

ДИНАМИКА И УРОВЕНЬ ЗАГРУЗКИ УПРАВЛЯЮЩЕГО КОНТРОЛЯ В ПРОЦЕССЕ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ИНСАЙТНОГО ТИПА: МЕТОД ВЫЗВАННЫХ ПОТЕНЦИАЛОВ

И.Ю. ВЛАДИМИРОВ*, А.В. СМИРНИЦКАЯ

Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова

В исследовании предполагается, что инсайтное решение мыслительной задачи, в отличие от алгоритмизированного, сопровождается снижением активности управляющего контроля. В качестве стимульного материала выступают задачи, имеющие несколько типов решения. При помощи установочной серии провоцируется тип решения задачи: инсайтный или алгоритмизированный. Для мониторинга процесса управляющего контроля при решении задач в исследовании анализируется амплитуда компоненты вызванного потенциала P300. Выявлено, что снижение активности управляющего контроля действительно присутствует в инсайтном решении, при этом наибольшее снижение происходит с середины решения.

Ключевые слова: мыслительные задачи, управляющий контроль, инсайт, электроэнцефалография, вызванные потенциалы, P300.

Введение

В доминирующей на данный момент в психологии решения задач теории задачного пространства процесс решения рассматривается как алгоритмизированный, включающий в себя планирование, явное сознательное решение, систематический анализ и проверку. В теории А. Ньюэлла и Г. Саймона (Newell, Simon, 1972) [19] предполагается, что задача имеет несколько вариантов перехода от условий (исходное состояние) к решению (целевому состоянию), которые осуществляются через множество промежуточных действий. Следовательно, в решении задачи существенную роль играет управляющий контроль: по ходу выполнения алгоритма решатель совершает мониторинг промежуточных целей и сопоставляет свои действия с обра-

зом конечного результата. Теория решения такого типа задач – алгоритмизированных – достаточно проработана и используется в таких прикладных направлениях, как разработка искусственного интеллекта, методов обучения решению типичных задач в школьном и профессиональном обучении. Однако есть и другой класс задач – инсайтные задачи, относительно специфики которых существует ряд неразрешенных вопросов. Один из основных вопросов – является ли решение такого класса задач специфическим или не имеет существенных отличий от решения по алгоритму (Ohlsson, 2012 [20]; Weisberg, 2015 [23]). В пользу специфичности инсайтного решения свидетельствует ряд данных: результат инсайтного решения непредсказуем (Пономарев, 1988) [5], его процесс не осознается решателем (Ohlsson, 1992), ответ возникает как озарение, внезапно, в отсутствие явных сознательных стратегий (Metcalfе, Wiebe, 1987) [17]. В качестве специфического свойства процесса инсайтного решения можно выделить снижение уровня активности контроля на критических этапах решения (Ash, Wiley, 2006) [6]. В настоящей

© Владимир И.Ю., Смирницкая А.В., 2018

* Для корреспонденции:

Владимиров Илья Юрьевич

канд. психол. наук, доцент кафедры общей психологии факультета психологии, Ярославский государственный университет им. П. Г. Демидова

E-mail: kein17@mail.ru

работе мы рассматриваем управляющий контроль как внимание, направленное на процессы оперирования с элементами задачи, поддержания репрезентации в рабочей памяти (Awh, Vogel, Oh, 2006) [7].

Так как процессы контроля являются неосознаваемыми, а решение творческой задачи предполагает отказ от осознаваемой стратегии, то получить достоверные данные по самоотчету невозможно. Существует несколько работ (Владимиров и др., 2016 [1]; Коровкин и др., 2016 [3]; Ash, Wiley, 2006 [6]; Reverberi et al., 2005), в которых авторы пытаются ответить на вопросы о роли контроля при помощи поведенческого эксперимента или анализа клинических данных. Например, в работе Ревербери и коллег (2005) было показано, что люди с повреждениями коры лобных долей больших полушарий головного мозга лучше решают задачи, предполагающие преодоление фиксированности, чем здоровые испытуемые. По результатам серии экспериментов Владимиров с соавторами (2016) [1] были получены данные, интересные с точки зрения роли контроля в инсайтном решении. В алгоритмизированных задачах в большей степени задействованы такие процессы, как планирование и контроль последовательности действий, а в инсайтных задачах эти процессы частично или полностью отключаются. Следовательно, есть достаточные основания для того, чтобы рассматривать снижение управляющего контроля как специфический механизм решения инсайтных задач.

Так как осуществление управляющего контроля имеет выявленные корреляты активности мозга, аппаратные методы представляют собой хорошую перспективу в изучении вопроса о роли контроля в решении задач. Одним из способов изучения скрытых процессов решения служит мониторинг деятельности мозга методами электроэнцефалографии (Wiggins, Bhattacharya, 2014) [24]. Данный метод интересен тем, что имеет достаточное временное разрешение и позволяет проследить динамику изучаемого процесса (Jung-Beeman et al., 2004) [12]. Ос-

новной парадигмой исследований психической активности мозга в настоящий момент являются методы стимуляции с последующей интерпретацией мозговой активности через уже выявленные корреляты. Когда мы влияем на процесс, то действительно провоцируем некоторую нейронную активность и можем достоверно говорить о том, что обнаруженные нами различия обоснованы стимуляцией. К таким методам можно отнести и вызванные потенциалы мозга. Наиболее интересным для нас представляется компонент P300 вызванных потенциалов, амплитуда и латентность которого связаны с функционированием внимания и рабочей памяти. Он отражает процессы обновления, связанные с операциями кодирования, которые облегчают последующий доступ к запоминаемому (Guo et al., 2006) [11]; чувствителен к вероятностным событиям, в связи с обновлением «эталонов» в памяти (Fabiani et al., 1990); чувствителен к условиям двойной задачи в связи с распределением ресурса внимания (Pashler, 1994 [21]; Kramer et al., 1985 [15]). В работе М. Познера (Posner, 1994) [22] внимание выступает как система контроля умственных процессов. Выделяют несколько систем внимания: система произвольного, управляющего внимания, детекции цели (представлена в передней цингулярной извилине и дорсолатеральной префронтальной коре) и система непроизвольного внимания (теменная кора, подушка зрительного бугра и верхние бугорки четверохолмия), что отражается в подкомпонентах P300: P3b и P3a (Мачинская, 2003) [4]. Работы, направленные на изучение инсайтного решения с применением метода вызванных потенциалов, рассматривают компонент P300 как отражение процессов рабочей памяти (Lavric et al., 2000 [16]; Gao, Zhang, 2014 [10]). Согласно модели Бэддли и Хитча, рабочая память считается ресурсом, она выполняет функции контроля над процессом решения задачи (блок центрального исполнителя) (Baddeley & Hitch, 1974) [8]; поэтому использование P300 для исследования процессов рабочей памяти обосновано.

