

# ВЗАИМОСВЯЗЬ УРОВНЯ ЛИЧНОСТНОЙ И МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ТРЕВОЖНОСТИ И ПОКАЗАТЕЛЕЙ СПЕКТРАЛЬНОЙ ПЛОТНОСТИ МОЩНОСТИ ЭЭГ

Белоплотова К. Е., Миронец С. А.,  
Есипенко Е. А.

**Аннотация:** В работе проведено исследование психофизиологических показателей личностной и математической тревожности при различных уровнях выраженности. Изучена динамика спектральной плотности мощности после когнитивной нагрузки при личностной и математической тревожности. Были выявлены различия показателей плотности мощности, позволяющие сделать вывод о дифференцированности данных видов тревожности на уровне мозговой активности.

**Ключевые слова:** личностная тревожность, математическая тревожность, электроэнцефалография, спектральная плотность мощности, ЭЭГ-ритмы, СПМ, ЭЭГ.

Тревожность является сложным и многогранным психологическим феноменом, на который у учёных до сих пор не существует единого систематизированного взгляда. На данный момент существует большое множество определений тревожности, взглядов на причины её возникновения и на психофизиологические корреляты.

В современной психологии существует достаточно широкий спектр определений личностной тревожности. Однако, несмотря на рассогласованность представлений о данном фено-

мене, большинство психологов согласны с тем, что стоит разделять понятия «тревога» и «тревожность». Тревога – это кратковременное эмоциональное состояние, тогда как тревожность – это устойчивая личностная черта [3]. Это индивидуальная психологическая особенность, проявляющаяся в склонности человека к частым и интенсивным переживаниям состояния тревоги, а также в низком пороге его возникновения [1, 4].

Говоря о разделении конструктов «тревога» и «тревожность», следует обратиться к взглядам Ч. Спилбергера. Именно он начал выделять тревогу как состояние и тревогу как свойство личности (тревожность). «Тревожность как свойство описывает относительно устойчивые индивидуальные различия в склонности индивида испытывать состояние тревоги». Тревога как состояние была названа ситуативной тревожностью, тогда как устойчивая личностная характеристика получила название личностной тревожности [8]. Данное разделение стало общепринятым в современной психологии. Ситуативная тревожность проявляется как психофизиологическая реакция организма на потенциально опасную ситуацию, она ограничена во времени. Личностная тревожность отражает индивидуальные различия в склонности к переживанию состояния, которые также раскрываются в термине готовности к восприятию угрожающей ситуации, она характеризуется стабильностью во времени и несоответствием актуальным обстоятельствам [8].

Выделяют также другие виды тревожности, отличные от личностной. Одним из подобных видов является математическая тревожность. Математическая тревожность проявляется в возникновении нарушающей работу эмоциональной реакции при вовлечении в ситуацию, связанную с математикой [12]. Наличие математической тревожности может негативно сказываться на когнитивных процессах, затрудняя решение задач, возникающих как в повседневной деятельности, так и в профессиональной и в учебной сферах [6]. Математические способности во многом обеспечивают карьерные возможности

человека в научных и технических сферах, а также в социальных науках и бизнесе. Кроме того, математическая компетентность населения определяет развитость STEM-наук, которые вносят значительный вклад в экономическое благополучие страны. Математическая тревожность при этом отрицательно влияет на математические способности, обуславливая избегание решения математических задач и, соответственно, выбора специальностей, связанных с математикой. Однако математическая тревожность и математическая эффективность являются взаимообусловленными, так как высокий уровень математической тревожности может снижать успешность решения задач, тогда как сниженная математическая эффективность способна усилить математическую тревожность [9, 10].

Тревожность, связанная с математикой, не может быть сведена к личностной тревожности, согласно исследованиям, в которых было показано, что различные меры математической тревожности в большей степени коррелируют друг с другом, чем с тестовой или общей тревожностью [9]. О необходимости исследования данных видов тревожности как отдельных также свидетельствуют результаты исследования, по итогам которого была выявлена их умеренная корреляция ( $r = 0,32-0,41$ ) [10]. Так как математическая тревожность является отдельным видом тревожности, несводимым к другим её видам, является целесообразным предположить, что психофизиологические процессы, сопровождающие когнитивную деятельность при её наличии, будут отличаться [13].

