов связано с тем, что они подвергаются наибольшей взаимной интерференции и, следовательно, наибольшему торможению. Применение метода тестирующего стимула могло бы подтвердить эту гипотезу.

В работе И. С. Уточкина высказана гипотеза, что «мертвая зона внимания», возникающая вокруг объекта, находящегося в его фокусе, может иметь своей причиной тормозное состояние соответствующих центральных нервных проекций (Уточкин, 2009). Применение метода тестирующего стимула могло бы быть использовано для подтверждения этой гипотезы.

Выявляемые объективным методом данные об индивидуальных различиях в характере и динамике «светлых» и «темных» пятен сознания и степени интерференции очагов повышенной возбудимости в процессах умственной деятельности могли бы пролить свет на глубинные основы индивидуальных различий интеллекта (Чуприкова, 2007).

Наконец, еще раз о двух классах методов изучения физиологических механизмов психической деятельности: методах анатомо- и психолого-ориентированных. Представляется, что они могли бы быть объединены при расширении арсенала показателей, которые используются при тестировании локальных функциональных состояний мозга. Е. Н. Соколов в упомянутой выше рецензии писал, что высокоперспективным направлением может быть комплексная регистрация ВР и ВП мозга на тестирующие стимулы. На этом пути может лежать объединение двух классов психофизиологических методов. Дело в том, что по ВП могут быть рассчитаны источники их мозговой активности. Значит, одновременная регистрация ВР и ВП на тестирующие стимулы может выявить и локальное состояние разных элементов психофизиологических пространств в процессах психической деятельности, и состав участвующих в этих процессах мозговых структур.

### **Литература**

- Бойко Е. И. Время реакции человека. М.: Медицина, 1964.
- Бойко Е. И. Механизмы умственной деятельности. М.: Педагогика, 1976.
- Бойко Е. И. Механизмы умственной деятельности. М.: Моск. психол.-соц. ин-т; Воронеж: НПО «МОДЭК», 2002.
- Ермакова И. В. Зависимость динамики следовых процессов в зрительном анализаторе от количества произвольно запоминаемых всплесков // Психологический журнал. 1981. Т.2. № 1. С. 120–126.
- Ефимова Г. В. Особенности нейродинамики в процессах умственного сопоставления // Вопросы психологии. 1969. № 5. С. 148–151.
- Ланге Н. Н. Теория волевого внимания // Психология внимания / Под ред. Ю. Б. Гиппенрейтер, В. Я. Романова. М.: МГУ, 1976. С. 107–143.
- Локалова Н. П. О нейрофизиологическом механизме инвариантности перцептивного образа // Вопросы психологии. 1975. № 2. С. 81–89.
- Локалова Н. П. Локальные следы кратковременной памяти в последствии зрительных раздражителей при разных условиях их анализа // Познавательная активность в системе процессов памяти / Под ред. Н. И. Чуприковой. М.: Педагогика, 1989. С. 91–101.
- Локалова Н. П. Нейродинамические изменения возбудимости корковых пунктов зрительного анализатора как показатель сложности аналитико-синтетической деятельности субъекта // Психология высших когнитивных процессов / Под ред. Т. Н. Ушаковой, Н. И. Чуприковой. М.: ИП РАН, 2004 а. С. 76–95.