Исследования, направленные на изучение роли контроля в решении задач и использующие вызванные потенциалы в качестве исследовательской парадигмы, осуществляются в двух направлениях: там, где сама задача или ответ на нее являются стимулом (Zhao et al., 2011 [27]; Gao, Zhang, 2014 [10]), и там, где проводится стимуляция (слуховая, зрительная) в процессе решения (Lavric et al., 2000) [16]. По результатам работы Лаврика, было показано, что во время решения алгоритмизированных задач амплитуда компонента вызванного потенциала мозга, отражающая деятельность функции контроля (P300), выше, чем при решении инсайтной задачи. Это служило подтверждением предположения о меньшей загрузке рабочей памяти (центрального исполнителя) в инсайтных задачах. Но есть данные (Kramer, Wickens, 1985) [15], которые демонстрируют, что в условии с выполнением двойной задачи, в случае, если основная и второстепенная задача не имеют общей цели (конкурируют), амплитуда компонента P300 будет повышаться при снижении загрузки в основной задаче. Следовательно, мы можем предположить, что полученные Лавриком результаты не подтверждали проверяемую гипотезу: мы ожидаем увидеть снижение амплитуды компонента P300 в условии с алгоритмизированной задачей, так как она требует большего количества ресурсов контроля, а при решении инсайтной задачи амплитуда компонента должна быть выше.

Таким образом, мы имеем возможность проверить гипотезу о снижении задействованных ресурсов контроля в решении задач инсайтного типа по сравнению с алгоритмизированными. Большой проблемой в доказательстве этой гипотезы, учитывая чувствительность вызванных потенциалов к сложности задачи, является уравнивание экспериментального материала. Возможно, на данные, полученные Лавриком и коллегами, повлияло то, что они использовали задачи разной сложности и характера для изучения инсайтного и алгоритмизирован-

ного решения. В нашем исследовании мы нивелируем фактор разнородности задач. Для этого мы решили использовать задачу, предполагающую несколько решений, одно из которых потенциально алгоритмизированное, а другое – инсайтное. В качестве задачи выступает математическое неравенство, записанное римскими цифрами и предполагающее решение через переключение спички или в числе, или в знаке (табл. 1). При помощи данной задачи, разработанной в исследовании Владимирова, Павлищак (2015) [1], и предварительной серии, вырабатывающей установку по работе с определенным элементом задачи, мы можем провоцировать алгоритмизированное решение. А второй вариант решения этой же задачи будет предполагать потенциально инсайтное решение, так как требует отказаться от способа, сформированного в предварительной серии.

Второй гипотезой, выдвигаемой в настоящем исследовании, является предположение о выраженной динамике загрузки контроля в процессе решения инсайтной задачи. Мы исходим из поведенческих данных о снижении активности контроля, которое выявляется в середине решения задачи. Предполагается, что это может быть связано со спецификой стадии тупика. Процесс реструктурирования, который потенциально происходит на этом этапе решения, рассматривается как неосознаваемый (Ash, Wiley, 2006 [6]; Bowden, Jung-Beeman, 1998 [9]; Metcalfe, 1986 [18]). Следовательно, по всей видимости, именно этот этап может сопровождаться снижением контроля.

Методика

Процедура. В данной работе используется метод двойной задачи, предполагающий конкуренцию за ресурсы внимания и рабочей памяти (Kahneman, 1973) [13]. Заданием, создающим конкуренцию, является классификация звуковых стимулов в парадигме Go/NoGo (соотношение стимулов 70/30). Основное задание – реше-

ние мыслительных задач со спичками по типу предложенных С. Олсоном (Knoblich et al., 1999) [14]. Задачи соответствуют разработанным и апробированным в исследовании Владимирова, Павлищак (2015) [2]. В настоящей работе использованы установочные серии, направленные на выработку правила решения задачи. В качестве серии по созданию установки мы используем три задачи, каждая из которых решается по схожему правилу (перестановка спички из знака – разрушение правила или перестановка спички из числа – разрушение чанка). После серии следует контрольная задача, которая может иметь два типа решения: решаться при помощи перестановки спички в знаке или числе (см. табл. 1). После решения задачи первым способом (предположительно соответствующим правилу, выработанному в предварительной серии) мы просим испытуемого найти еще один способ реше-

ния. Первая и вторая задачи оцениваются по четырехбалльной системе по критериям инсайтности, предложенным в работе Вонга (Wong, 2009) [25], переведенными и адаптированными в работе Владимирова, Павлищак [2]:

1. Изящная / Примитивная.
2. Понравилась / Не понравилась.
3. Решение нашлось внезапно / Не было внезапности.
4. Я доволен тем, как решил задачу / Я не доволен тем, как решил задачу.
5. У меня изначально был план решения задачи / Я понятия не имел, как решать задачу.
6. Ход моих мыслей в начале решения был в основном таким же, как и в конце / В начале решения я думал о задаче совсем другим способом, нежели в конце.
7. Я должен был попробовать, чтобы увидеть, правильно ли я решаю / Я сразу понял, что решаю верно.

Таблица 1

Используемые в исследовании задачи

IV=III-I	VI=VI+VI	I-I=I	XIV-VII+I=III	XIV-VII+I=III
VI=VI+V	IX-IX=V	XI-III=III		

В контрольных задачах фиксируется время решения, субъективная оценка типа решения (опросник Вонга), проводится регистрация электроэнцефалограммы. Перед началом решения задач из установочной серии и по завершении решения задач контрольной серии осуществляется тренировка выполнения второстепенного задания в парадигме Go/NoGo. Процедура выполнения тренировки и тестирования по окончании решения всех задач (одинаковые процедуры до начала эксперимента и после), а также двух вариантов решения контрольной задачи сопровождалась регистрацией ЭЭГ.

Характеристики подаваемых звуковых стимулов: 440 и 550 Гц, длительность 200 мс с интервалом в 1500 мс. Звуковая стимуляция проводилась через наушники Apple. Для регистрации ЭЭГ был использован

усилитель NVX-36 с программным обеспечением NeoCortex. Полоса записи 0,1–30 Гц с режекторным фильтром в 50 Гц, частота дискретизации – 500 Гц. Используются мостиковые электроды, установленные по стандарту 10–20 по следующим отведениям: Fp1, Fp2, Fpz, F7, F3, Fz, F4, F8, T3, C3, Cz, C4, T4, P3, Fz, P4. Запись проводилась монополярно с референтом на ушных отведениях (усредненная полоса A1 – A2), с заземлением на отведении Cz. Триггерным каналом являлся Po4 (для разметки на эпохи анализа).

Эксперимент реализован в виде компьютерной программы на языке Python. Эксперимент проводится по следующей схеме:

- 1) Беседа с испытуемым для выявления навыков (возможности) работы с римскими числами. Предъявление чисел и знаков, потенциаль-

но используемых в задачах, задача испытуемого ответить на вопросы: какое это число/знак, из скольких «палочек» оно состоит.