Целью данной работы является установление взаимосвязи между спектральной мощностью ЭЭГ-ритмов и уровнем личностной и математической тревожности. В качестве исследовательской гипотезы выдвинуто предположение о том, что разные виды тревожности, в данном случае математическая и личностная, могут по-разному находить отражение в мозговой активности, и более чёткая дифференциация в мозговой деятельности будет проявляться после когнитивной нагрузки, включающей решение математических задач разной сложности.

В проведённом нами исследовании для анализа были использованы фоновые записи ЭЭГ 47 участников эксперимента разного пола, в возрасте от 17 до 30 лет ( $M = 22,7$ ;  $SD = 3,6$ ). С помощью 128-канального усилителя фирмы Brain Products, Germany, была осуществлена запись исследования. Обработка данных была проведена при помощи программного пакета EEGLab toolbox (ver. 12.0.0.2) для программной среды MatLab (ver. R2008a). ЭЭГ было отфильтровано в частотном диапазоне от 1 до 40 Гц. Глазодвигательные артефакты были удалены при помощи анализа независимых компонент (ICA).

Эксперимент предполагал когнитивную нагрузку и состоял из 270 задач трёх видов: лексических (предложения на русском языке), арифметических (простые математические примеры) и алгебраических (алгебраические и логические выражения) в равном соотношении, которые чередовались в случайном порядке. Когнитивная нагрузка включала математические и лексические задания в соотношении 2 : 1. Участникам было необходимо определить, содержит ли предъявляемая задача ошибку.

Полученные записи были проанализированы при помощи спектрального анализа, а именно посредством анализа спектральной плотности мощности (СПМ, PSD) на временных отрезках длительностью в 20 сек. Для статистического анализа были взяты показатели СПМ тета, альфа-1, альфа-2, бета-1, бета-2 и бета-3 диапазонов в четырёх функционально значимых областях: правой и левой фронтальных и в правой и левой затылочных, что обусловлено возможностью обнаружения межполушарных различий для разных видов тревожности, а также тем, что в ранее проведённых исследованиях были обнаружены мозговые корреляты личностной тревожности в затылочных областях и математической тревожности во фронтальных [2, 5, 7].

Показатели личностной тревожности были измерены при помощи методики «Шкала тревоги Спилбергера» в адаптации Ханина. Для проведённого нами эксперимента были взяты

20 высказываний, направленных на выявление личностной тревожности. Измерение математической тревожности осуществлялось с помощью русифицированной методики sMARS (показатели тест-ретестовой надёжности  $r(108) = 0,58$ ,  $p < 0,01$ ; показатели внутренней согласованности Cronbach's  $\alpha = 0,73$ ), которая является сокращённой версией шкалы измерения математической тревожности (MARS). Респонденты с более низким и высоким уровнем тревожности были определены по медиане общегруппового показателя (для личностной тревожности  $M = 29$ ;  $SD = 6,2$ ; для математической тревожности  $M = 58$ ;  $SD = 18$ ). С точки зрения норм показатели выборки расположились в группах низкого уровня тревожности и среднего, близко к высокому.

С целью сравнения респондентов с условно высоким и низким уровнями математической и личностной тревожности был применён Т-критерий Стьюдента. Данный вид сравнения был сделан с целью дифференцирования показателей ЭЭГ у представителей данных групп.

При сравнении участников с разным уровнем личностной тревожности статистически значимые различия были обнаружены для тета-диапазона (см. табл. 1.1) в фоне 1 в левой затылочной области ( $t = -2,05$ ;  $p = 0,05$ ) и в фоне 2 в правой затылочной области ( $t = -2,05$ ;  $p = 0,05$ ).

В таблице 1.1 и в во всех последующих приведены следующие обозначения: a1 – левая фронтальная область, a2 – правая фронтальная область, a3 – левая затылочная область, a4 – правая затылочная область, f1 – фон 1, f2 – фон 2.

В альфа-1-диапазоне (см. табл. 1.2) получены различия в фоне 1 в правой фронтальной области ( $t = -1,98$ ;  $p = 0,05$ ).

