

УДК 56.026: 612.86

**ПОЛОВЫЕ ОСОБЕННОСТИ КОРКОВЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ
В СВЯЗИ С ТОЧНОСТЬЮ УЗНАВАНИЯ КОРОТКИХ ИНТЕРВАЛОВ ВРЕМЕНИ
И ИНДИВИДУАЛЬНО-ПСИХОЛОГИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ**

А. М. Богомолов, О. В. Булатова, В. В. Трасковский, Ю. В. Бушов, Н. А. Литвинова

**SEX DIFFERENCES OF CORTICAL INTERACTIONS IN CONNECTION
WITH THE ACCURACY OF SHORT TIME INTERVALS RECOGNITION
AND INDIVIDUAL PSYCHOLOGICAL CHARACTERISTICS**

A. M. Bogomolov, O. V. Bulatova, V. V. Traskovsky, Yu. V. Bushov, N. A. Litvinova

В проведенном исследовании выявлены половые различия в электрической активности головного мозга, как в состоянии покоя, так и после определения времени экспозиции визуального стимула. Проанализированы особенности активации коры, функциональной асимметрии и пространственно-временной синхронизации электрической активности отделов головного мозга у юношей и девушек в связи с восприятием коротких интервалов времени. В работе осуществлен анализ половой специфичности архитектуры корреляционных связей между психологическими показателями (конституциональными, интеллектуальными, психодинамическими и адаптационными). Исследованы характеристики функциональной активности головного мозга в группах юношей и девушек с различной точностью и скоростью узнавания временных интервалов, успешностью решения интеллектуальных задач и уровнем социально-психологической адаптации. На основе полового своеобразия мозговых механизмов сделаны предположения о дифференциально-психологических характеристиках адаптации и регуляции интеллектуальной деятельности у юношей и девушек.

Sex differences in brain electrical activity both at rest and after recognition of visual stimulus exposure period were revealed in the research. The features of cortical activation, functional asymmetry and spatio-temporal synchronization of electrical activity of the brain regions in young men and women in relation to short time intervals perception are analyzed in the paper. The analysis of sex differences in correlation links between psychological indicators (constitutional, intellectual, psychodynamic and adaptation) was carried out. The characteristics of the functional activity of brain in groups of young men and women with different accuracy and speed time intervals recognition, accuracy of intellectual tasks solution and level of social-psychological adaptation were described. On the basis of sexual peculiarities of brain mechanisms the authors suggest some assumptions about the psychological characteristics of adaptation and regulation of intellectual activity in young men and women.

Ключевые слова: ЭЭГ, восприятие времени, половые особенности, адаптация, когнитивные стратегии.

Keywords: EEG, perception of time, sex differences, adaptation, cognitive strategies.

Изучение роли половых различий в пространственной организации электрической активности головного мозга и его морфофункциональной организации, а также в формировании индивидуально-психологических особенностей человека и характеристик когнитивных процессов имеет как теоретическое, так и важное прикладное значение для оптимизации и сопровождения учебной и профессиональной деятельности, решения задач профессионального отбора, разработки коррекционно-реабилитационных мероприятий для лиц с признаками нарушенной социально-психологической адаптации.

Несмотря на значительный прогресс в понимании половой специфичности электрической активности коры головного мозга (О. М. Разумникова, Н. В. Вольф, В. М. Русалов и др.), механизмов восприятия времени и когнитивной деятельности (Л. И. Афтанас, Н. Е. Сви-дерская, Ю. В. Бушов, М. Ю. Ходанович, А. С. Дмитриев и др.) ряд вопросов сохраняют свой дискуссионный характер и в недостаточной степени отражены в современной научной литературе. Особую актуаль-

ность приобретают комплексные исследования, затрагивающие различные уровни и контуры регуляции (психофизиологический, психологический и социально-психологический), изучение динамических аспектов, отражающих особенности реакций на тестовую нагрузку у юношей и девушек, а также анализ структурного своеобразия взаимосвязей между психофизиологическими и социально-психологическими переменными.

В связи с этим целью работы явилось исследование особенностей электрической активности головного мозга юношей и девушек с различными индивидуально-психологическими особенностями и точностью восприятия времени.