- 2) Предъявление инструкции № 1.
- 3) Этап тренировки работы с задачей Go/NoGo.
- 4) Инструкция № 2.
- 5) Решение задач серии по выработке установки (перестановка спички из знака – разрушение правила или перестановка спички из числа – разрушение чанка; условия уравнены по внутригрупповому плану).
- 6) Инструкция № 3.
- 7) Решение контрольной задачи одним из способов (предположительно соответствующим серии по выработке установки – потенциально алгоритмизированным).
- 8) Субъективная оценка инсайтности решения по опроснику Вонга.
- 9) Инструкция № 4.
- 10) Решение контрольной задачи вторым способом (потенциально инсайтным).
- 11) Субъективная оценка инсайтности решения по опроснику Вонга.
- 12) Повтор процедуры этапа тренировки работы с задачей Go/NoGo.

Инструкция № 1: «Сейчас Вам будет предложен ряд задач. Ваша цель – решить их. Во время решения последних двух задач, совместно с решением, необходимо выполнять следующее задание – нажать кнопку со стрелкой влево, если слышите один звук, и кнопку вправо – другой. Для того чтобы послушать звуки и перейти к тренировке, нажмите кнопку «пробел». Внимание: во время выполнения задания мы будем записывать электрическую активность Вашего мозга, постарайтесь как можно меньше шевелиться и не разговаривать».

В тренировке экспериментатор демонстрирует испытуемому звуки-эталон и показывает соответствующие кнопки, настраивает громкость динамиков для комфортного прослушивания испытуемым.

После того как испытуемый понял задачу, он переходит к самостоятельной тренировке в течение 90 секунд.

Инструкция № 2: «Сейчас Вам будет предложен ряд задач. Ваша цель – решить их. Задачу надо решить как можно быстрее. Вы можете выполнять их в удобном для Вас режиме. Вам НЕ запрещено разговаривать, шевелиться или делать записи на листе бумаги. Регистрации электрической активности Вашего мозга проводиться НЕ будет. Если Вы готовы, то нажмите пробел и приступайте к заданию».

Данная инструкция дается сразу после тренировки и распространяется на все три задачи из тренировочной серии.

Инструкция № 3: «Сейчас перед Вами появится задача, Ваша цель – решить ее как можно быстрее. Пожалуйста, постарайтесь как можно меньше шевелиться, так как будет проводиться запись электрической активности Вашего мозга. Вам запрещено давать комментарии к задаче, необходимо дать ответ тогда, когда Вы будете уверены в том, что он правильный. Вам запрещено делать пометки на листе бумаги, задача должна быть решена в уме. В случае если задача будет решена Вами неправильно, то экспериментатор сообщит фразой «Продолжайте решение». Если у Вас не возникло вопросов, то нажмите кнопку «пробел» и приступайте к выполнению задания».

Экспериментатор следит за чистотой процедуры, ставит метки на записи ЭЭГ в случае возникновения потенциальных артефактов (испытуемый что-то говорит, шевелится и т.д.). Тут, как и в предыдущих пробах во время сообщения испытуемым правильного ответа, экспериментатор самостоятельно дает команду о завершении выполнения задания испытуемому фразой: «Верно, переходим к следующему заданию» и нажатием клавиши «пробел» – для остановки таймера в программе и перехода к следующему заданию.

Инструкция № 4 соответствует инструкции № 3, за исключением следующего уточнения: «Сейчас Вам будет предложена

та же задача, Ваша цель – решить ее ДРУГИМ способом».

В процедуру были введены подсказки, первая из которых давалась на 4-й минуте решения, вторая – на восьмой. Подсказка для задачи, решаемой установочным способом, звучала как: «Задача решается аналогично предыдущим». Второй подсказки для первой задачи не было. Для второй задачи, потенциально инсайтной, первой подсказкой являлось: «Задача решается совершенно не так, как предыдущая». Вторая подсказка для задачи, которая решалась при помощи переключивания «палочки» в числе: «Все, что Вам нужно, это подвинуть палочку вправо», для способа с переключиванием палочки в знаке: «Какие знаки, кроме сложения и вычитания, Вы знаете».

Критерии исключения испытуемых:

1. Испытуемый не знает римских цифр (проверяется перед проведением эксперимента).
2. Наличие травм головного мозга, о которых было сообщено (не сообщено, но выявлено) после проведения экспериментальной процедуры.
3. Первый вариант контрольной задачи решен не установочным способом.
4. Количество выделяемых (без наличия явных артефактов) эпох анализа для первой задачи (потенциально алгоритмизированной) минимальное 30, для второй задачи (потенциально инсайтной) – 90.

План анализа. Перед началом эксперимента проводится проверка по критериям исключения из выборки результатов испытуемого и проверка достаточности эпох анализа ЭЭГ (не менее 30 в записи потенциально алгоритмизированных задач, 90 – в потенциально инсайтной). Усредне-

ние кривой ЭЭГ проводится программным обеспечением автоматически, по расставленным вручную эпохам в 1024 мс. Эпохи выделяются по триггерным меткам, которые представлены в виде отдельной квадратичной кривой, отражающей начало подачи звукового стимула (более высокий пик кривой при высоком звуке и низкий – при низком). После процедуры усреднения на полученной кривой вызванных потенциалов для каждого испытуемого проводится оценка амплитуды компонента P300, которая выявляется как позитивный пик кривой, располагающийся на 200–400 мс от подачи звукового сигнала. Фиксируем амплитуду (отклонение от средней линии). Данные заносятся в таблицу, где отражены время решения задачи, тип функционального решения задачи, порядок решения задачи, амплитуда (отдельно по регионам записи), субъективная оценка способа решения (инсайтная/неинсайтная) задачи. Эти данные необходимы для выявления различий в загрузке функций контроля в зависимости от типа задачи. При помощи дисперсионного анализа мы проверяем влияние типа задачи на амплитуду и латентность пика когнитивного вызванного потенциала P300. Мы ожидаем получить данные о влиянии переменной. Далее при помощи процедуры T-test для повторных измерений мы выявляем различия между параметрами пика P300 в разных типах решения. Указанная процедура проводится отдельно для лобных, теменных, центральных и височных регионов (табл. 2).

Для построения вывода необходимо проанализировать данные лобных и теменных отведений, так как именно эти регионы имеют наибольшую выраженность анализируемого компонента.

Таблица 2

Схема группировки и усреднения каналов по регионам анализа

Регион	Лобный		Центрально-теменной		Височный		Центральная линия
	левое	правое	левое	правое	левое	правое	
Полушарие	левое	правое	левое	правое	левое	правое	–
Отведения	Fp1, F3, F7	Fp2, F4, F8	C3, P3	C4, P4	T3, T5	T4, T5	Fz, Cz, Pz

Остальные данные будут отражены авторами статьи в отдельной секции, так как они не относятся непосредственно к выводам работы и являются скорее поисковыми. Мы ожидаем получить различия в амплитуде со средним ниже в задаче алгоритмизированного типа. В случае получения ожидаемого результата мы рассуждаем следующим образом: так как в алгоритмизированной задаче амплитуда ниже (в силу конкуренции за ресурс), то мы можем сделать вывод: в сравнении инсайтного и алгоритмизированного решения – в инсайтном уровне загрузки функций контроля ниже, что говорит о том, что для решения задачи инсайтным способом специфично снижение уровня активности функций контроля.

