

Чернышев Б.В., Безсонова В.Е., Чернышева Е.Г., Осокина Е.С., Трунова М.С., Зинченко В.П. Проявление индивидуальных особенностей темперамента в параметрах поведенческих реакций и когнитивных вызванных потенциалов в ситуации внимания // *Психологический журнал* Международного университета природы, общества и человека «Дубна». – 2011. – № 3. <http://www.psyanima.ru>.

Проявления индивидуальных особенностей темперамента в параметрах поведенческих реакций и когнитивных вызванных потенциалов в ситуации внимания

Б. В. Чернышев, В. Е. Безсонова, Е. Г. Чернышева,
Е. С. Осокина, М. С. Трунова, В. П. Зинченко

Работа посвящена изучению структуры взаимосвязей между параметрами темперамента, поведенческими данными и когнитивными вызванными потенциалами в ситуации внимания. Задача, стоящая перед испытуемыми, состояла в различении стимулов слуховой модальности при реализации методики odd-болл. Показано, что более эффективная и стабильная реакция испытуемых на целевой стимул сопровождалась рядом определенных характеристик поздних когнитивных вызванных потенциалов: меньшей амплитудой N2, большей амплитудой P3, меньшими латентными периодами N2 и P3. Экстраверсия согласно Личностному опроснику Г. Айзенка (EPI) и Социальная эргичность согласно Опроснику структуры темперамента (ОСТ) В.М. Русалова проявили отрицательную связь с латентным периодом N2. Полученные данные закладывают основу для дальнейшего психофизиологического изучения внимания в контексте индивидуальных различий.

Ключевые слова: внимание, индивидуальные различия, темперамент, когнитивные процессы, вызванные потенциалы, N2, P3.

Введение

Внимание представляет собой одну из базовых функций психики, обеспечивающую отбор поступающей информации из внешней и внутренней среды и включенную в состав множества других важнейших психических функций, включая восприятие и мышление [2, 8]. Внутренняя природа внимания, при всей его значимости для психической деятельности человека, до сих пор остается малоизученной, и ее невозможно исследовать без психофизиологического анализа процессов в мозге, связанных со вниманием. Многообещающим методом изучения функционирования мозга человека в ситуации внимания является регистрация суммарных физиологических показателей работы мозга в связи с индивидуальными различиями, что позволяет увидеть данное явление в более полной форме. Наиболее адекватным видом таких различий, доступных для исследования, является темперамент.

В настоящее время темперамент трактуется большинством авторов как совокупность биологически детерминированных относительно неизменных в течение жизни свойств, определяющих динамические, интенсивностные и временные аспекты поведения и психической деятельности [1, 11, 13, 21]. Постепенно накапливаются доказательства того, что индивидуальные вариации темперамента потенциально могут быть объяснены через генетически-обусловленные различия в функционировании ряда нейромедиаторных систем мозга [17, 26], которые задействованы в системе внимания. Таким образом, исследование внимания в связи с темпераментом открывает путь к более широкому физиологическому анализу темперамента.

Электрические потенциалы, регистрируемые от поверхности головы человека, отражают суммарную работу его мозга и являются одним из наиболее

распространенных и востребованных инструментов в руках психолога, желающего изучать психические явления в привязке к их материальному субстрату – мозгу. В ответ на стимулы, привлекающие внимание, в электроэнцефалограмме регистрируется ряд специфических длиннотентных колебаний потенциала. Наиболее интересными из них для психолога являются компоненты вызванного потенциала (ВП), называемые N2 и P3, поскольку они регистрируются лишь при наличии осознаваемого внимания к стимулам (как произвольного, так и непроизвольного).

В простой, но очень востребованной экспериментальной задаче – методике одд-болл – испытуемым предъявляют два стимула, отличающиеся по какому-либо параметру (высоте звукового тона, форме фигуры и т. п.). Один из стимулов (целевой, значимый) подается относительно редко (не более 20-25% от общего числа стимулов), и согласно инструкции, испытуемый должен в ответ на этот стимул совершить какую-либо реакцию – либо скрытую (счет стимулов в уме), либо явную (нажатие на кнопку). Второй стимул (нецелевой, незначимый) предъявляют значительно чаще, и на него реагировать испытуемому не нужно. При сравнении ВП на целевой (значимый) и нецелевой (незначимый) стимулы выявляется отчетливое различие между ними, а именно генерация в ответ на значимый стимул потенциалов N2 и P3, отсутствующих в ответе на незначимый стимул. Разность между этими ответами на два стимула, один из которых по условиям эксперимента привлекает внимание, а другой – нет, и составляет собственно когнитивную составляющую ВП [3].

N2, называемый также N200, достигает пика во временном интервале от 180 до 350 мс после включения стимула. В настоящее время компонент N2 принято разделять на ряд независимых субкомпонентов. Классические субкомпоненты этого потенциала N2b и N2c возникают при рассогласовании предъявленного стимула с ожидаемым и в задачах на классификацию соответственно [23, 27]. Для слуховой модальности оба компонента имеют фронтоцентральное распределение по поверхности скальпа и трудноразличимы. Функциональное значение N2 вызывает разногласия в литературе, что отчасти связано с его неоднородным составом и разнообразием используемых экспериментальных методик. В целом можно принять, что компонент N2 отражает различные аспекты опознания стимула [3] в плане расхождения текущих параметров стимула с ожидаемыми [27], хотя в настоящее время компонент N2 связывают также с когнитивным контролем [23].

P3, или P300, обычно следует за N2 и достигает пика во временном интервале от 250 до 500 мс или более. Компонент P3 неоднороден, и выделяют как минимум два его субкомпонента. Субкомпонент P3a, наиболее выраженный в лобных отведениях, имеет отношение к так называемому пассивному вниманию и рассматривается как коррелят ориентировочной реакции на новый неожиданный стимул [6, 29, 33, 34]. Субкомпонент P3b, наиболее выраженный в центрально-теменной области, возникает при произвольном внимании к релевантным стимулам, требующим реакции [6, 29, 31]. Общепринятой является гипотеза Е.Дончина [20], согласно которой P300 отражает процесс обновления контекста, т.е. перестройки прогноза, модели окружающей среды. Существуют также теории, связывающие P300 с ожиданием, памятью и другими явлениями. Согласно точке зрения А.М.Иваницкого [5], волна P300 связана с определением значимости стимула на основании прошлого опыта.