Методика и организация исследования

Эмпирическое исследование половой специфичности корковых взаимодействий было проведено в период февраль – апрель 2014 г. на базе лаборатории «Этологии человека» кафедры физиологии человека и безопасности жизнедеятельности биологического фа-

культета Кемеровского государственного университета. В исследовании приняли участие 25 человек (12 юношей (48 %) и 13 девушек (52 %)), являющихся студентами биологического и социально-психологического факультетов КемГУ. Средний возраст испытуемых составил: $20,6 \pm 0,28$ лет.

Процедура исследования состояла в оценке индивидуальных характеристик (психодинамических, интеллектуальных, адаптационных) и показателей латерального фенотипа испытуемых. Были использованы следующие методы: Шкала социально-психологической адаптированности К. Роджерса и Р. Даймонда, Опросник формально-динамических свойств индивидуальности В. М. Русалова, Методика оценки адаптационного потенциала по Р. М. Баевскому, Краткий ориентировочный тест В. Н. Бузина и Э. Ф. Вандерлик. Для определения индивидуального латерального фенотипа использовались стандартные тесты для выявления ведущей руки (Анкета для оценки мануального предпочтения), ведущей ноги (тесты «Колено на колено», «Перекрест голени и стоп», «Толчковая нога в прыжках», «Точная нога в футболе»), ведущего глаза (тесты «Дырочка в карте», тест с карандашом), ведущего уха («Разговор по телефону», «Прислушивание»), а также дихотическое прослушивание для выявления доминантного в отношении речи полушария.

После диагностической процедуры проводилась фоновая регистрация биоэлектрической активности коры головного мозга с закрытыми глазами (2 мин.) и затем с открытыми глазами (2 мин.) посредством энцефалографа. Далее испытуемым предлагалось определить эталонный временной сигнал среди предъявляемых стимулов в компьютерной программе Nropos (ТГУ). В качестве эталонного стимула выступал невербальный стимул – светлый квадрат со стороной 2 см, появляющийся в центре затемненного экрана монитора длительностью 150 мс, сопровождаемый звуковым сигналом. После выполнения теста осуществлялась повторная регистрация электрической активности коры головного мозга с закрытыми глазами (2 мин.) и с открытыми глазами (2 мин.) [1].

ЭЭГ регистрировали у испытуемых, монополярно в 19 отведениях (симметричных префронтальных (Fp1 и Fp2); лобных (F3 и F4); центральных (C3 и C4); теменных (P3 и P4); затылочных (O1 и O2); височных (F7, F8, T3, T4, T5, T6) и срединных (Fz, Cz, Pz)), по международной системе Г. Джаспера «10 – 20 %». Заземляющий электрод накладывали в область Fpz, а референтные ипсилатерально – на мочки ушей [2].

Запись ЭЭГ производилась на энцефалограф-анализаторе Нейровизор-40U (ООО «Медицинские компьютерные системы», Россия). Частота дискретизации составляла 1000 Гц, полоса пропускания – 0,5 – 70 Гц, режекторный фильтр – 50 Гц.

Визуализация полученной информации и отбор не содержащих артефактов мозгового происхождения участков записи (по 10 эпох длительностью в 2 с) осуществлялись с помощью программы Neocortex Pro из середины записей фоновой ЭЭГ и начала записи электроэнцефалограмм после теста. Расчет спектров мощности производили с использованием процедуры быстрого преобразования Фурье в диапазоне частот ритмов ЭЭГ: дельта (0,5 – 3 Гц), тета1 (3 – 6 Гц), тета2

(6 – 8 Гц), альфа1 (8 – 10 Гц), альфа2 (10 – 13 Гц), бета1 (13 – 20 Гц) и бета2 (20 – 30 Гц), гамма1 (30 – 50 Гц) и гамма2 (50 – 70 Гц). Кроме того, производился расчет когерентности между различными локализациями в тех же частотных диапазонах.