Для проверки второй гипотезы необходимо подготовить данные по амплитуде пика в процессе решения инсайтной задачи. Для этого мы должны вывести данные по решению на трех равных интервалах времени – начало, середина, конец решения (соответственно по 30 эпох анализа в каждом из интервалов). Усреднение происходит аналогично процедуре по проверке первой гипотезы. Данные заносятся в таблицу, где отражены амплитуда пика P300 и временной этап решения инсайтной задачи для каждого испытуемого. Нам нужно проверить влияние (дисперсионный анализ для связанных выборок) переменной «этап решения» на амплитуду и латентность когнитивного вызванного потенциала P300. Мы ожидаем получить сведения о влиянии переменной на параметры компонента P300. Дальнейшая процедура предполагает множественное сравнение (t-test повторные измерения), где мы ожидаем получить следующие различия: по амплитуде компонента P300 в сравнении первого и второго этапов существуют различия со средним ниже на первом этапе; второй и третий этапы имеют различия по параметру со средним выше на втором этапе; первый и третий этапы не обнаруживают значимых различий. Из результатов этой проверки мы можем сделать выводы о ди-

намике загрузки функций контроля, где для условия с решением инсайтных задач мы наблюдаем снижение активности контроля в середине решения. Из чего следует теоретический вывод о необходимости снижения контроля для нахождения функционального решения и решения задачи инсайтным способом.

Выборка: в выборку вошли 20 человек в возрасте от 18 до 29 лет ($M=21,6$, $SD=3,2$), из них 13 женщин и 7 мужчин, что соответствует заявленному. Все не имели травм головного мозга и заболеваний, оказывающих влияние на мыслительную деятельность. Все имели навык работы с римскими числами и правильно определяли количество «палочек» в числах и знаках. По критериям отбора испытуемых было исключено 11 человек.

Результаты и обсуждение

Анализ времени решения. Поскольку анализ предполагает, что первая после установочной серии задача является алгоритмизированной, а вторая инсайтной, то нам следует оценить, вызвала ли установочная серия необходимый эффект. Для этого нужно проанализировать данные по времени решения следующим образом: выявить, оказывает ли фактор «порядок решения задачи» влияние на показатели времени решения, выявить, присутствуют ли различия по времени решения.

По результатам дисперсионного анализа выявлено, что установка вызывает предполагаемый нами эффект ($F(1, 38)=39,7$, $p<0,001$, $\eta_p^2=0,52$) – задача, следующая сразу после установочной серии и решенная выработанным в ней способом, имеет меньшее время решения ($M=161,9$), чем время решения вторым способом, противоречащим установочному ($M=453,9$). Время решения имеет значимые различия в данном условии ($t(19)=-6,1$, $p<0,001$, $r=-0,7$), притом, что сам тип решения (изменение знака/числа) не оказывает влияния. Следовательно, мы можем утверждать, что

установочная серия оказывает влияние вне зависимости от того, какое функциональное решение предполагает задача.

Анализ опросных данных. Установка влияет и на распределение оценок по адаптированному опроснику Вонга, но только по вопросу «Ход моих мыслей в начале решения был в основном таким же, как и в конце / В начале решения я думал о задаче совсем другим способом, нежели в конце» ($F(1, 38)=7,4$, $p=0,01$, $\eta_p^2=0,16$). Оценки имеют значимые различия между алгоритмизированной и инсайтной задачами ($t(19)=-2,4$, $p=0,03$, $r=-0,4$). Задача, решенная установочным способом, в большей степени соответствует утверждению «Ход моих мыслей в начале решения был в основном таким же, как и в конце» ($M=2,3$), а решенная способом, отличным от выработанного в установочной серии, – «В начале решения я думал о задаче совсем другим способом, нежели в конце» ($M=3,4$). Инсайтное решение определяется нами как процесс, результат которого непредсказуем для решателя, ответ на которое возникает внезапно, в виде озарения, при отсутствии явных сознательных стратегий. В соответствии с данным определением мы можем утверждать, что полученные различия в совокупности с различиями по времени решения говорят о том, что первая задача (следующая за установочной серией и решенная тем же способом) является алгоритмизированной, а вторая (решенная не установочным способом) – инсайтной.

Анализ амплитуды P300. *Анализ амплитуды компонента P300 в пробах до и после решения задач.* Анализ амплитуды компонента P300 в условии без решения задачи (выполнение пробы Go/NoGo без решения задач) до и после выполнения экспериментальной серии различий не обнаруживает. Присутствует совместное влияние факторов до/после и регион записи ($F(6, 272)=2,4$, $p=0,028$, $\eta_p^2=0,05$). Значимые различия получены в левом лобном регионе ($t(19)=4,7$, $p<0,001$, $r=0,58$) со средним выше в условии «До» ($M_1=3,8$; $M_2=-0,7$). В централь-

но-теменном регионе правого полушария ($t(19)=2,3$, $p=0,046$, $r=0,19$), в центральных отведениях ($t(19)=-3,7$, $p=0,002$, $r=-0,22$) со средним выше в условии «после».

Это говорит о том, что порядок выполнения заданий оказывает влияние на амплитуду потенциала. По полученным различиям мы можем предполагать, что активность в лобном регионе левого полушария непосредственно связана с выполнением задания (так как активность снижается) по классификации звуковых стимулов и с течением времени (вследствие вработываемости) снижается необходимость в сознательной, вербальной программе по выполнению задания. Активность в центральном и центрально-теменном регионе правого полушария повышается, следовательно, мы говорим о том, что в связи с автоматизацией действий снижается количество ресурса, выделяемого для выполнения этого задания.

Анализ амплитуды компонента P300 в алгоритмизированном и инсайтном решении задач. Сам по себе фактор решения установочным / не установочным способом не оказывает влияния, однако присутствуют совместное влияние факторов установочное / не установочное решение и регион записи ($F(6, 272)=2,4$, $p=0,028$, $\eta_p^2=0,05$). Значимые различия между амплитудами получены в лобном регионе левого полушария ($t(19)=4,1$, $p=0,001$, $r=0,36$) и по центральной линии ($t(19)=-3,9$, $p=0,001$, $r=-0,29$). Мы видим, что амплитуда в левом лобном регионе выше в условии с алгоритмизированной задачей ($M=3,5$; $M=1,9$), в то время как в центральных отведениях ($M=1,5$; $M=2,5$) амплитуда выше в условии с инсайтной задачей.

Полученные различия, в целом, аналогичны предыдущим (в условии выполнения пробы Go/NoGo без решения задач). Следовательно, для интерпретации нам необходимо выявить наличие различий, исходя из критерия порядка задания: проба Go/NoGo без решения задач до, Go/NoGo с решением алгоритмизированной задачи,

проба Go/NoGo с решением инсайтной задачи и Go/NoGo без решения задач после всей серии. Это необходимо для того, чтобы понять, что является эффектом порядка, а что – следствием выполнения задач разного типа.