- Локалова Н. П. Особенности нейродинамики на разных иерархических уровнях системы в условиях разной структурированности зрительного поля / Под ред. Т. Н. Ушаковой, Н. И. Чуприковой. М.: ИП РАН, 2004 б. С. 96–109.
- Пограничные проблемы психологии и физиологии / Под ред. Е.И. Бойко. М.: АПН РСФСР, 1961.
- Соколов Е. Н. Рецензия на книгу «Познавательная активность в системе процессов памяти» // Журн. высш. нервн. деят. 1989. Т. 39. Вып. 5. С. 984.
- Суздалева В. А. Типы следовых эффектов от восприятия вербальной информации // Вопросы психологии. 1982. № 5. С. 128–135.
- Суздалева В. А., Чуприкова Н. И. Следовые эффекты вербальных раздражителей в структурах долговременной семантической памяти // Познавательная активность в системе процессов памяти / Под ред. Н. И. Чуприковой. М.: Педагогика, 1989. С. 107–124.
- Уточкин И. С. «Мертвые зоны» внимания // Экспериментальная психология. 2009. Т. 2. № 2. С. 16–30.
- Ушакова Т. Н. Взаимодействие первой и второй сигнальных систем в актах умозаключающего наглядного мышления // Пограничные проблемы психологии и физиологии / Под ред. Е. И. Бойко. М.: АПН РСФСР, 1961. С. 74–84.
- Ушакова Т. Н. Функциональные структуры второй сигнальной системы. М.: Наука, 1979.
- Ушакова Т. Н. О механизмах вербальных процессов человека // Психология (ГУ-ВШЭ). 2009. № 1. С. 99–113.
- Чуприкова Н. И. Слово как фактор управления в высшей нервной деятельности человека. М.: Просвещение, 1967.
- Чуприкова Н. И. О скорости развития и степени концентрированности локального очага повышенной возбудимости при выделении объекта из фона // Проблемы дифференциальной психофизиологии. Т. VII / Под ред. В. Д. Небылицына. М.: Педагогика, 1972. С. 156–175.
- Чуприкова Н. И. Метод объективного психофизиологического изучения следов памяти по показателям избирательного последействия раздражителей // Познавательная активность в системе процессов памяти / Под ред. Н. И. Чуприковой. М.: Педагогика, 1989. С. 77–91.
- Чуприкова Н. И. Метод тестирующего стимула в изучении механизмов аналитико-синтетической деятельности мозга человека // Психология высших когнитивных процессов / Под ред. Т. Н. Ушаковой, Н. И. Чуприковой. М.: ИП РАН, 2004. С. 10–32.
- Чуприкова Н. И. Умственное развитие: Принцип дифференциации. СПб.: Питер, 2007.
- Marcel T., Forrin B. Naming latency and repetition of stimulus categories // Journ. of Experim. Psychol. 1974. V. 103. № 3. P. 450–460.
- Warren R. E. Stimulus encoding and memory // Journ. of Experim. Psychol. 1972. V. 94. № 1. P. 90–100.

## THE METHOD OF TEST STIMULUS IN STUDYING LOCAL FUNCTIONAL STATES IN THE CEREBRAL PROJECTION OF VISUAL AND VERBAL STIMULI DURING MENTAL ACTIVITY IMPLEMENTATION

CHUPRIKOVA N. I., *Psychological Institute RAE, Moscow*

It is described developed in school E.I. Boyko the method for studying the physiological mechanisms of human cognitive processes - the method of the testing stimuli. It is a variant of the physiological method of paired stimulus. The method allows to detect and quantify local functional state of excitability in the cerebral projection of the visual and verbal stimuli in the processes of perceptual and semantic analysis. The results of the researches obtained using this method are presented.



We consider the fundamental difference of this method and such the research methods of the physiological mechanisms of human mental processes as PET, FMRT, multichannel EEG registration. These methods are anatomical-focused, as reveal neural activity pattern in the process of mental activity in the anatomical space of the brain. By contrast, the method of testing stimulus is a psychological-focused. It reveals a mosaic of locally excitable and locally inhibited nerve elements in the psychophysiological perceptual and verbal-semantic cognitive structures to which are addressed perceived and verbal stimuli need to be interpreted and consciously analyzed and synthesized. The possibility of combining anatomical-focused and psychological-focused methods for studying the physiological mechanisms of cognitive mental processes is discussed.

**Keywords:** perceptual and verbal-semantic space, the analysis and synthesis of perceived signals, brain projections of visual and verbal stimuli, local functional state of excitability.