Полученные коэффициенты когерентности и спектральные мощности (после предварительного нормирования путем логарифмирования значения спектральной мощности + 1), результаты оценивания временных интервалов, а также показатели полученных при обработке психодиагностических методик заносили в базу данных обследования с помощью модуля Data Management пакета прикладных программ Statistica 6.0 (Statsoft).

Используя модули Basic Statistics, Nonparametrics, Anova, Advanced Linear/Nonlinear Models указанного пакета, проводили:

- 1) расчет групповых показателей суммарной статистики (средних (M), их ошибок (m));
- 2) оценку соответствия формы эмпирических распределений нормальному или экспоненциальному типу с помощью критерия хи квадрат;
- 3) сравнение выборочных средних методом независимых переменных с помощью параметрического t-критерия Стьюдента и непараметрического U-критерия Манна-Уитни и дисперсионного анализа Anova/Manova;
- 4) расчет коэффициентов ранговой корреляции Спирмена [6; 9].

Результаты исследования

На основе проведенного дисперсионного анализа обнаружено, что усредненные значения спектральной мощности ЭЭГ по всем отведениям у девушек выше, чем у юношей ($F_{7, 1323} = 2,15, p = 0,036$).

В состоянии покоя выявленные различия, преимущественно, концентрируются в областях высоких и низких частотных диапазонов (дельта, тета1, бета2, гамма1 и гамма2), в средних диапазонах различия не проявлялись (альфа1, альфа2 и бета1). По всем обнаруженным статистически достоверным различиям уровень спектральной мощности сигналов ЭЭГ у девушек превышал показатели юношей.

В ответ на изменение функционального состояния (открытие глаз) и выполнения тестовой нагрузки у юношей и девушек наблюдались неодинаковые биоэлектрические реакции в различных частотных диапазонах и локализациях. Максимальные различия показателей электрической активности головного мозга у юношей и девушек обнаруживались в диапазоне частот тета1 в состоянии покоя, которые сохранялись при изменении функционального состояния: при закрытых глазах выделялось 14 достоверных различий ($p < 0,05$), которые проявлялись практически во всех областях кроме передне- и средневисочной локализаций в левом полушарии и затылочных отведений. При открытии глаз картина различий претерпевала изменения – обнаруживалось 13 достоверных различий, которые охватывали практически все правое полушарие (за исключением отведений F8 и O2), электроды средней линии (Fz, Cz, Pz), затылочную и теменную области левого полушария (отведения C3, T5, P3, O1). После выполнения нагрузки и закрытия глаз различия между юноша-

ми и девушками исчезали, вновь обнаруживались после открытия глаз и охватывали всю поверхность снятия ЭЭГ, за исключением локализации F7.

Различия абсолютных значений спектральной мощности сопровождаются неодинаковыми признаками асимметрии биоэлектрической активности полуша-

рий головного мозга (рис. 1). У девушек, в большей мере, были выражены признаки функциональной асимметрии в лобных и височных областях, в то время, как у юношей следы умеренной асимметрии были выявлены в затылочных и задне-височных отведениях.