Анализ амплитуды компонента P300 в пробах до, с решением алгоритмизированной задачи, с решением инсайтной задачи и после решения задач. В лобном регионе левого полушария между условиями до и с решением алгоритмизированной задачи различий не обнаружено, между условием с решением алгоритмизированной и инсайтной присутствуют различия ($t(19)=4,1$, $p=0,001$, $r=0,36$) с более высоким значением в алгоритмизированной, между условиями с решением инсайтной задачи и выполнением пробы после получены значимые различия ($t(19)=3,1$, $p=0,006$, $r=0,39$) со средним выше в условии с инсайтной задачей (рис. 1).

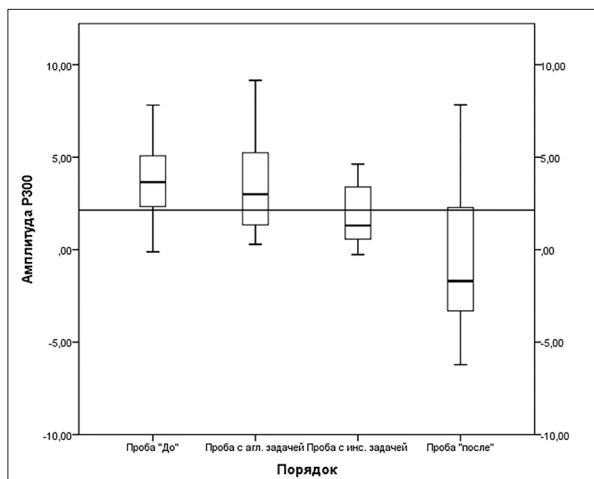


Рис. 1. Динамика амплитуды компонента P300 в лобном регионе левого полушария в пробах по порядку их выполнения

Следовательно, мы можем полагать, что получаемые в этом регионе различия связаны с динамикой выполнения самого зонда, а не с решаемой задачей. Как мы говорили выше, данная динамика может быть обусловлена снижением необходимости в сознательной, речевой программе вследствие вработываемости по отношению к заданию по классификации звуковых стимулов.

По центральной линии различия между пробой до и решением алгоритмизированной задачи не обнаружены, между условиями с решением алгоритмизированной и инсайтной задач они присутствуют ($t(19)=-3,9$, $p=0,001$, $r=-0,29$), с более высоким средним в условии с инсайтной задачей ($M1=1,44$, $M2=2,51$), между условием с решением инсайтной задачи и пробой после различия отсутствуют (рис. 2).

Такой результат согласуется с нашей гипотезой, амплитуда потенциала в центральных отведениях действительно выше в условии с инсайтной задачей. Из чего следует теоретический вывод о необходимости снижения уровня контроля для решения задачи инсайтным способом. Однако для более достоверного ответа на вопрос о роли контроля необходимо проследить динамику внутри самой инсайтной задачи. Это предоставит возможность дать не только ответ на вопрос о выраженности контроля на разных этапах, но и позволит снизить неопределенность в отношении эффекта порядка задач.

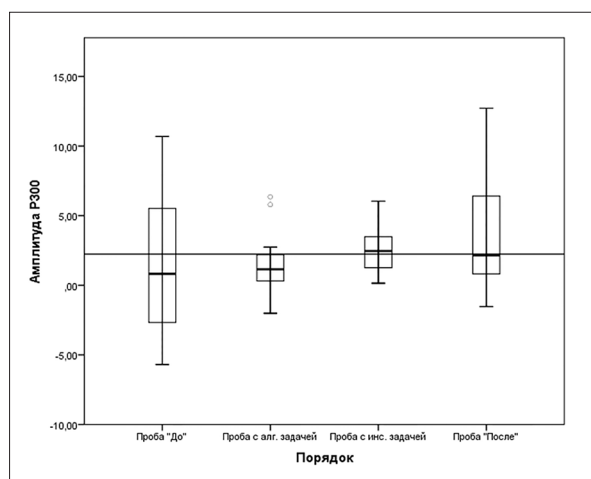


Рис. 2. Динамика амплитуды компонента P300 в центральных отведениях в пробах по порядку их выполнения

Анализ амплитуды компонента P300 на первом, втором и третьем этапах решения инсайтной задачи. Для более подробного ответа на поставленные нами вопросы необходимо проследить динамику контроля при решении инсайтной задачи.

Для этого мы провели усреднения вызванных потенциалов по первой, второй и третьей временной частям решения задачи для каждого из испытуемых. Части были определены, исходя из общего времени решения, поделенного на три. То есть, каждая из частей по времени равна друг другу. Мы обозначаем их как первый, второй и третий этапы решения задачи. Однако стоит отметить, что «этап» относится исключительно к временной характеристике решения, а не содержательной, так как для оценки содержания этапа требуются дополнительные данные. Количество этапов связано с тем, что минимальное количество усреднений записи ЭЭГ на одном этапе должно составлять не менее тридцати; при меньшем количестве снижается качество данных.

Различия получены в височном регионе левого полушария между первым и вторым ($t(19)=-3,1$, $p=0,005$, $r=-0,36$) временным отрезком решения со средним выше на втором ($M_1=2,62$, $M_2=5,02$) (рис. 3).

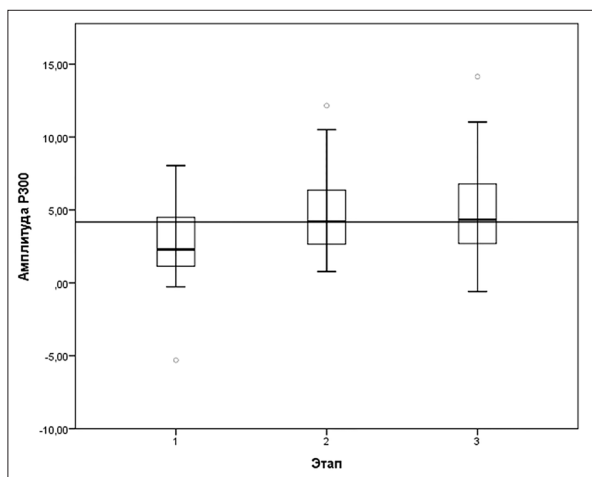


Рис. 3. Динамика амплитуды компонента P300 в височном регионе левого полушария по этапам решения инсайтной задачи

В центрально-теменном регионе левого полушария между первым и вторым временными отрезками решения ($t(19)=-2,6$, $p=0,018$, $r=-0,32$) со средним выше на втором этапе ($M_1=1,3$, $M_2=3,43$) (рис. 4).

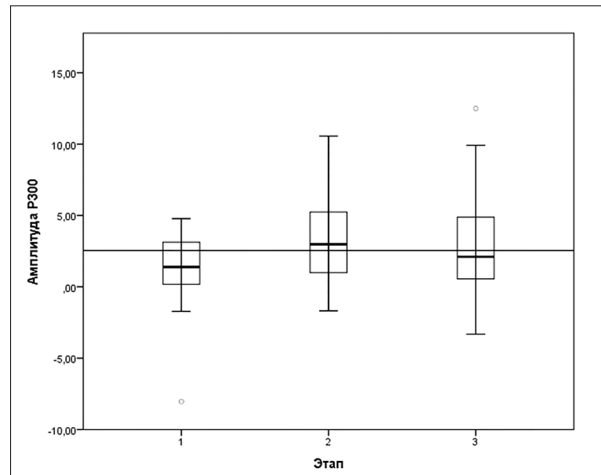


Рис. 4. Динамика амплитуды компонента P300 в центрально-теменном регионе левого полушария по этапам решения инсайтной задачи

Мы наблюдаем, что на втором этапе амплитуда потенциала повышается, что свидетельствует о том, что снижение активности контроля происходит ближе к середине решения. Отсутствие значимого снижения на последнем этапе решения связано с тем, что сам момент озарения приходится на последние минуты решения задачи и третий этап по большему интервалу времени совпадает по процессам со вторым.