В литературе имеется сравнительно немного работ, в которых производился бы анализ параметров N2 и P3 в связи с индивидуальными различиями. Так, в задаче Go/NoGo было показано, что амплитуда N2 положительно связана с тревожностью, а амплитуда P3 снижена у тех испытуемых, которые сообщали о большом количестве когнитивных неудач [30]. Амплитуда P3 в целом меньше у интровертов, чем у экстравертов [18]. В методике слухового одд-болла было показано, что амплитуда P3

отрицательно коррелирует с нейротизмом и положительно – с экстраверсией [24]. Также описано, что у психопатических личностей увеличен N2 и снижен P3 [25], и P3 выше по амплитуде у индивидов, менее склонных к доминированию [28]. Мы ранее показали, что пластичность и темп связаны с меньшей амплитудой N2 и меньшей латентностью N2 и P3; нейротизм и эмоциональность проявляют положительную связь с длительностью комплекса волн N2-P3 [15, 19].

Таким образом, в настоящее время становится очевидно, что процессы в мозге, связанные со вниманием, протекают несколько по-разному в зависимости от индивидуальных особенностей человека. Тем не менее, в литературе еще нет сложившегося понимания того, каким образом внимание проявляется в электрической активности головного мозга в связи с индивидуальными особенностями.

Настоящее исследование посвящено выявлению связи между свойствами темперамента, параметрами поведенческих реакций испытуемых и параметрами генерации поздних "когнитивных" волн слухового ВП N2 и P3 в парадигме одд-болл как модели ситуации, требующей внимания [6, 20, 29].

Методика

В исследовании приняло участие 30 испытуемых – студентов университета в возрасте 18–27 лет (20 женщин и 10 мужчин; в том числе: праворуких 26, леворуких 1, амбидекстров 3). Все испытуемые сообщили об отсутствии у них выявленных нарушений слуха, психических и неврологических заболеваний.

Все испытуемые однократно в день эксперимента отвечали на вопросы 3 опросников: Павловский опросник темперамента Я. Стреляу (PTS) [7, 12], личностный опросник Г. Айзенка (EPI) [16, 22], и Опросник структуры темперамента (ОСТ) В.М. Русалова [9, 11]. С помощью опросников определяли следующие индивидуальные характеристики темперамента: Экстраверсия (EPI1), Нейротизм (EPI2), Сила нервной системы (НС) по возбуждению (PTS1), Сила НС по торможению (PTS 2), Подвижность нервных процессов (PTS 3), Предметная эргичность (ОСТ1), Социальная эргичность (ОСТ2), Предметная пластичность (ОСТ3), Социальная пластичность (ОСТ4), Предметный темп (ОСТ5), Социальный темп (ОСТ6), Предметная эмоциональность (ОСТ7), Социальная эмоциональность (ОСТ8). Также вычисляли Отношение силы НС по возбуждению к силе НС по торможению (ОВТ) по следующей формуле:

$$ОВТ = \frac{PTS1}{PTS2}.$$

Эксперименты проводили в тихом помещении; испытуемые располагались в удобном кресле с подлокотниками и опорой под затылок. Звуковые тональные стимулы подавали испытуемым через колонки, расположенные непосредственно перед ними. Стимулы следовали в квазислучайном порядке в соответствии с методикой одд-болл, соотношение вероятностей предъявления целевого и нецелевого стимула составляло 1:4, при этом исключалось следование двух целевых стимулов непосредственно друг за другом. Испытуемому давали инструкцию нажимать на кнопку легкого миниатюрного геймпада в ответ на предъявление редкого, более высокого по тону целевого стимула.

Нецелевой стимул представлял собой звуковой тон 1000 Гц, целевой стимул – тон 1050 Гц. Длительность всех стимулов составляла 40 мс, время нарастания-спада по 10 мс, громкость около головы испытуемого 85 Дб. В каждой серии предъявляли 250 стимулов с межстимульным интервалом, варьировавшим случайным образом в интервале от 2 до 3 с. Предъявление звуковых стимулов производили при помощи программы "Неостимул" (ООО "Нейроботикс", Россия).

Отмечали правильные реакции испытуемого на целевой стимул, ложные тревоги (ошибочные нажатия в ответ на нецелевой стимул) и пропуски (ошибочное отсутствие реакции в ответ на целевой стимул). Для правильных реакций фиксировали латентный период нажатий на кнопку и разброс (стандартное отклонение) латентных периодов в пределах эксперимента.

Регистрацию ЭЭГ проводили на энцефалографе NVX-52 с программным обеспечением "Неокортекс Про" (ООО "Нейроботикс", Россия) от 32 симметричных отведений в соответствии с международной схемой 10-10%. Анализировали 15 отведений в околоцентральной области (F3, Fz, F4, Fc3, Fcz, Fc4, C3, Cz, C4, Cp3, Cpz, Cp4, P3, Pz, P4). На полученных записях вручную удаляли артефактные фрагменты. Вызванную активность выделяли из фоновой ЭЭГ путем синхронного (когерентного) усреднения. Пики ВП выделяли визуально как наиболее значительные отклонения на усредненной ЭЭГ в следующих временных интервалах: для N2 190-310 мс, для P3 250-530 мс. Измеряли пиковые амплитуды и латентности волн N2 и P3 от нулевой линии только для целевых стимулов.

Наличие связей между показателями опросников, а также между показателями опросников и параметрами поведенческих реакций испытуемых проводили с помощью корреляции Спирмена в программе STATISTICA.

Статистическую обработку данных ВП и их связи с показателями опросников проводили с использованием общей линейной модели. Использовали два фактора повторных измерений: "Ростральность" (5 уровней: F, Fc, C, Cp, P) и "Латеральность" (3 уровня: левая сторона, средняя линия, правая сторона), а также последовательно вводили в анализ в качестве ковариат данные опросников и параметры поведенческих реакций испытуемых.

Поскольку в настоящей работе производилось одновременное изучение большого количества связей между результатами опросников и параметрами ВП, то, чтобы избежать ложноположительных случаев выявления достоверностей по причине множественного характера проверки гипотез, применяли следующую статистическую процедуру. Для тех случаев, в которых указанная связь между результатами опросников и параметрами ВП выявлялась с достоверностью $p < 0.05$, анализ повторяли 30 раз (по числу испытуемых), выбрасывая поочередно из массива анализируемых данных всех испытуемых по одному (с последующим возвратом). Достоверными считали лишь те случаи, для которых во всех 30 повторах анализа достоверность подтверждалась на уровне $p < 0.05$ (в качестве исключения допускалось не более одного повтора анализа с $p < 0.10$).

Данные приведены как среднее значение \pm стандартная ошибка среднего (если не указано иное).