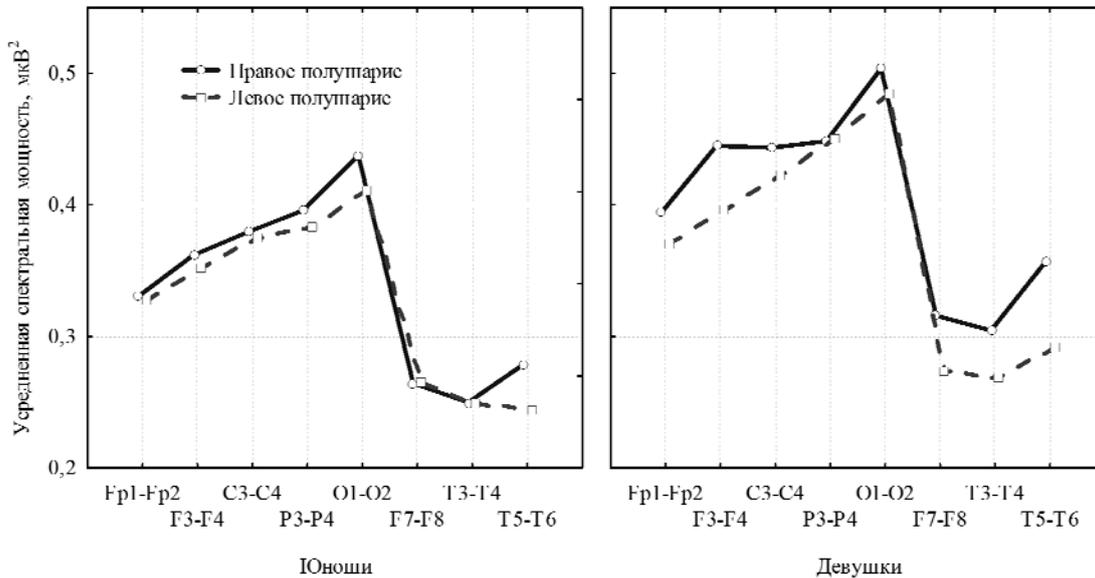


Рис. 1. Признаки функциональной асимметрии головного мозга у юношей и девушек в различных отведениях ЭЭГ ($F_{7, 1323} = 5,02, p = 0,00001$)

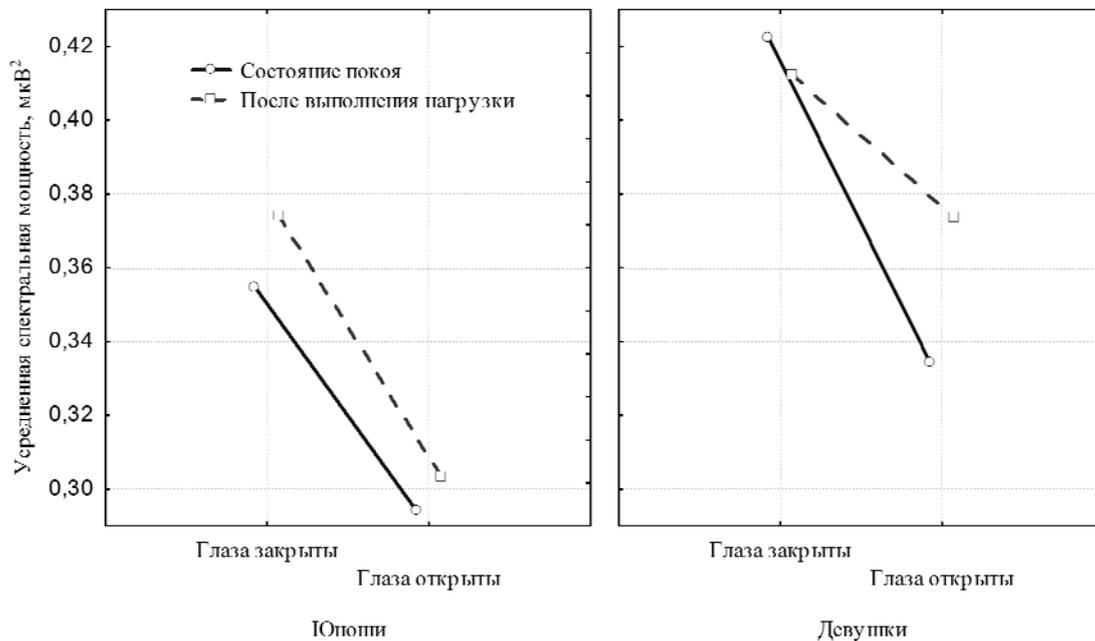


Рис. 2. Изменение усредненной спектральной мощности ЭЭГ при изменении функционального состояния до и после тестовой нагрузки ($F_{1, 189} = 14,3, p = 0,0002$)