По локализации различий мы предполагаем, что на этом этапе происходит снижение вербализации компонентов задачи (речевой контроль) и переструктурирование (центрально-теменной регион левого является ассоциативной зоной). Однако описываемая динамика присутствует во всех регионах (рис. 5).

Дополнительные результаты. По результатам опросного самоотчета мы наблюдаем влияние типа функционального решения по вопросам 3 ($F(1, 38)=4,55$, $p=0,04$, $\eta_p^2=0,11$) и 6 ($F(1, 38)=6,89$, $p=0,01$, $\eta_p^2=0,16$). Баллы по вопросу 3 опросника инсайтности имеют значимые различия ($t(19)=2,7$, $p=0,014$, $r=0,3$) между решениями, где необходимо изменить число ($M=3,1$) и знак ($M=2,3$). Баллы по вопросу 6 опросника инсайтности имеют значимые различия ($t(19)=-2,1$, $p=0,048$, $r=-0,34$) между решениями, где надо изменить чис-

ло ($M=2,4$) и знак ($M=3,3$). Следовательно, задача, функциональное решение которой предполагает работу со знаком, воспринимается как более инсайтная, по сравнению с другим решением – работой с числом. Это может быть связано с тем, что перемещение знака является менее частотным решением, более сложным и непредсказуемым.

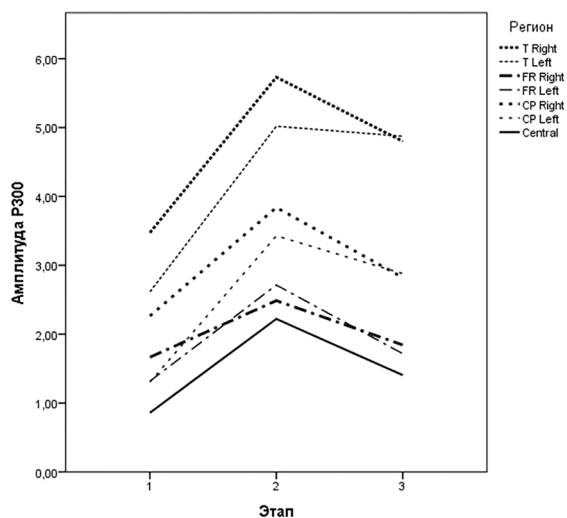


Рис. 5. Динамика амплитуды компонента P300 по отведениям в зависимости от этапа решения задачи инсайтного типа

Анализ амплитуды P300. Различия были обнаружены и в височном регионе правого полушария. Данный регион в большей степени связан с процессами восприятия и первичной обработкой поступающей звуковой информации. По пробам «до» и «после» ($t(19)=-5,2$, $p<0,001$, $r=-0,39$), со средним выше в условии «после». Это говорит о том, что к завершению выполнения заданий был сформирован устойчивый эталон звуков и не требовалось большого количества ресурсов по различению и формированию реакции.

В правом височном регионе присутствуют значимые различия между первым и вторым выполняемым заданием ($t(19)=8,1$, $p<0,001$, $r=0,68$) со средним выше в пробе «до» ($M1=5,23$, $M2=0,54$). Между пробами с решением алгоритмизированной и инсайтной задач ($t(19)=-6,9$, $p<0,001$, $r=-0,39$) среднее выше в инсайтной задаче ($M1=0,53$, $M2=2,04$). Между условием с ре-

шением инсайтной задачи и выполнением пробы после ($t(19)=-8,7$, $p<0,001$, $r=-0,73$), где среднее выше в пробе после ($M1=2,04$, $M2=8,05$). В правом височном регионе выявлены различия между первым и вторым этапами решения инсайтной задачи ($t(19)=-2,8$, $p=0,011$, $r=-0,32$) со средним выше на втором этапе ($M1=3,47$, $M2=5,73$).

По динамике мы наблюдаем, что чем сложнее задание, тем ниже амплитуда. Особенно это заметно на этапе выполнения задания с решением алгоритмизированной задачи. Это является аргументом в пользу нашей гипотезы. Однако остается открытым вопрос о том, как именно это влияет на выполнение зонда. Так как мы не фиксировали время реакции и ошибки, мы не можем говорить наверняка о корректности выполнения зондового задания.

Примечания. Изначально предполагалось, что в исследовании будет фиксироваться время решения задач в установочной серии. В контрольных задачах: время решения, скорость реакции на предъявляемые стимулы, ошибочные реакции на стимул, субъективная оценка типа решения (опросник Вонга), проводится регистрация электроэнцефалограммы. Предполагаемое общее время записи ЭЭГ не превышает 2880 секунд, вся процедура не более 1 часа 10 минут (4200 сек.). Однако в среднем процедура записи ЭЭГ должна была занимать 980 секунд, вся процедура – 2780. Приблизительные данные были взяты из работы Владимирова, Павлищак (2015) [2]. Однако в связи с несовместимостью программы стимуляции с ПО используемого ПК время реакции на стимул не фиксировалось, также не фиксировалось время решения задач из серии по установке. Анализ этих данных не проводился. Относительно характеристик подаваемых сигналов был изменен межстимульный интервал с псевдослучайного с интервалом в 1000–2000 мс и предъявлением с динамиком персонального компьютера на фиксированный в 1500 мс. Звуковые стимулы подавались через наушники.

Критерии исключения испытуемых предполагали, что в выборку войдут только те участники исследования, которые решили потенциально алгоритмизированную задачу (следующую за установочной серией) не быстрее, чем за 120 сек и не более, чем за 1200 мс; решение потенциально инсайтной задачи – не менее 180 секунд и не более 1500 мс. Но так как межстимульный интервал стал равен 1500 мс, то 1 минуты решения достаточно для выделения необходимого количества эпох. Следовательно, при исключении испытуемых из выборки мы руководствовались не временем решения, а количеством выделяемых (без наличия явных артефактов) эпох анализа: для первой задачи минимальное количество 30, для второй – 90. Оценка инсайтности решения по опроснику Вонга и различия амплитуды Р300 были изначально введены как индивидуальные критерии отбора, однако в дальнейшем мы решили не вводить данные пункты как критерии, а оставить как гипотезы. Это связано с тем, что по опроснику инсайтности присутствует прогнозируемая нами закономерность, но не по всем вопросам. А различия в амплитуде, исходя из порядка задачи, присутствуют у всех испытуемых.