В бета-3-диапазоне (табл. 1.3) были обнаружены статистически достоверные различия в левой затылочной области в фоне 1 ( $t = -2,39$ ;  $p = 0,02$ ) и в фоне 2 ( $t = -2,08$ ;  $p = 0,04$ ).

Таким образом, для личностной тревожности были обнаружены статистически достоверные различия в показателях ЭЭГ для тета-, альфа-1- и бета-3-диапазонов, что частично со-

Пере- менные	Критерий Ливиня		t-критерий равенства средних				
	F	p	t		Разность средних	95%-й доверительный интервал	
						Нижняя граница	Верхняя граница
a1_f1	2,58	0,11	-1,74	0,09	-0,10	-0,33	0,02
a2_f1	0,06	0,80	-1,83	0,07	-0,11	-0,34	0,00
a3_f1	2,32	0,13	-2,05	0,05*	-0,12	-0,31	0,05
a4_f1	0,76	0,38	-1,61	0,11	-0,09	-0,34	0,01
a1_f2	0,07	0,79	-1,90	0,06	-0,12	-0,22	0,21
a2_f2	0,81	0,37	-1,46	0,15	-0,10	-0,23	0,21
a3_f2	0,06	0,81	-1,45	0,15	-0,10	-0,28	0,17
a4_f2	0,53	0,47	-2,04	0,05*	-0,13	-0,31	0,18

Таблица 1.1. Сравнение показателей ЭЭГ при различных уровнях личностной тревожности в тета-диапазоне

Пере- менные	Критерий Ливиня		t-критерий равенства средних				
	F	p	t		Разность средних	95%-й доверительный интервал	
						Нижняя граница	Верхняя граница
a1_f1	0,69	0,41	-1,79	0,08	-0,15	-0,33	0,02
a2_f1	0,00	0,99	-1,98	0,05*	-0,17	-0,34	0,00
a3_f1	0,26	0,61	-1,46	0,14	-0,13	-0,31	0,05
a4_f1	0,62	0,43	-1,84	0,07	-0,16	-0,34	0,01
a1_f2	0,42	0,52	-0,08	0,93	-0,01	-0,22	0,21
a2_f2	0,39	0,53	-0,08	0,93	-0,01	-0,23	0,21
a3_f2	0,21	0,64	-0,45	0,65	-0,05	-0,28	0,17
a4_f2	0,53	0,47	-0,53	0,59	-0,06	-0,31	0,18

Таблица 1.2. Сравнение показателей ЭЭГ при различных уровнях личностной тревожности в альфа-1-диапазоне

относится с литературными данными.

Вовлечение тета- и альфа-ритма в реализацию механизмов личностной тревожности связывают с активацией системы торможения поведения при повышенной личностной тревож-

Пере- менные	Критерий Ливиня		t-критерий равенства средних				
	F	p	t		Разность средних	95%-й доверительный интервал	
						Нижняя граница	Верхняя граница
a1_f1	0,01	0,90	-1,24	0,22	-0,09	-0,24	0,06
a2_f1	0,65	0,42	-0,96	0,34	-0,06	-0,18	0,06
a3_f1	0,33	0,56	-2,39	0,02*	-0,15	-0,27	-0,03
a4_f1	0,06	0,79	-1,55	0,12	-0,09	-0,21	0,02
a1_f2	0,82	0,36	-0,50	0,61	-0,04	-0,20	0,12
a2_f2	2,48	0,12	-0,20	0,83	-0,01	-0,17	0,14
a3_f2	0,06	0,81	-2,07	0,04*	-0,16	-0,32	0,00
a4_f2	0,01	0,93	-1,57	0,12	-0,10	-0,24	0,03

Таблица 1.3. Сравнение показателей ЭЭГ при различных уровнях личностной тревожности в бета-3 диапазоне

ности. Тогда как бета-3 связан с актуализацией негативных эмоциональных переживаний [9, 11].

Для математической тревожности были обнаружены статистически достоверные различия для фона 1 в бета-2-диапазоне (табл. 2.1) в левой фронтальной ( $t = -2,09$ ;  $p = 0,04$ ) и правой затылочной области ( $t = -2,26$ ;  $p = 0,02$ ).