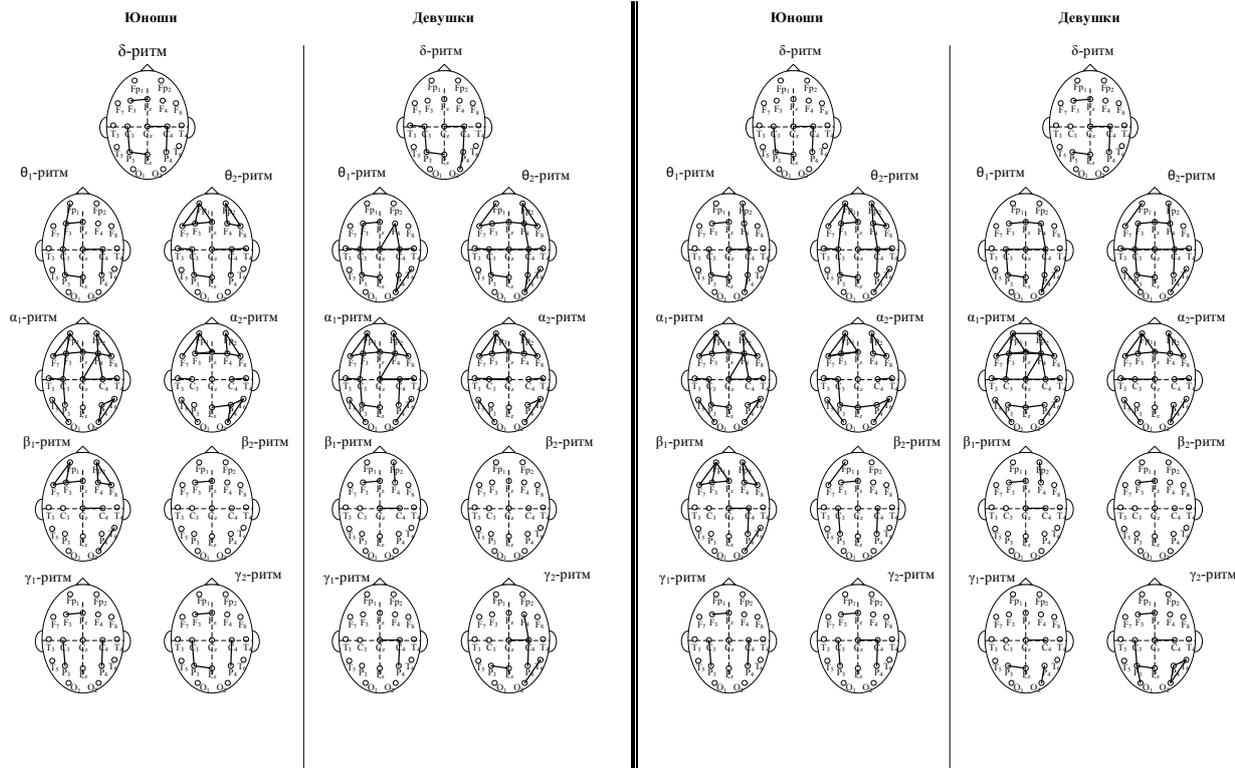
Величина реакции ЭЭГ на открытие глаз у юношей в состоянии покоя и после тестовой пробы является практически идентичной, при этом значение спектральной мощности после выполнения нагрузки у них превышает фоновые показатели в обоих функциональных состояниях (при закрытых и при открытых глазах) (рис. 2). У девушек в состоянии покоя наблюдается более выраженная реакция падения

уровня усредненной мощности ЭЭГ на открытие глаз, в сравнении с аналогичной реакцией после выполнения тестовой нагрузки. При этом уровень спектральной мощности ЭЭГ у девушек при закрытых глаза в состоянии покоя (фоновое значение) выше его значения после выполнения теста; при открытых глазах наблюдается противоположное соотношение: уровень

спектральной мощности после выполнения нагрузки превышает фоновый уровень.

Анализ когерентности ритмов ЭЭГ позволил представить пространственную картину синхронизации

электрической активности различных участков коры головного мозга у юношей и девушек в покое и ее преобразования после выполнения тестовой нагрузки (рис. 3).



Фоновое состояние, глаза закрыты
 Рис. 3. Когерентность ритмов ЭЭГ у юношей и девушек в различных областях коры головного мозга в фоновой ЭЭГ с закрытыми (слева) и открытыми (права) глазами

Были обнаружены множественные когерентные связи между отведениями ЭЭГ (рассматривалось значение функции когерентности выше 0,7) у юношей и девушек до и после выполнения тестовой нагрузки, в качестве которой выступало узнавание коротких интервалов времени.