План анализа был изменен в связи с изменениями в фиксируемых показателях. Изначально мы исходили из того, что анализ и интерпретация поведенческих данных необходимы для сопоставления динамики с другими работами, направленными на оценку управляющего контроля (Владимиров и др., 2016 [1]; Коровкин и др., 2016 [3]). Данное соотнесение предполагает проверку на возможность переноса полученных результатов на разные классы инсайтных задач. Для анализа необходимо разбить данные об отклике испытуемого (время реакции) на стимул, после чего разбить полученные данные на 10 равных интервалов (как было сделано в работах, указанных выше) и посчитать среднее время отклика на каждом из них. Далее проводятся попарные сравнения каждого из этапов в последующем (с введением поправки на множественность сравнений

методом Бонферрони). По результатам этой проверки мы ожидаем получить в условии с решением алгоритмизированной задачи умеренное повышение времени реакции на стимул по ходу решения задачи, в инсайтных задачах – снижение времени реакции к середине решения и его повышение ближе к концу решения. Относительно аппаратных данных: анализ латентности компонента не проводился, так как отказались от ручного анализа пиков Р300. Амплитуда так же, как и описано в работе, определялась как максимальный пик в диапазоне 200–400 мс после подачи стимула. Однако не во всех записях можно было однозначно выделить потенциал, что делает анализ латентности непригодным для получения достоверных сведений. По данным электроэнцефалографии мы анализировали только амплитуду по регионам записи, что дает более объективные данные о наблюдаемом процессе.

Заключение

Относительно самого метода было обнаружено, что установка вызывает необходимый эффект. Первая задача решается установочным способом, время решения значительно ниже, по сравнению со второй задачей, решаемой отличным способом, которая оценивается испытуемыми как более инсайтная.

По анализу электроэнцефалографических данных (амплитуда компонента Р300) было выявлено, что снижение контроля действительно присутствует в решении задач инсайтного типа, о чем говорят результаты, полученные по центральным отведениям при сравнении задач инсайтного и алгоритмизированного типов. Это подтверждает нашу гипотезу о необходимости снижения уровня контроля именно в этом типе задач.

Однако остаются небольшие сомнения, связанные с динамикой изменения результатов от пробы к пробе. Мы наблюдаем, что при выполнении пробы «после» результат не имеет значимых различий с показателями в пробах с решением инсайтной задачи. Но полученные данные скорее дей-

ствительно относятся именно к процессу решения инсайтной задачи, нежели только к временной динамике выполнения задачи, о чем нам позволяют полагать результаты анализа динамики инсайтной задачи. В настоящем анализе было установлено, что максимальные средние по амплитуде соотносятся со вторым этапом решения задачи, что нами и предполагалось. Третий этап не имеет значимых различий, однако по общим трендам, которые мы наблюдаем, амплитуда на третьем этапе снижается. К сожалению, метод вызванных потенциалов не дает возможность проследить более развернутую динамику, вследствие чего на третий этап решения попадает как само нахождение ответа, так и его проверка, оглашение. Локализация полученных различий относительно динамики решения инсайтной задачи может быть интерпретирована как снижение вербализации компонентов задачи и переструктурирование, что хорошо соотносится с теоретическими положениями, подтверждающими специфику инсайтного решения.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 17-06-00672а).

Литература

1. Владимиров И.Ю., Коровкин С.Ю., Лебедь А.А., Савинова А.Д., Чистопольская А.В. Управляющий контроль и интуиция на различных этапах творческого решения // Психологический журнал. – 2016. – Т. 37(1). – С. 48–60.
2. Владимиров И.Ю., Павлицак О.В. Преодоление фиксированности как возможный механизм инсайтного решения / В кн.: Современные исследования интеллекта и творчества. – М.: Изд-во «ИП РАН», 2015. – С. 48–64.
3. Коровкин С.Ю., Савинова А.Д., Владимиров И.Ю. Мониторинг динамики загрузки рабочей памяти на этапе инкубации инсайтного решения // Вопросы психологии. – 2016. – № 2. – С. 148–161.
4. Мачинская Р.И. Нейрофизиологические механизмы произвольного внимания (аналитический обзор) // Журнал высшей нервной деятельности им. И.П. Павлова. – 2003. – Т. 53(2). – С. 133–150.
5. Пономарев Я.А. Психология творчества / В кн.: Тенденции развития психологической науки, 1988. – С. 21–25.
6. Ash I.K., & Wiley J. The nature of restructuring in insight: An individual-differences approach // Psychonomic Bulletin & Review. – 2006. – Vol. 13(1). – P. 66–73.
7. Awh E., Vogel E.K., & Oh S.H. Interactions between attention and working memory // Neuroscience. – 2006. – Vol. 139(1). – P. 201–208.
8. Baddeley A.D., & Hitch G. Working memory // Psychology of Learning and Motivation. – 1974. – Vol. 8. – P. 47–89.
9. Bowden E.M., & Beeman M.J. Getting the right idea: Semantic activation in the right hemisphere may help solve insight problems // Psychological Science. – 1998. – Vol. 9(6). – P. 435–440.
10. Gao Y., & Zhang H. Unconscious processing modulates creative problem solving: Evidence from an electrophysiological study // Consciousness and Cognition. – 2014. – Vol. 26. – P. 64–73.
11. Guo C., Duan L., Li W., & Paller K.A. Distinguishing source memory and item memory: Brain potentials at encoding and retrieval // Brain Research. – 2006. – Vol. 1118(1). – P. 142–154.
12. Jung-Beeman M., Bowden E.M., Haberman J., Frymiare J.L., Arambel-Liu S., Greenblatt R., ... & Kounios J. Neural activity when people solve verbal problems with insight // PLoS Biology. – 2004. – Vol. 2(4). – e97.
13. Kahneman D. Attention and effort. – Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1973.
14. Knoblich G., Ohlsson S., Haider H., & Rhenius D. Constraint relaxation and chunk decomposition in insight problem solving // Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition. – 1999. – Vol. 25(6). – P. 1534–1555.
15. Kramer A.F., Wickens C.D., & Donchin E. Processing of stimulus properties: evidence for dual-task integrality // Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance. – 1985. – Vol. 11(4). – P. 393–408.
16. Lavric A., Rippon G., & Gray J.R. Threat-evoked anxiety disrupts spatial working memory performance: an attentional account //