В диапазоне бета-3 (табл. 2.2) значимые различия обнаружены в правой затылочной области ( $t = -2,31$ ;  $p = 0,02$ ), в левой фронтальной ( $t = -1,94$ ;  $p = 0,05$ ). На уровне статистической тенденции выявлены различия в правой фронтальных зонах ( $t = -1,88$ ;  $p = 0,06$ ), а также в левой затылочной области ( $t = -1,86$ ;  $p = 0,06$ ).

Таким образом, для математической тревожности были обнаружены статистически значимые различия в бета-2- и бета-3-диапазонах, что частично соответствует ранее проведённому исследованию, в котором различия были обнаружены для бета-1- и бета-2-диапазонов. Наличие различий в данных диапазонах может свидетельствовать о повышенной когнитивной и аффективной нагрузке, связанной с актуализацией математической тревожности [10, 12].

Пере- менные	Критерий Ливиня		t-критерий равенства средних				
	F	p	t		Разность средних	95%-й доверительный интервал	
						Нижняя граница	Верхняя граница
a1_f1	0,77	0,38	-2,09	0,04*	-0,14	-0,28	0,00
a2_f1	0,16	0,68	-1,77	0,08	-0,11	-0,24	0,01
a3_f1	0,10	0,74	-1,33	0,19	-0,08	-0,22	0,04
a4_f1	0,00	0,95	-2,26	0,02*	-0,12	-0,24	-0,01
a1_f2	0,02	0,86	-0,58	0,56	-0,04	-0,19	0,10
a2_f2	0,28	0,59	-0,65	0,51	-0,04	-0,19	0,10
a3_f2	4,80	0,03	0,32	0,75	0,02	-0,12	0,17
a4_f2	0,25	0,61	0,85	0,39	0,05	-0,07	0,18

Таблица 2.1. Сравнение показателей ЭЭГ при различных уровнях математической тревожности в бета-2-диапазоне

Пере- менные	Критерий Ливиня		t-критерий равенства средних				
	F	p	t		Разность средних	95%-й доверительный интервал	
						Нижняя граница	Верхняя граница
a1_f1	2,12	0,15	-1,94	0,05*	-0,14	-0,28	0,01
a2_f1	0,72	0,40	-1,88	0,06	-0,11	-0,23	0,01
a3_f1	0,23	0,63	-1,86	0,06	-0,12	-0,24	0,01
a4_f1	0,69	0,41	-2,30	0,02*	-0,13	-0,24	-0,02
a1_f2	0,06	0,79	-0,49	0,62	-0,04	-0,20	0,12
a2_f2	0,33	0,56	-0,46	0,64	-0,03	-0,19	0,12
a3_f2	1,57	0,21	-0,17	0,86	-0,01	-0,18	0,15
a4_f2	0,00	0,95	0,43	0,66	0,03	-0,11	0,17

Таблица 2.2. Сравнение показателей ЭЭГ при различных уровнях математической тревожности в бета-3-диапазоне

Для исследования влияния когнитивной нагрузки с математическими заданиями был проведён дисперсионный анализ с повторными измерениями. В результате использования данного метода предполагалось получение эмпирически доказан-



ного знания о динамике показателей ЭЭГ у одних и тех же участников до решения математических заданий и после.

Измерения были представлены в виде фона 1 (до эксперимента) и фона 2 (после эксперимента).

В качестве группирующей переменной выступал уровень личностной тревожности и математической тревожности по отдельности. В качестве межгрупповых факторов выступали показатели локализации и ритма.

Значение уровня значимости с учётом поправок на множественные сравнения составило  $p = 0,006$ .

Для математической тревожности были обнаружены статистически достоверные различия для бета-2 ( $F = 8,42$ ;  $p = 0,006$ ) диапазона в правой затылочной зоне (табл. 3.1).

Источник	Изменение	Сумма кв. типа III	Средний квадрат	F	p	$\eta^2$	Наблюдённая мощность
Fon * MA_level	a1	0,04	0,04	2,67	0,11	0,06	0,36
	a2	0,01	0,01	0,69	0,41	0,02	0,13
	a3	0,07	0,07	2,56	0,12	0,06	0,35
	a4	0,19	0,19	8,42	0,006*	0,16	0,81

Таблица 3.1. Одномерные критерии для математической тревожности в бета-2-диапазоне.