Результаты

Результаты опросников

Обобщенные результаты опросников, полученные в эксперименте, приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Суммарные данные опросников

	Среднее	Медиана	Миним ум	Максим ум	Ст. откл.	Ст. ошибка
EPI1	58.7	67	6	93	22.7	4.1
EPI2	46.8	45	12	80	19.6	3.6
PTS1	68.8	68	45	89	9.8	1.8
PTS2	72.4	70.5	52	98	10.7	2.0
PTS3	71.4	72.5	51	93	11.1	2.0
OCT1	6.8	7.5	2	12	3.4	0.6
OCT2	8.5	10	1	12	3.4	0.6
OCT3	8.2	8.5	2	12	3.2	0.6
OCT4	6.4	6.5	1	12	3.0	0.6
OCT5	8.4	9	0	12	3.1	0.6
OCT6	9.2	10	1	12	3.0	0.5
OCT7	6.2	6.5	0	12	4.1	0.7
OCT8	7.0	7	1	12	2.9	0.5
OBT	0.97	0.95	0.54	1.35	0.19	0.03

Прежде чем изучать связи между индивидуальными особенностями темперамента и параметрами ВП, необходимо определить корреляционные связи между различными параметрами опросников как таковыми, и выявить целостную взаимозависимую систему параметров темперамента. Результаты корреляционного анализа приведены в таблице 2.

Таблица 2.

Корреляционные связи между данными опросников (указаны только достоверные значения коэффициентов корреляции Спирмена ($p < 0.05$))

	EPI1	EPI2	PTS1	PTS2	PTS3	OCT1	OCT2	OCT3	OCT4	OCT5	OCT6	OCT7	OCT8	OBT
EPI1														
EPI2	-													
PTS1	-	-												
PTS2	-	-	-											
PTS3	0.62	-	0.47	-										
OCT1	-	-	0.45	-	-									
OCT2	0.51	-	-	-	-	-								
OCT3	-	-	-	-	0.49	0.37	-							
OCT4	0.63	-	-	-0.56	-	-	0.49	0.41						
OCT5	0.50	-	-	-	0.50	-	0.43	0.44	-					
OCT6	0.49	-	-	-0.39	0.48	-	-	0.52	0.65	0.56				
OCT7	-	0.63	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
OCT8	-	0.71	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.78		
OBT	0.41	-	0.71	-0.65	0.51	-	-	0.51	0.61	0.39	0.48	-	-	

Как и следовало ожидать, значимые корреляции между двумя параметрами Личностного опросника Айзенка ЕРІ (экстраверсией и нейротизмом) отсутствуют.

Экстраверсия (ЕРІ1) проявила высоко достоверную положительную корреляцию с Подвижностью нервных процессов (PTS3) – т.е. чем выше экстраверсия, тем большей подвижностью отличаются нервные процессы индивида. Ожидаемой корреляции между Экстраверсией (ЕРІ1) и Силой НС по возбуждению (PTS1) не обнаружено.

Выявлены многочисленные положительные корреляции между экстраверсией (ЕРІ1) и показателями ОСТ, в том числе, как и следовало ожидать, 3 социальными: Социальной эргичностью (ОСТ2), Социальной пластичностью (ОСТ4), и Социальным темпом (ОСТ6), а также одним предметным, а именно Предметным темпом (ОСТ5). Также экстраверсия оказалось положительно коррелированной с Отношением силы возбуждения к силе торможения (ОВТ = PTS1/PTS2).

Нейротизм предсказуемым образом положительно коррелировал с обоими показателями эмоциональности (ОСТ7 и ОСТ8).

Внутри блока параметров Павловского опросника темперамента (PTS) выявлена достоверная положительная корреляция между Силой НС по возбуждению (PTS1) и Подвижностью нервных процессов (PTS3).

Сила НС по возбуждению (PTS1) положительно коррелировала с Предметной эргичностью (ОСТ1), а также, по причине методики ее вычисления, с Отношением силы возбуждения к силе торможения (ОВТ). Согласно данным В.М.Русалова [10], Сила НС по возбуждению (PTS1) должна коррелировать еще и с Предметными пластичностью и Темпом (ОСТ3 и ОСТ5), чего мы на нашей выборке не наблюдали.

Сила НС по торможению (PTS2) проявила отрицательные корреляции с Социальной пластичностью (ОСТ4) и Социальным темпом (ОСТ6), а также, как результат методики вычисления, отрицательную корреляцию с ОВТ. Это также меньше того, что приводит В.М.Русалов [10]: в его работе выявлена также положительную корреляцию Силы НС по торможению (PTS2) с Предметной эргичностью (ОСТ1) и отрицательная корреляция с Предметной эмоциональностью (ОСТ7).

Подвижность нервной системы (PTS3) имела положительные корреляции с Предметной пластичностью (ОСТ3), Предметным темпом (ОСТ5) и Социальным темпом (ОСТ6), а также положительную корреляцию с ОВТ.

Внутри параметров ОСТ выявлены многочисленные достоверные корреляции (все с положительным знаком). Так, оказались коррелированными Предметная эргичность (ОСТ1) и Предметная пластичность (ОСТ3). Социальная эргичность (ОСТ2) проявила положительные корреляции с Социальной пластичностью (ОСТ3) и Предметным темпом (ОСТ5). Все четыре временных параметра темперамента как в предметном, так и в социальном аспектах (ОСТ3, ОСТ4, ОСТ5 и ОСТ6) оказались коррелированными друг с другом (за исключением пары ОСТ5 – ОСТ6) и образовали отчетливый самостоятельный блок. Именно эти же четыре параметра проявили достоверные положительные корреляции с ОВТ.

Два показателя эмоциональности – Предметная эмоциональность и Социальная эмоциональность (ОСТ7 и ОСТ8) оказались тесно связанными друг с другом высокодостоверной положительной корреляцией.

Поведенческие результаты и их связь с данными опросников

Все испытуемые успешно справились с заданием, содержащемся в инструкции. Как видно из таблицы 3, количество ложных тревог (ошибочных реакций на нецелевой стимул) не превышало 1.5% от числа всех реакций на нецелевые стимулы, а среднее значение составило всего 0.27 %; большинство испытуемых (22 из 30, 73.3%) не совершили ни одной ложной тревоги. Среднее количество пропусков реакции на

целевой стимул составило 4.7%. Значительная часть испытуемых (13 из 33, 43.3%) не совершили ни одного пропуска, в том числе 9 испытуемых не совершили вообще ни одной ошибки (9 из 30, 30%).

Таблица 3.

Количество ложных тревог, пропусков и временные параметры правильных реакций испытуемых в эксперименте (для ложных тревог и пропусков указаны значения в процентах в расчете на количество соответствующих стимулов в серии: 200 нецелевых и 50 целевых соответственно)

	Среднее	Медиана	Минимум	Максимум	Ст. откл.	Ст. ошибка
Ложные тревоги, % от нецелевых стимулов	0.27	0.00	0.00	1.50	0.50	0.09
Пропуски, % от целевых стимулов	4.73	2.00	0.00	22.00	6.16	1.12
Латентный период, мс	725.8	613.0	283.0	1663.0	356.5	65.1
Разброс латентных периодов, мс	22.9	19.7	13.4	38.6	7.4	1.4

Средний латентный период правильных реакций на целевые стимулы составлял 725.8 ± 65.1 мс. Латентный период правильных реакций отличался значительной стабильностью для каждого испытуемого: среднее значение стандартного отклонения латентных периодов единичных реакций, вычисленных отдельно для каждого испытуемого, составило всего 22.9 ± 1.4 мс.