- Cognitive Therapy and Research. – 2003. – Vol. 27(5). – P. 489–504.
17. *Metcalfe J., & Wiebe D.* Intuition in insight and noninsight problem solving // *Memory & Cognition*. – 1987. – Vol. 15(3). – P. 238–246.
 18. *Metcalfe J.* Feeling of knowing in memory and problem solving // *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*. – 1986. – Vol. 12(2). – P. 288–294.
 19. *Newell A., & Simon H.A.* Human problem solving. – Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1972. – 920 p.
 20. *Ohlsson S.* The problems with problem solving: Reflections on the rise, current status, and possible future of a cognitive research paradigm // *The Journal of Problem Solving*. – 2012. – Vol. 5(1). – P. 101–128.
 21. *Pashler H.* Dual-task interference in simple tasks: data and theory // *Psychological Bulletin*. – 1994. – Vol. 116(2). – P. 220–244.
 22. *Posner M.I.* Attention: the mechanisms of consciousness // *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*. – 1994. – Vol. 91(16). – P. 7398–7403.
 23. *Weisberg R.W.* Toward an integrated theory of insight in problem solving // *Thinking & Reasoning*. – 2015. – Vol. 21(1). – P. 5–39.
 24. *Wiggins G.A., & Bhattacharya J.* Mind the gap: an attempt to bridge computational and neuroscientific approaches to study creativity // *Frontiers in Human Neuroscience*. – 2014. – Vol. 8. – P. 1–15.
 25. *Wong T.J.* Capturing «Aha!» moments of puzzle problems using pupillary responses and blinks. – Master's Thesis, University of Pittsburgh, 2009.
 26. *Yeung N., Botvinick M.M., & Cohen J.D.* The neural basis of error detection: conflict monitoring and the error-related negativity // *Psychological Review*. – 2004. – Vol. 111(4). – P. 931–959.
 27. *Zhao Y., Tu S., Lei M., Qiu J., Ybarra O., & Zhang Q.* The neural basis of breaking mental set: an event-related potential study // *Experimental Brain Research*. – 2011. – Vol. 208(2). – P. 181–187.
- References**
1. Владимиров ИЮ, Коровкин СЮ, Лебед' АА, Савинова АД, Чистопольская АВ. Управляющий контроль и интуиция на различных этапах творческого решения. *Психологический журнал* 2016; 37(1):48–60 (in Russian).
 2. Владимиров ИЮ, Павлишчак ОВ. Преодоление фиксированности как возможный механизм инсайтного решения. В кн.: *Современные исследования интеллекта и творчества*. Moscow: Izd-vo «IP RAN», 2015: 48–64 (in Russian).
 3. Коровкин СЮ, Савинова АД, Владимиров ИЮ. Мониторинг динамики загрузки рабочей памяти на этапе инкубации инсайтного решения. *Вопросы психологии* 2016; 2:148–161 (in Russian).
 4. Мачинская РИ. Нейрофизиологические механизмы произвольного внимания (аналитический обзор). *Журнал высшей нервной деятельности им. ИП Павлова* 2003; 53(2):133–150 (in Russian).
 5. Пономарев ЯА. Психология творчества. В кн.: *Тенденции развития психологической науки*. Moscow: Nauka, 1988: 21–25 (in Russian).
 6. Ash IK, & Wiley J. The nature of restructuring in insight: An individual-differences approach. *Psychonomic Bulletin & Review* 2006; 13(1):66–73.
 7. Awh E, Vogel EK, & Oh SH. Interactions between attention and working memory. *Neuroscience* 2006; 139(1):201–208.
 8. Baddeley AD, & Hitch G. Working memory. *Psychology of Learning and Motivation* 1974; 8:47–89.
 9. Bowden EM, & Beeman MJ. Getting the right idea: Semantic activation in the right hemisphere may help solve insight problems. *Psychological Science* 1998; 9(6):435–440.
 10. Gao Y, & Zhang H. Unconscious processing modulates creative problem solving: Evidence from an electrophysiological study. *Consciousness and Cognition* 2014; 26:64–73.
 11. Guo C, Duan L, Li W, & Paller KA. Distinguishing source memory and item memory: Brain potentials at encoding and retrieval. *Brain Research* 2006; 1118(1):142–154.
 12. Jung-Beeman M, Bowden EM, Haberman J, Frymiare JL, Arambel-Liu S, Greenblatt R, ... & Kounios J. Neural activity when people solve verbal problems with insight. *PLoS Biology* 2004; 2(4):e97.
 13. Kahneman D. *Attention and effort*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1973.
 14. Knoblich G, Ohlsson S, Haider H, & Rhenius D. Constraint relaxation and chunk decom-

- position in insight problem solving. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition* 1999; 25(6):1534–1555.
15. Kramer AF, Wickens CD, & Donchin E. Processing of stimulus properties: evidence for dual-task integrality. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance* 1985; 11(4):393–408.
 16. Lavric A, Rippon G, & Gray JR. Threat-evoked anxiety disrupts spatial working memory performance: an attentional account. *Cognitive Therapy and Research* 2003; 27(5):489–504.
 17. Metcalfe J, & Wiebe D. Intuition in insight and noninsight problem solving. *Memory & Cognition* 1987; 15(3):238–246.
 18. Metcalfe J. Feeling of knowing in memory and problem solving. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition* 1986; 12(2):288–294.
 19. Newell A, & Simon HA. *Human problem solving*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1972: 920.
 20. Ohlsson S. The problems with problem solving: Reflections on the rise, current status, and possible future of a cognitive research paradigm. *The Journal of Problem Solving* 2012; 5(1):101–128.
 21. Pashler H. Dual-task interference in simple tasks: data and theory. *Psychological Bulletin* 1994; 116(2):220–244.
 22. Posner MI. Attention: the mechanisms of consciousness. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 1994; 91(16):7398–7403.
 23. Weisberg RW. Toward an integrated theory of insight in problem solving. *Thinking & Reasoning* 2015; 21(1):5–39.
 24. Wiggins GA, & Bhattacharya J. Mind the gap: an attempt to bridge computational and neuroscientific approaches to study creativity. *Frontiers in Human Neuroscience* 2014; 8:1–15.
 25. Wong TJ. Capturing «Aha!» moments of puzzle problems using pupillary responses and blinks. Master's Thesis, University of Pittsburgh, 2009.
 26. Yeung N, Botvinick MM, & Cohen JD. The neural basis of error detection: conflict monitoring and the error-related negativity. *Psychological Review* 2004; 111(4):931–959.
 27. Zhao Y, Tu S, Lei M, Qiu J, Ybarra O, & Zhang Q. The neural basis of breaking mental set: an event-related potential study. *Experimental Brain Research* 2011; 208(2):181–187.

DYNAMICS AND LEVEL OF EXECUTIVE CONTROL LOADING WHILE SOLVING INSIGHT-TYPE PROBLEMS: EVOKED POTENTIALS METHOD

I.Yu. VLADIMIROV, A.V. SMIRNITSKAYA

P.G. Demidov Yaroslavl State University, Yaroslavl

The study assumes that the insight solution of a problem, in comparison to the algorithmized one, is accompanied by a decrease in the activity of executive control. As a stimulus material, problems with several types of solution were used. A particular type of problem solving (insight or algorithmized) was provoked with the help of the setting series. The amplitude of the evoked potential P300 was analyzed as a measure of executive control. It was found that there was a decrease in the activity of executive control in the insight solution, with the greatest decrease occurring after the middle of the decision.

Keywords: problem solving, executive control, insight, electroencephalography, evoked potentials, P300.

Address:

Vladimirov I.Yu., Ph.D.

Associate Professor of the Department of General Psychology of the Faculty of Psychology,

P.G. Demidov Yaroslavl State University

E-mail: kein17@mail.ru