Количество когерентных связей, отражающих пространственную синхронизацию потенциалов различных участков коры головного мозга, у юношей в состоянии покоя (с закрытыми глазами) больше в левом полушарии (25), чем у девушек (20), и меньше в правом полушарии (28 у юношей и 32 у девушек). Количество связей между центральными отведениями и отведениями, находящимися в границах левого полушария, одинаково в обеих оцениваемых выборках (16 связей). Связи между центральными отведениями и локализациями правого полушария чаще наблюдались у девушек (12), чем у юношей (8). Одна межполушарная связь (F3 – F4) в состоянии покоя была выявлена в группе юношей.

Выполнение тестовой нагрузки обусловило изменения количества и пространственного распределения когерентных связей в обследованных группах. Девушки превосходили юношей по количеству связей в областях «левое полушарие – центральные отведения» (21) и «правое полушарие – центральные отведение» (15), а также по межполушарным связям (2). В выборке юношей было выявлено большее количество внутри-

полушарных связей в левом (26) и правом (33) полушариях.

Сопоставление топографии распределения «сильных» когерентных связей у юношей и девушек свидетельствует о достаточно высокой степени их однородности, поскольку число обнаруживаемых достоверных различий невелико. При закрытых глазах в состоянии покоя у юношей суммарно по всем частотным диапазонам выявляется 12 связей, характеризующихся достоверными отличиями, из них 5 связей были выражены в большей мере у юношей и 7 – у девушек. Открытие глаз и последующая активация привели к падению различий в «силе» когерентных связей: различия были выявлены по 3 связям (C3-P3 в дельта-диапазоне, Fp1-F3 в тета1-диапазоне и C3-P3 в бета1-диапазоне), при этом, по степени их выраженности, юноши превосходили девушек.

Выполнение тестовой нагрузки привело к снижению числа различий у юношей и девушек. В функциональном состоянии «глаза закрыты», было обнаружено 3 связи с достоверно различающимися уровнями выраженности (Fp1-Fz в тета2-диапазоне, Cz-C3 в альфа1-диапазоне и C3-P3 в бета2-диапазоне), при этом в двух из них уровень был выше у девушек и в одной – у юношей. Открытие глаз обусловило незначительное возрастание различий: в трех их шести обнаруженных отличиях юноши превосходили девушек по уровню выраженности, «силе» когерентных связей

(в отведениях С3-Р3 в альфа2-, С3-Р3 в бета2- и Р3-Рз в гамма2-ритме) и в трех – более высокие показатели демонстрировали девушки (в отведениях С3-Сз и Р3-О1 в тета1- и С3-Сз в тета2-диапазоне).

Индивидуальные характеристики юношей и девушек (психодинамические, интеллектуальные, адаптационные) и показатели латерального фенотипа были подвергнуты процедуре корреляционного анализа, который позволил выявить множественные разнонаправленные и разноуровневые связи между ними у юношей и девушек. Наиболее интегрированная сеть связей у юношей и девушек наблюдалась между психодинамическими показателями и показателями социально-психологической адаптации. У девушек обнаружено большее количество корреляционных связей между рассматриваемыми показателями, проявляющихся на всех рассмотренных уровнях регуляции.

С целью исследования особенностей корковых взаимодействий в связи с точностью узнавания коротких временных интервалов и совокупностью индивидуально-психологических показателей у юношей и девушек, нами были использованы различные критерии для разделения обследованной выборки на подгруппы и проведен последующий сравнительный анализ.

По скорости и точности оценивания временных интервалов испытуемые были разделены на три группы с разными стратегиями восприятия времени: испытуемые первой группы продемонстрировали ско-

рость ответа на стимул выше среднего и допустили минимальное количество ошибок (0-1); представители второй группы – реагировали на стимул коротким временем реакций, но при этом допустили большее число ошибок; третью группу составили испытуемые, продемонстрировавшие низкую скорость и точность оценивания временных интервалов.