Из числа параметров поведенческих реакций лишь временные показатели выполнения правильных реакций (латентный период и его разброс) оказались связанными с результатами опросников (таблица 4).

Таблица 4.

Корреляционные связи между данными опросников и параметрами поведенческих реакций испытуемых (указаны только достоверные значения Коэффициентов корреляции Спирмена ($p < 0.05$))

	Латентный период	Разброс латентных периодов
PTS3		-0.47
ОСТ2	0.41	-0.39
ОСТ3		-0.43

Социальная эргичность (ОСТ2) проявила положительную связь с латентным периодом выполнения правильных реакций. С другой стороны, этот же показатель темперамента оказалось связанным отрицательно с разбросом латентных периодов. Таким образом, чем выше Социальная эргичность, тем позже, но стабильнее по времени выполняются испытуемыми правильные реакции.

Два динамических показателя темперамента - Подвижность нервной системы (PTS3) и Социальная пластичность (ОСТ3) - проявили отрицательную связь с разбросом латентных периодов правильных реакций: чем выше данные показатели темперамента, тем более стабильны латентные периоды реакций испытуемого в течение эксперимента.

Параметры ВП и взаимосвязи между ними

ВП в ответ на целевые стимулы, усредненные по всем испытуемым, приведены на рисунке 1.

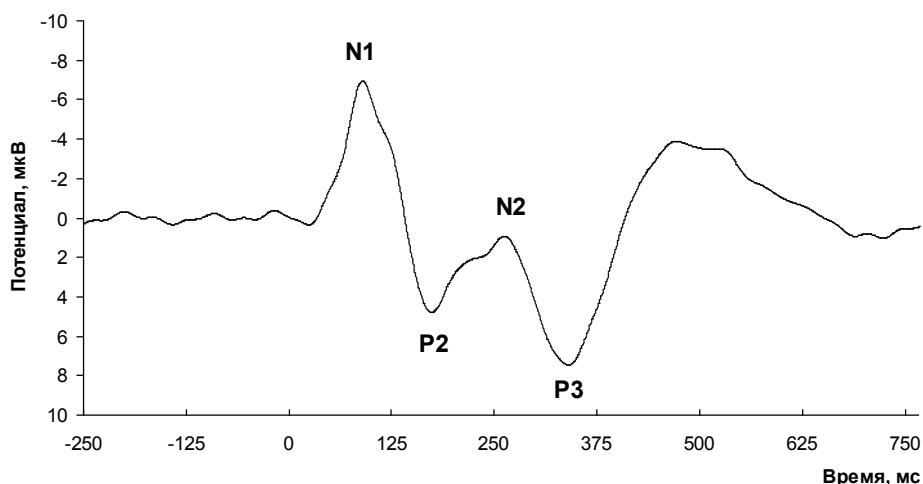


Рисунок 1. ВП в ответ на целевой стимул, усредненный по всем испытуемым. 0 на шкале времени соответствует моменту включения стимула. Указаны компоненты поздних ВП: N1, P2, N2 и P3

В таблице 5 приведены суммарные данные по параметрам ВП, зарегистрированным в эксперименте.

Таблица 5.

**Параметры поздних ВП в ответ на целевой стимул
(усреднение по всем околоцентральных отведениям)**

	Среднее	Медиана	Минимум	Максимум	Ст. откл.	Ст. ошибка
Амплитуда N2	0.0	-0.4	-4.3	6.4	2.9	0.5
Латентный период N2	241.8	238.5	193.0	299.0	26.1	4.8
Амплитуда P3	8.2	9.0	2.2	13.6	2.9	0.5
Латентный период P3	346.8	338.5	309.0	525.0	38.3	7.0

Дисперсионный анализ параметров ВП с учетом двух факторов повторных измерений – "Ростральность" (5 уровней) и "Латеральность" (3 уровня) – показал следующие результаты, которые представлены на рисунке 2.