На рисунке 1 показано, что у людей с низким уровнем математической тревожности происходит усиление мозговой активности, тогда как у лиц с высоким уровнем, напротив, уровень активности снижается. Для личностной тревожности статистически значимых различий обнаружено не было, как и различий на уровне статистической тенденции.

Таким образом, было обнаружено различие в динамике показателей ЭЭГ при высоком и низком уровнях математической тревожности в бета-2-диапазонах, что может говорить о высокой степени когнитивной и аффективной нагрузки [9, 11, 12].

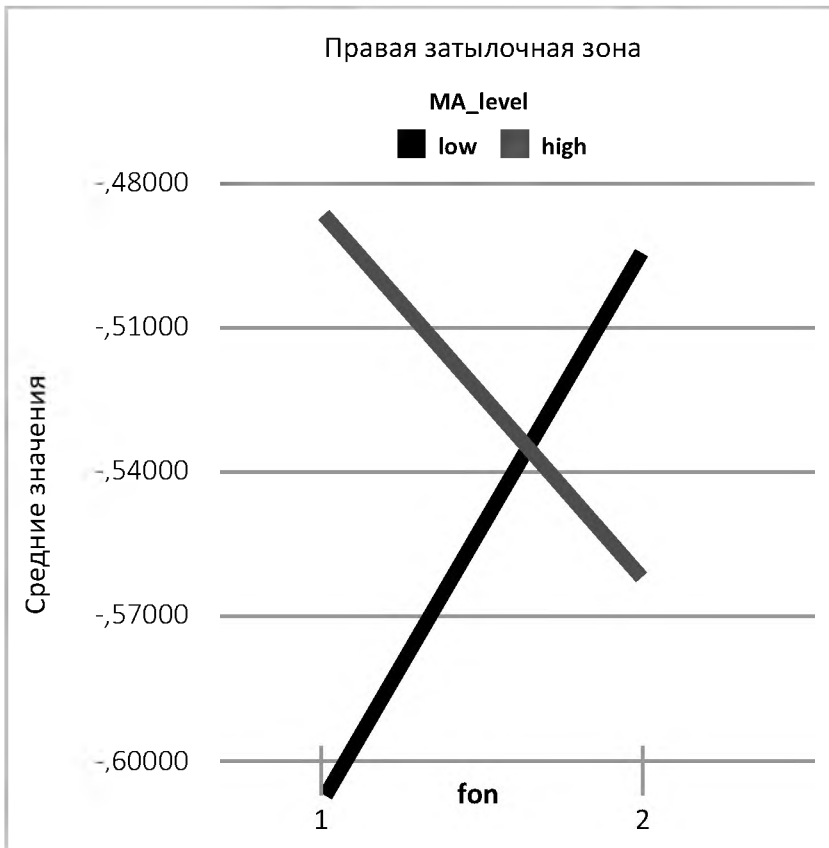


Рисунок 1. Динамика СПМ, связанная с уровнем математической тревожности в бета-2-диапазоне

Мы можем предположить, что у лиц с высокой математической тревожностью наблюдается более высокая мощность в данных диапазонах, связанная с наличием высокого уровня математической тревожности. В дальнейшем происходит снижение активности, что, возможно, связано с утомлением и задействованием большого количества ресурсов. Тогда как у лиц с низкой математической тревожностью происходит активация в бета-2-диапазонах, связанная с когнитивной нагрузкой, в результате чего мощность после прохождения эксперимента увеличивается.

Таким образом, полученные в результате исследования данные подтверждают поставленные гипотезы о различии психофизиологических показателей для личностной и математической тревожности.

В контексте психологического знания полученные результаты говорят о различии в механизмах функционирования личностной и математической тревожности, подтверждая целесообразность разделения данных конструктов.