### ***Transliteration of the Russian references***

- Bojko E. I. Vremja reakcii cheloveka. M.: Medicina, 1964.
- Bojko E. I. Mehanizmy umstvennoj dejatel'nosti. M.: Pedagogika, 1976.
- Bojko E. I. Mehanizmy umstvennoj dejatel'nosti. M.: Mosk. psihol.-soc. in-t; Voronezh: NPO «MODEK», 2002.
- Ermakova I. V. Zavisimost' dinamiki sledovyh processov v zritel'nom analizatore ot kolichestva proizvol'no zapominaemyh vspyshek // Psihologicheskij zhurnal. 1981. T.2. № 1. S. 120–126.
- Efimova G. V. Osobennosti nejrodinamiki v processah umstvennogo sopostavlenija // Voprosy psihologii. 1969. № 5. S. 148–151.
- Lange N. N. Teorija volevogo vnimanija // Psihologija vnimanija / Pod red. Ju. B. Gippenrejtser, V. Ja. Romanova. M.: MGU, 1976. S. 107–143.
- Lokalova N. P. O nejrofiziologicheskom mehanizme invariantnosti perceptivnogo obraza // Voprosy psihologii. 1975. № 2. S. 81–89.
- Lokalova N. P. Lokal'nye sledy kratkovremennoj pamjati v posledejstvii zritel'nyh razdražitelej pri raznyh uslovijah ih analiza // Poznavatel'naja aktivnost' v sisteme processov pamjati / Pod red. N. I. Chuprikovoj. M.: Pedagogika, 1989. S. 91–101.
- Lokalova N. P. Nejrodinamicheskie izmenenija vzbudimosti korkovyh punktov zritel'nogo analizatora kak pokazatel' slozhnosti analitiko-sinteticheskoj dejatel'nosti sub'ekta // Psihologija vysshih kognitivnyh processov / Pod red. T. N. Ushakovoj, N. I. Chuprikovoj. M.: IP RAN, 2004 a. S. 76–95.
- Lokalova N. P. Osobennosti nejrodinamiki na raznyh ierarhicheskikh urovnjah sistemy v uslovijah raznoj strukturirovannosti zritel'nogo polja / Pod red. T. N. Ushakovoj, N. I. Chuprikovoj. M.: IP RAN, 2004 b. S. 96–109.
- Pogranichnye problemy psihologii i fiziologii / Pod red. E.I. Bojko. M.: APN RSFSR, 1961.
- Sokolov E. N. Recenzija na knigu «Poznavatel'naja aktivnost' v sisteme processov pamjati» // Zhurn. vyssh. nervn. dejat. 1989. T. 39. Vyp. 5. S. 984.
- Suzdaleva V. A. Tipy sledovyh jeffektov ot vosprijatija verbal'noj informacii // Voprosy psihologii. 1982. № 5. S. 128–135.
- Suzdaleva V. A., Chuprikova N. I. Sledovye jeffekty verbal'nyh razdražitelej v strukturah dolgovremenoj semanticheskoj pamjati // Poznavatel'naja aktivnost' v sisteme processov pamjati / Pod red. N. I. Chuprikovoj. M.: Pedagogika, 1989. S. 107–124.
- Utochkin I. S. «Mertvyje zony» vnimanija // Jeksperimental'naja psihologija. 2009. T.2. № 2. S. 16–30.
- Ushakova T. N. Vzaimodejstvie pervoj i vtoroj signal'nyh sistem v aktah umozakljuchajuwego nagljadnogo myshlenija // Pogranichnye problemy psihologii i fiziologii / Pod red. E. I. Bojko. M.: APN RSFSR, 1961. S. 74–84.
- Ushakova T. N. Funkcional'nye struktury vtoroj signal'noj sistemy. M.: Nauka, 1979.
- Ushakova T. N. O mehanizmah verbal'nyh processov cheloveka // Psihologija (GU-VSHE). 2009. № 1. S. 99–113.



*Chuprikova N. I.* Slovo kak faktor upravlenija v vysshej nervnoj dejatel'nosti cheloveka. M.: Prosveenie, 1967.

*Chuprikova N. I.* O skorosti razvitija i stepeni koncentrirovannosti lokal'nogo ochaga povyshennoj vozбудимости pri vydelenii ob'ekta iz fona // Problemy differencial'noj psihofiziologii. T. VII / Pod red. V. D. Nebylicyna. M.: Pedagogika, 1972. S. 156–175.

*Chuprikova N. I.* Metod ob'ektivnogo psihofiziologicheskogo izuchenija sledov pamjati po pokazateljam izbiratel'nogo posledejstvija razdražitelej // Poznavatel'naja aktivnost' v sisteme processov pamjati / Pod red. N. I. Chuprikovoj. M.: Pedagogika, 1989. S. 77–91.

*Chuprikova N. I.* Metod testirujuwego stimula v izuchenii mehanizmov analitiko-sinteticheskoy dejatel'nosti mozga cheloveka // Psihologija vysshih kognitivnyh processov / Pod red. T. N. Ushakovoj, N. I. Chuprikovoj. M.: IP RAN, 2004. S. 10–32.

*Chuprikova N. I.* Umstvennoe razvitie: Princip differenciacii. SPb.: Piter, 2007.