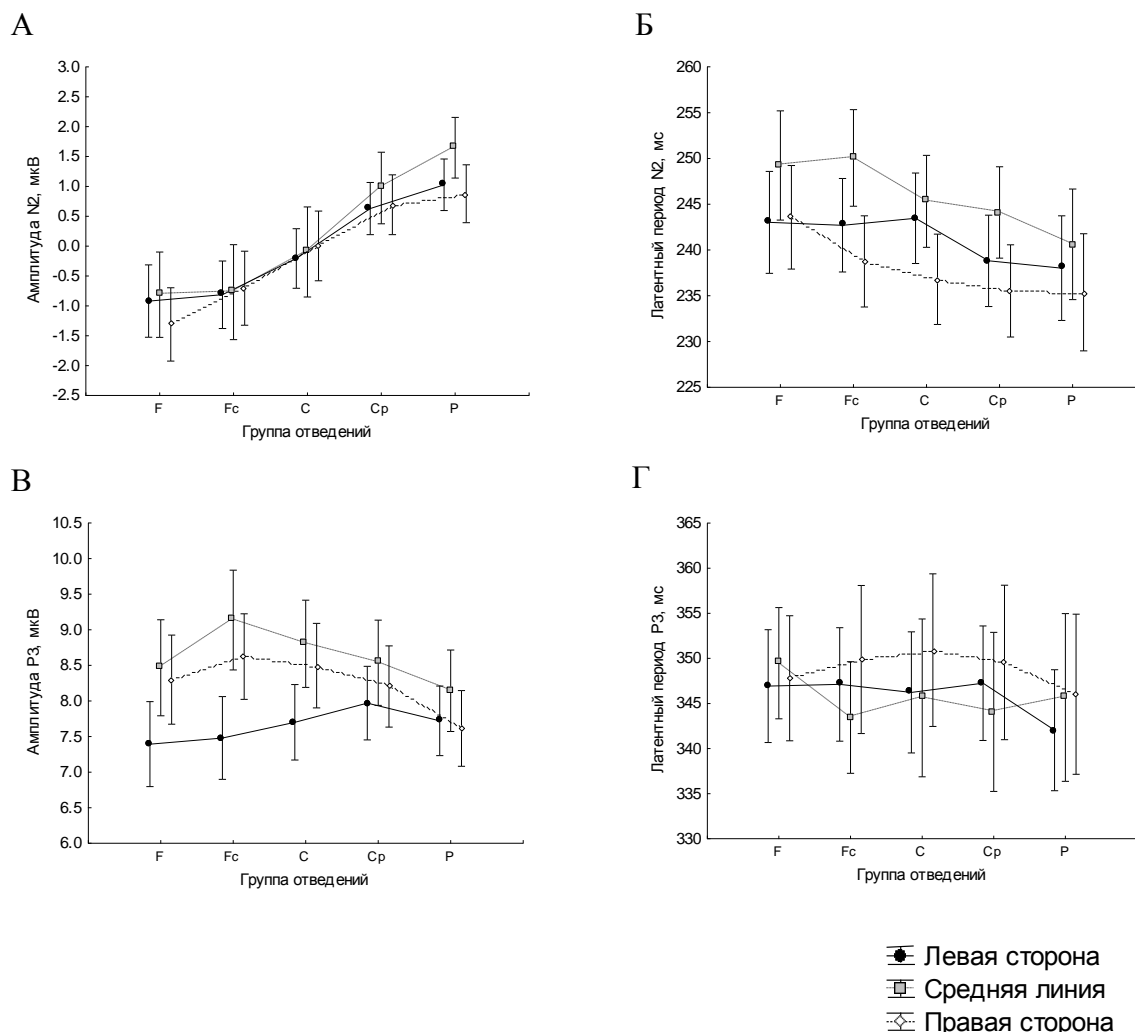


Рисунок 2. Распределение параметров зарегистрированных ВП по поверхности скальпа: А – Амплитуда N2; Б – Латентный период N2; В – Амплитуда P3; Г – Латентный период P3. На графиках приведены средние значения \pm ошибка среднего.

Для амплитуды компонента N2 (рисунок 2А) высоко достоверен фактор "Ростральность" ($F(4,116)=18.921, p<0.000001$), при этом наиболее отрицательные значения, указывающие на максимальную абсолютную амплитуду компонента, отмечены в ростральных отведениях (F3, Fz, F4, Fc3, Fcz, Fc4). Апостериорный критерий Тьюки показал наличие высоко достоверных различий между всеми отведениями, разнесенными в переднезаднем направлении на две или более позиции (в том числе для наиболее удаленных друг от друга отведений достоверность различий $p<0.00003$). Это указывает на фронтальное расположение максимума данной волны и на отчетливое градуальное падение ее амплитуды в направлении к париетальным отведениям.

Для латентного периода компонента N2 (рисунок 2Б) достоверны оба фактора – как "Ростральность" ($F(4,116)=2.63, p=0.04$), так и "Латеральность" ($F(2,58)=6.14, p=0.004$). При этом наблюдается фронтопариетальный градиент латентности, с наименьшей латентностью в париетальных отведениях (P3, Pz и P4). Латентный период наименьший в правых отведениях, наибольший – на средней линии.

Хотя амплитуда волны P3 (рисунок 2В) максимальна во фронтоцентральных и центральных отведениях и наблюдается снижение средних значений амплитуды как к фронтальным, так и к париетальным отведениям, фактор "Ростральность" оказался не достоверным ($F(4,116)=1.07, p>0.3$). В то же время фактор "Латеральность" высоко достоверен ($F(2,58)=10.27, p=0.0002$), с максимальной амплитудой в отведениях по средней линии, и минимальной – на левой стороне. Также для амплитуды P3 наблюдается высокодостоверное взаимодействие факторов "Ростральность" и "Латеральность" ($F(8, 232)=5.21, p=0.00001$). Этот факт является следствием отсутствия максимума амплитуды P3 во фронтоцентральных и центральных отведениях по левой стороне головы (Fc3, C3), отчетливо выраженного на средней линии и на правой стороне. Таким образом, наибольшая амплитуда P3 наблюдается в центральных отведениях по средней линии и с правой стороны (Fcz, Fc4, Cz, C4).

Для латентности волны P3 никаких достоверных закономерностей распределения по совокупности отведений не выявлено – она распределена довольно равномерно (рисунок 2Г).

Для средних значений параметров ВП, усредненных по всем отведениям, проанализированы корреляционные закономерности. Как видно из таблицы 6, достоверная отрицательная корреляция наблюдается между амплитудой N2 и латентным периодом P3 (чем отрицательнее, т.е. больше по амплитуде N2, тем позже возникает пик P3). Также выявлена отрицательная корреляция между амплитудой и латентностью P3 (чем больше амплитуда P3, тем позже пик P3).

Таблица 6.
Корреляционные связи между параметрами поздних ВП
в ответ на целевой стимул (усреднение по
всем околоцентральному отведениям)
(указаны только достоверные значения
коэффициентов корреляции Спирмена ($p<0.05$))

	Амплитуда N2	Латентный период N2	Амплитуда P3	Латентный период P3
Амплитуда N2				
Латентный период N2	-			
Амплитуда P3	-	-		
Латентный период P3	-0.63	-	-0.38	

*Связи между параметрами ВП и поведенческими
данными и данными опросников*

Для поиска связей между параметрами ВП, поведенческими данными и результатами опросников была использована общая линейная модель; в каждом из проведенных анализов последовательно учитывалась 1 ковариата (из числа поведенческих данных и данных опросников) и два фактора повторных измерений: "Ростральность" и "Латеральность". Полученные результаты представлены на рисунке 3.