### **Литература:**

1. Защирина О. В., Горбунов И. А. Эмоции в контексте невербальной коммуникации нормально развивающихся подростков и их сверстников с нарушением интеллекта // Вестн. Санкт-Петербургского университета. Социология. 2009. № 32. С. 174–185.
2. Кирой В. Н., Ермаков П. Н. Электроэнцефалограмма и функциональные состояния человека. Р. на/Д.: Изд-во Ростовского ун-та, 1998. 264 с.
3. Князев Г. Г. и др. Электроэнцефалографические корреляты тревожности // Бюллетень СО РАМН. 2009. № 1 (135). С. 74–80.
4. Мещеряков Б. Г., Зинченко В. П. Большой психологический словарь. СПб.: Прайм Еврознак, 2006. 672 с.
5. Павленко В. Б. и др. ЭЭГ-корреляты тревоги, тревожности и эмоциональной стабильности у взрослых здоровых испытуемых // Нейрофизиология. 2009. Т. 41, № 5. С. 400–408.
6. Поликанова И. С., Сергев А. В. Влияние длительной когнитивной нагрузки на параметры ЭЭГ // Национальный психологический журнал. 2014. № 1 (13). С. 86–94.
7. Савостьянов А. Н., Савостьянова Д. А. Изменение электрической активности мозга во время привыкания к вербальному стимулу у людей с высоким и низким уровнем индивидуальной тревожности // Журнал высшей нервной деятельности им. И. П. Павлова. 2003. Т. 53, № 3. С. 351–360.
8. Jia X., Kohn A. Gamma Rhythms in the Brain // PLOS Biology. 2011. № 9 (4). P. 1–4.
9. Leal P. C. et al. Trait vs. state anxiety in different threatening situations // Trends Psychiatry Psychoter. 2017. № 3. P. 147–157.

10. Malanchini M., Rimfeld K., Shakeshaft N. G. et al. The genetic and environmental aetiology of spatial, mathematics and general anxiety // *Scientific reports*. 2017. P. 1–11.

11. Nunez-Pena M. I., Suarez-Pellicioni M., Bono R. Effects of math anxiety on student success in higher education // *Int. J. Educ. Res.* 2013. № 58. P. 36–43.

12. Savostyanov A. N. et al. EEG Correlates of Trait and Mathematical Anxiety during Lexical and Numerical Error-Recognition Tasks // *International Journal of Social, Behavioral, Educational, Economic and Management Engineering*. 2015. Vol. 9, № 7. P. 2162–2166.

13. Suárez-Pellicioni M. et al. Math anxiety: A review of its cognitive consequences, psychophysiological correlates, and brain bases // *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*. 2016. Vol. 16, Is. 1. P. 3–22.

### **Сведения об авторах:**

**Белоплотова К. Е.**, психолог, Томский государственный университет, г. Томск, Россия. E-mail: acidelf77@gmail.com

**Есипенко Е. А.**, доцент кафедры генетической и клинической психологии факультета психологии Томского государственного университета, кандидат биологических наук. E-mail: esipenkoea@gmail.com

**Миронец С. А.**, младший научный сотрудник, ФГБУ «НМИЦ ДГОИ им. Дмитрия Рогачева» Минздрава России. E-mail: Sofiamironets@gmail.com

## **RELATIONS OF THE LEVEL OF TRAIT AND MATHEMATICAL ANXIETY AND VALUES OF EEG POWER SPECTRAL DENSITY**

**Beloplotova K. E., Mironets S. A., Esipenko E. A.**

**Abstract:** There is study of psychophysiological indicators of personal-mathematical anxiety at different levels. The dynamics of power spectral density after cognitive load with personality and mathematical anxiety was investigate. The differences in power density indicators was reveal, which made it possible to conclude that these types of anxiety are different at the brain activity.

**Keywords:** trait anxiety, math anxiety, electroencephalography, power spectral density, EEG-rhythms, EEG, PSD.

**Data about the authors:**

**Beloplotova K. E.**, Psychologist, Tomsk State University. Tomsk, Russia.  
E-mail: acidelf77@gmail.com

**Esipenko E. A.**, Assistant Professor in the Genetic and Clinical Psychology Department , Psychology Faculty, Tomsk State University, Tomsk, Russia. E-mail: esipenkoea@gmail.com

**Mironets S. A.**, Junior Researcher, FSBI «Dmitry Rogachev National Research Center» of Ministry of Health, Russia. E-mail: Sofiamironets@gmail.com

Данные были получены и обработаны на базе Лаборатории когнитивных исследований и психогенетики НИ ТГУ.