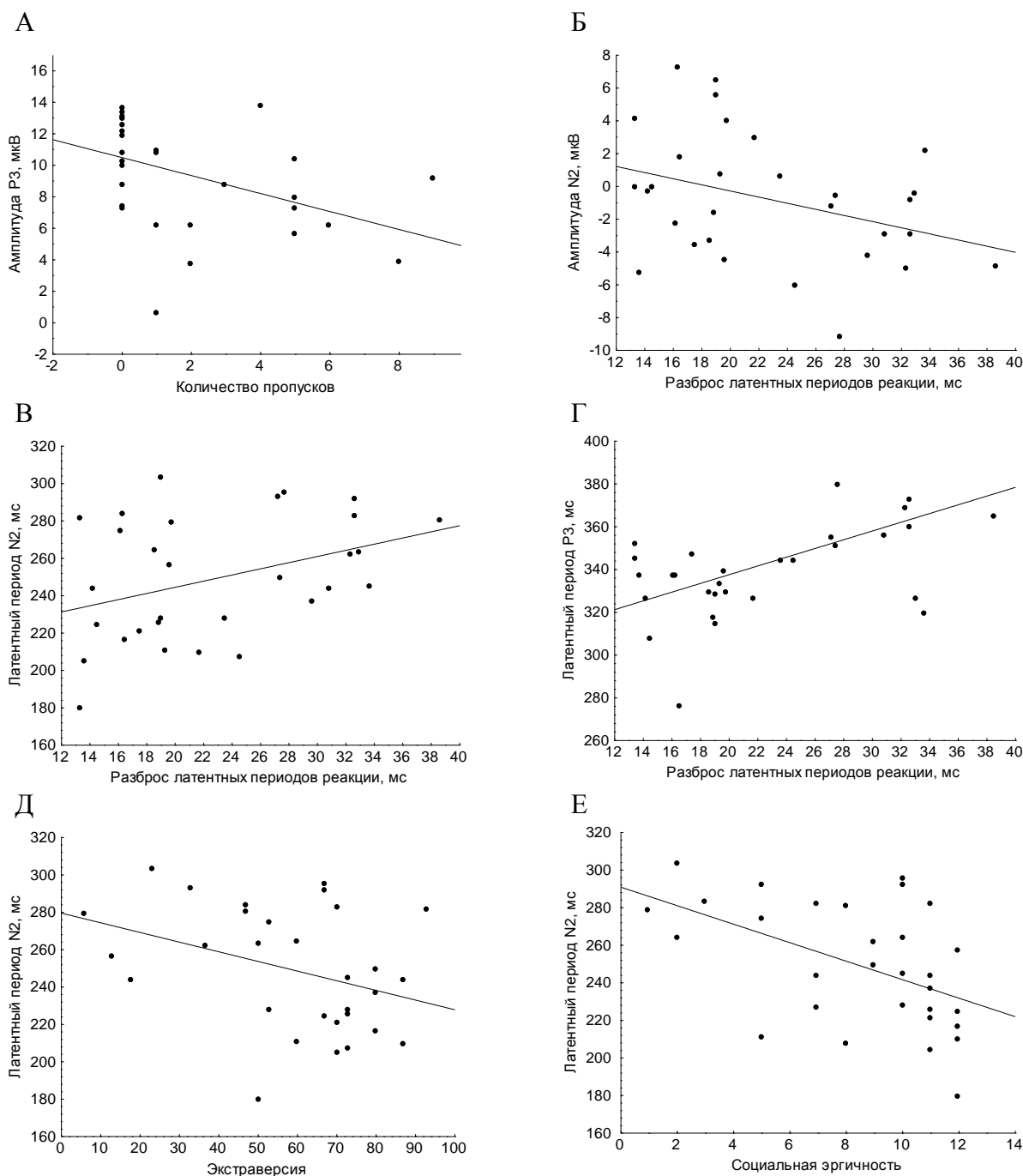


Рис. 3. Диаграммы рассеяния линии регрессии, показывающие связи между параметрами ВП, параметрами поведенческих реакций испытуемых и параметрами их темперамента

А – связь между количеством пропусков и амплитудой P3;

Б – связь между разбросом латентных периодов правильных реакций и амплитудой N2;

В – связь между разбросом латентных периодов правильных реакций и латентным периодом N2;

Г – связь между разбросом латентных периодов правильных реакций и латентным периодом P3;

Д – связь между Экстраверсией (EPI1) и латентным периодом N2;

Е – связь между Социальной эргичностью (ОСТ2) и латентным периодом N2.

На графиках приведены средние значения \pm ошибка среднего. Для N2 приведены данные по отведению Fz, для P3 – по отведению Fcz

Амплитуда P3 оказалась отрицательно связана с количеством пропусков реакции на целевой стимул ($F(1,28)=7.99$, $p=0.009$): чем слабее выражена волна P3, тем чаще испытуемые ошибочно пропускали реакцию на целевой стимул (рисунок 3А).

Разброс латентных периодов реакции оказался сопряженным с тремя параметрами ВП. Во-первых, он связан отрицательно с пиком N2 ($F(1,28)=7.70$, $p=0.01$): чем отрицательнее пик N2 (чем он больше по абсолютной амплитуде), тем менее стабильны латентные периоды правильных реакций испытуемых (рисунок 3Б).

Во-вторых, разброс латентных периодов положительно связан с латентным периодом N2 ($F(1,28)=6.30$, $p=0.02$) (рисунок 3В). В-третьих, он аналогичным образом положительно связан с латентным периодом P3 ($F(1,28)=5.86$, $p=0.02$) (рисунок 3Г). Соответственно, чем позже регистрируются волны N2 и P3, тем больше разброс латентных периодов поведенческой реакции.

Два параметра опросников – Экстраверсия (EPI1) и Социальная эргичность (ОСТ2) – проявили достоверную связь с латентным периодом волны N2 ($F(1,28)=6.93$, $p=0.01$ и $F(1,28)=12.39$, $p=0.001$ соответственно) (рисунок 3Д и Е). В обоих случаях выявленная связь отрицательна (чем выше Экстраверсия и Социальная эргичность, тем короче латентный период N2). При этом если в первом случае ни один из факторов расположения отведений, ни их взаимодействие не были достоверны, то во втором случае (Социальная эргичность) достоверным оказался фактор "Латеральность" ($p=0.03$).

Обсуждение

Характеристика данных опросников, поведенческих результатов и ВП

Данные опросников и корреляции между ними во многом совпадают с данными, которые приводят авторы опросников [1, 10, 11, 12, 13], но имеются и некоторые существенные отличия в виде отсутствия ряда ожидаемых корреляций. Возможно, это связано с тем, что работы указанных авторов выполнялись на больших выборках.

Согласно нашим результатам, Экстраверсия (EPI1) положительно коррелирует не только с социальными параметрами Опросника В.М.Русалова (ОСТ2, 4 и 6), но и с рядом других параметров, а именно с подвижностью нервных процессов (PTS3), а также с отношением силы возбуждения к силе торможения (ОВТ) и Предметным темпом (ОСТ5). С другой стороны, согласно нашим данным, отсутствует ожидаемая достоверная корреляция между Экстраверсией (EPI1) и Силой НС по возбуждению (PTS1). Таким образом, хотя Экстраверсия и связана с количеством и качеством общения индивида в нашей выборке, она, видимо, также отражает некие динамические свойства нервной системы, а не силовые, как у Я.Стреляу, который нашел корреляции с Силой НС по возбуждению (PTS1).

Нейротизм (EPI2), как и можно было ожидать, оказывается близким по сути к параметрам Эмоциональности (ОСТ7 и 8).

Сила НС по торможению (PTS2) проявила меньше корреляций с параметрами ОСТ, чем ожидалось согласно данным В.М.Русалова [10].

Отношение силы возбуждения к силе торможения (ОВТ) проявляет себя более информативным параметром при поиске корреляций с данными других опросников, чем сила возбуждения и торможения сами по себе. Согласно нашим данным, ОВТ отражает скорее временные динамические характеристики нервной системы, чем интенсивные: ОВТ положительно коррелирует с подвижностью нервных процессов (PTS3), а также со всеми временными показателями опросника В.М.Русалова (ОСТ3, 4, 5 и 6). Вообще, в наших результатах более четко выделился именно блок динамических

параметров, а не силовых, которые традиционно привлекали больше внимания исследователей [4].

Поведенческие результаты указывают на относительную легкость задачи для большинства испытуемых, а почти треть испытуемых не совершили ни одной ошибки (9 из 30, 30%). С другой стороны, каждый испытуемый продемонстрировал устойчивые временные параметры правильных реакций – их латентные периоды и разброс (стандартное отклонение) латентных периодов. Именно эти параметры оказались наиболее информативными в плане связей с данными опросников и параметрами ВП. Выявлено, что чем выше Социальная эргичность (ОСТ2), тем позже, но стабильнее по времени выполняются испытуемыми правильные реакции. Также показано, что чем выше динамические показатели темперамента - Подвижность нервной системы (PTS3) и Социальная пластичность (ОСТ3) - тем более стабильны латентные периоды реакций испытуемого в течение эксперимента.

Зарегистрированные в эксперименте ВП в ответ на целевые (значимые) стимулы оказались достаточно типичны для экспериментов в данной ситуации. Амплитуда N2 достигала максимума в наиболее ростральных отведениях (F3, Fz, F4, Fc3, Fcz, Fc4), что характерно для компонентов N2b и N2c в задачах со слуховыми стимулами [23, 27]. Несколько неожиданным является фронтопариетальный градиент латентности N2 с наиболее коротким латентным периодом в париетальных отведения – самых задних из числа проанализированных. Можно предположить, что противоположные градиенты амплитуды и латентности являются следствием наложения компонентов N2b и N2c.

Волна P3 в наших экспериментах имела максимальную амплитуду во фронтоцентральных отведениях, что в целом соответствует компоненту P3b [6, 29, 31].

Связь между параметрами ВП, поведенческими данными и данными опросников

Основная цель настоящей работы состояла в том, чтобы изучить проявления индивидуальных различий, отражающихся в структуре взаимосвязей между параметрами темперамента, поведенческими данными и когнитивными ВП в ситуации внимания.

Поведенческие данные оказались связаны с рядом параметров ВП. Прежде всего, амплитуда P3 была отрицательно связана с количеством пропусков реакции. Это означает, что испытуемые, характеризовавшиеся более низкой амплитудой P3 в ответ на целевой стимул, имели тенденцию не замечать (игнорировать) этот стимул. Иными словами, более низкая амплитуда P3 соответствует худшему качеству детекции и опознания целевого стимула как такового.

Известно, что волна P3 генерируется в ответ на значимые (в т.ч. целевые) стимулы, а в ответ на незначимые стимулы она либо не выявляется, либо ее амплитуда чрезвычайно низка. Ранее в экспериментах на животных нами было показано, что при ошибочном невыполнении (пропуске) реакции на целевой стимул амплитуда P3 достоверно снижена в сравнении с ситуацией правильного выполнения реакции на целевой стимул [14].

Разброс латентных периодов поведенческой реакции оказался связанным с тремя параметрами зарегистрированных ВП. Так, во-первых, оказалось, что время ответа было менее стабильным в тех случаях, когда N2 был больше по амплитуде. По нашим неопубликованным данным [15], а также в литературе имеются указания на то, что увеличенная амплитуда N2 наблюдается при увеличении сложности задачи различения стимулов [32]. Таким образом, можно предположить, что испытуемые, характеризовавшиеся увеличенной амплитудой N2, столкнулись с большей трудностью выполнения задачи, что и проявилось в виде нестабильности латентного периода нажатия на кнопку.

Кроме того, наблюдалась положительная связь между разбросом латентных периодов правильных поведенческих реакций испытуемых и латентными периодами генерации как N2, так и P3. Это означает, что чем позже генерировались оба когнитивных компонента ВП, тем менее стабильными по времени были реакции испытуемых. Видимо, поздняя генерация данных волн ВП указывает на замедленную обработку информации о стимуле (как при более трудном задании). В литературе также есть данные, указывающие на корреляцию латентности P300 со сложностью предъявляемой задачи [6, 20, 31].

Два параметра темперамента - Экстраверсия (EP1) и Социальная эргичность (ОСТ2) - проявили достоверную отрицательную связь с латентным периодом волны N2. Следует отметить, что данные параметры темперамента связаны достоверной положительной корреляционной связью друг с другом, и, видимо, хотя бы отчасти отражают одно и то же свойство темперамента. Таким образом, некое свойство темперамента, предрасполагающее к большему количеству и качеству общения, проявляется в виде укорочения латентного периода N2, что, в свою очередь, может говорить о большей скорости переработки информации в мозге этих индивидов.

Заключение

В настоящем исследовании выявлен ряд достоверных взаимосвязей между параметрами темперамента, поведенческими реакциями и электрофизиологическими проявлениями работы мозга человека в ситуации внимания. В частности, показано, что увеличенная амплитуда P3 связана с улучшением точности детекции стимула. Наиболее стабильные латентные периоды реакций испытуемых на целевой стимул наблюдались при сниженной амплитуде N2 и при более ранней генерации N2 и P3. Два свойства темперамента - Экстраверсия и Социальная эргичность проявили достоверную отрицательную связь с латентным периодом волны N2, что подтверждает физиологическую обусловленность свойств темперамента.

В данной научной работе использованы результаты, полученные в ходе выполнения проекта "Психофизиологическое исследование внимания и его связи с особенностями темперамента методом регистрации электрической активности мозга", выполненного в рамках Программы "Научный фонд НИУ ВШЭ" в 2011 году.

Литература:

1. Айзенк Г. Ю. Структура личности. – СПб.: Ювента. М.: КСП+, 1999. – 464 с.
2. Выготский Л.С. Педагогическая психология. – М.: Педагогика, 1991. – 480 с.
3. Гнездицкий В.В. Вызванные потенциалы мозга в клинической практике. – Таганрог: Изд-во Таганрогского государственного радиотехнического университета, 1997. – 252с.
4. Голубева Э.А. Способности. Личность. Индивидуальность. – Дубна: Феникс+, 2005. – 512 с.
5. Иваницкий А.М. Мозговые механизмы оценки сигналов. – М.: Медицина, 1976. – 262 с.
6. Наатанен Р. Внимание и функции мозга. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1998. – 550 с.
7. Практическая психодиагностика. Методики и тесты. / Редактор-составитель – Д.Я. Райгородский. – Самара: Издательский Дом «БАХРАХ», 1998. – 672 с.
8. Рубинштейн С.Л. Основы общей психологии. – СПб: Питер, 2005. – 713 с.

9. Русалов В.М. Опросник структуры темперамента. – М.: Изд-во ИП АН СССР, 1990. – 60 с.
10. Русалов В.М. Опросник формально-динамических свойств индивидуальности (ОФДСИ): Методическое пособие. – М.: ИП РАН, 1997. – 50 с.
11. Русалов В.М. Природные предпосылки и индивидуально-психофизиологические особенности личности // Психология личности в трудах отечественных психологов / Сост. и общая редакция Л.В. Куликова. – СПб.: Питер, 2002. – с. 66–75.
12. Стреляу Я. Роль темперамента в психическом развитии / Под ред. И.В.Равич-Щербо. – М.: Прогресс, 1982. – 231с.
13. Стреляу Я., Митина О., Завадский Б., Бабаева Ю., Менчук Т. Методика диагностики темперамента (формально-динамических характеристик поведения). – М.: Смысл, 2009. – 104 с.
14. Чернышев Б.В., Панасюк Я.А., Семикопная И.И., Тимофеева Н.О. Роль холинергического базального крупноклеточного ядра в процессах внимания и генерации P300 // Проблемы кибернетики. Материалы 14-й международной конференции по нейрокибернетике. – Ростов-на-Дону: Издательство ООО "ЦВВР", 2005. – Т. 1. – с. 113-116.
15. Чернышев Б.В., Рамендик Д.М., Чернышева Е.Г., Безсонова В.Е., Зинченко В.П. Особенности проявления темперамента и его связи со слуховыми вызванными потенциалами // Психология. Журнал Высшей школы экономики. – 2010. – Т. 7. – № 3. – с. 23–38.
16. Шмелев А.Г. Психодиагностика личностных черт. – СПб.: Речь, 2002. – 480 с.
17. Bond A.J. Neurotransmitters, temperament and social functioning // Eur Neuropsychopharmacol. – 2001. – V.11. – #4. – p.261-74.
18. Cahill J.M., Polich J. P300, probability, and introverted/extroverted personality types // Biol.Psychol. – 1992. – V.33. – p.23-35.
19. Chernyshev B.V., Chernysheva E.G., Ramendik D.M., Zinchenko V.P. Manifestations of Temperament and Perception in Auditory Evoked Potentials // Kokinov, B., Karmiloff-Smith, A., Nersessian, N. J. (eds.) / European Perspectives on Cognitive Science. – Sofia: New Bulgarian University Press, 2011. – # 213.
20. Donchin E., Coles V. G. H. Is the P300 component a manifestation of context updating // The Behavioral and Brain Sciences. – 1988. – V.11. – #3. – p.357.
21. Explorations in Temperament: International Perspective on Theory and Measurement / J. Strelau, A. Angleitner (Eds.). London, New York: Plenum Press, 1991. – 475 с.
22. Eysenck H.J. Personality, genetics and behavior: Selected papers. – New York: Praeger, 1982. – 340 с.
23. Folstein J.R., Van Petten C. Influence of cognitive control and mismatch on the N2 component of the ERP: a review // Psychophysiology. – 2008. – V.45. – p.152-170.
24. Gurrera R.J., Salisbury D.F., O'Donnell B.F., Nestor P.G., McCarley R.W. Auditory P3 indexes personality traits and cognitive function in healthy men and women // Psychiatry Res. – 2005. – V. 133. – p.215–228.
25. Kiehl K.A., Bates A.T., Laurens K.R., Hare R.D., Liddle P.F. Brain potentials implicate temporal lobe abnormalities in criminal psychopaths // J.Abnorm.Psychol. – 2006. – V.115. – p.443-453.
26. Mulder R. The biology of personality // Aust N Z J Psychiatry. – 1992. – V.26. – #3. – p.364-376.

27. Patel S.H., Azzam P.N. Characterization of N200 and P300: selected studies of the Event-Related Potential // *Int.J.Med.Sci.* – 2005. – V.2. – p.147-154.
28. Pavlenko V.B., Konareva I.N. Individual Personality-Related Characteristics of Event-Related EEG Potentials Recorded in an Experimental Situation Requiring Production of Time Intervals // *Neirofiziologiya/Neurophysiology.* – 2000. – V.32. – p.48–55.
29. Polich J. Updating P300: An integrative theory of P3a and P3b // *Clinical Neurophysiology.* – 2007. – V.118. – p.2128-2148.
30. Righi S., Mecacci L., Viggiano M.P. Anxiety, cognitive self-evaluation and performance: ERP correlates // *J. Anxiety. Disord.* – 2009. – V.23. – p.1132–1138.
31. Rockstroh B., Elbert T., Birbaumer N., Lutzenberger W. Slow brain potentials and behavior. – Baltimore-Munich: Urban & Schwarzenberg. – 1982. – 258 с.
32. Senkowski D., Herrmann C.S. Effects of task difficulty on evoked gamma activity and ERPs in a visual discrimination task // *Clin. Neurophysiol.* – 2002. – V.113. – p.1742-1753.
33. Squires N.K., Squires K.C., Hillyard S.A. Two varieties of long-latency positive waves evoked by unpredictable auditory stimuli in man // *Electroencephalography and clinical Neurophysiology.* – 1975. – V.38. – #5. – p.387-401.
34. Yamaguchi S., Knight R.T. P300 generation by novel somatosensory stimuli // *Electroencephalography and clinical Neurophysiology.* – 1991. – V.78, #1. – p.50.

Поступила в редакцию: 26.09.2011 г.

Сведения об авторах

Б.В. Чернышев — доцент кафедры психофизиологии факультета психологии НИУ ВШЭ, заведующий НУГ когнитивной психофизиологии НИУ ВШЭ, доцент кафедры высшей нервной деятельности биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, доцент кафедры психологии Международного университета природы, общества и человека «Дубна», кандидат биологических наук.

E-mail: bchernyshev@hse.ru

В.Е. Безсонова — студентка 1 курса магистратуры факультета психологии НИУ ВШЭ, стажер-исследователь НУГ когнитивной психофизиологии НИУ ВШЭ.

E-mail: ve.bezsonova@gmail.com

Е.Г. Чернышева — заведующая лабораторией электроэнцефалографии и полиграфических методов диагностики, старший преподаватель кафедры психофизиологии факультета психологии НИУ ВШЭ, кандидат биологических наук.

E-mail: echernysheva@hse.ru

Е.С. Осокина — студентка 2 курса магистратуры факультета психологии НИУ ВШЭ, стажер-исследователь НУГ когнитивной психофизиологии НИУ ВШЭ.

E-mail: eosokina@hse.ru

М.С. Трунова — студентка 4 курса бакалавриата факультета психологии НИУ ВШЭ, стажер-исследователь НУГ когнитивной психофизиологии НИУ ВШЭ.

E-mail: mari-trunova@rambler.ru

В.П. Зинченко — ординарный профессор факультета психологии НИУ ВШЭ, академик РАО, научный руководитель и профессор кафедры психологии Международного университета природы, общества и человека «Дубна», доктор психологических наук.

E-mail: zinchrae@yandex.ru