Анализ различий между юношами и девушками, обладающими неодинаковыми способностями в области оценивания временных характеристик визуальных стимулов, с одной стороны, способствует пониманию мозговых механизмов восприятия времени, а с другой – дополняет картину имеющихся знаний об особенностях обработки и анализа сенсорной информации у мужчин и женщин.

Сравнение групп юношей и девушек с различными стратегиями оценивания временных интервалов свидетельствует о более высоком уровне спектральной мощности у девушек, чем у юношей в первой группе по всем отведениям (рис. 4). Во второй группе наблюдается более высокий уровень спектральной мощности ЭЭГ у девушек в центральной, теменной и затылочной областях и близкие значения в передне-фронтальных лобных и височных локализациях. Для третьей группы характерны более высокие значения спектральной мощности у девушек в префронтальных, лобных и центральных отведениях и близкий уровень в теменной, затылочной и всех височных локализациях.

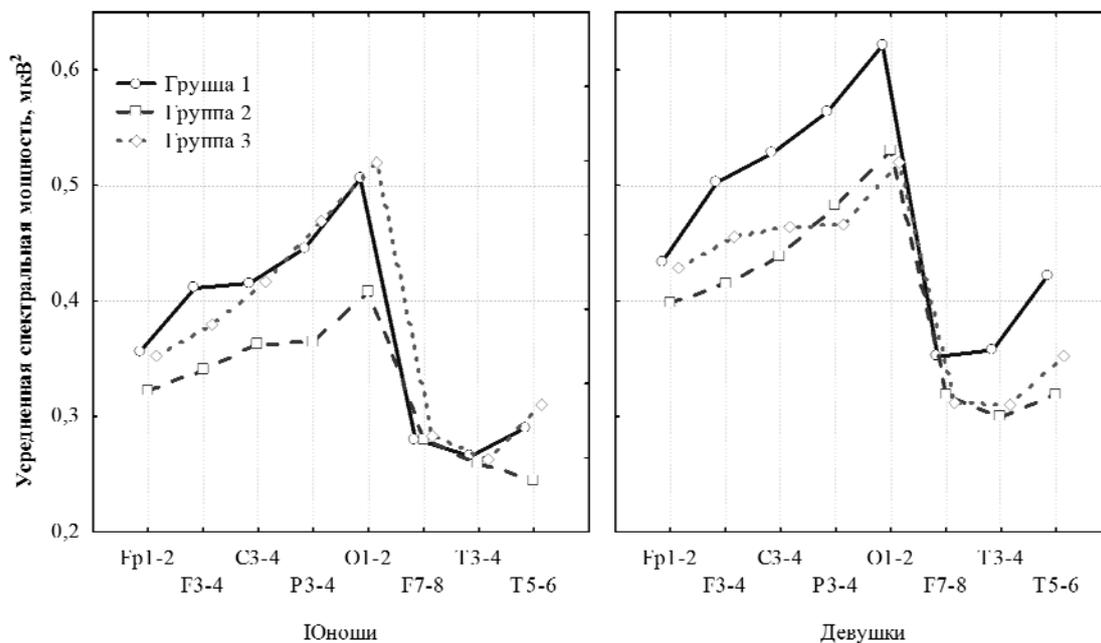


Рис. 4. Усредненные показатели ЭЭГ у юношей и девушек с различными стратегиями узнавания коротких интервалов времени в различных отведениях ($F_{14, 1071} = 2,36, p = 0,003$)

По результатам выполнения «Краткого ориентировочного теста» испытуемые были разделены на 3 группы, обладающими разными когнитивными стратегиями решения задач. Юноши и девушки, продемонстрировавшие высокую интеллектуальную продуктивность и точность решения когнитивных задач, вошли в первую группу; испытуемые с высокой интеллектуальной продуктивностью (скоростью реше-

ния познавательных задач) и низкой точностью составили вторую группу; третья группа состояла из юношей и девушек с низкой интеллектуальной продуктивностью и точностью решения когнитивных задач.

В группах юношей и девушек с различными когнитивными стратегиями наблюдаются статистически достоверные ($p < 0,05$) различия средних значений спектральной мощности сигналов ЭЭГ (рис. 5).

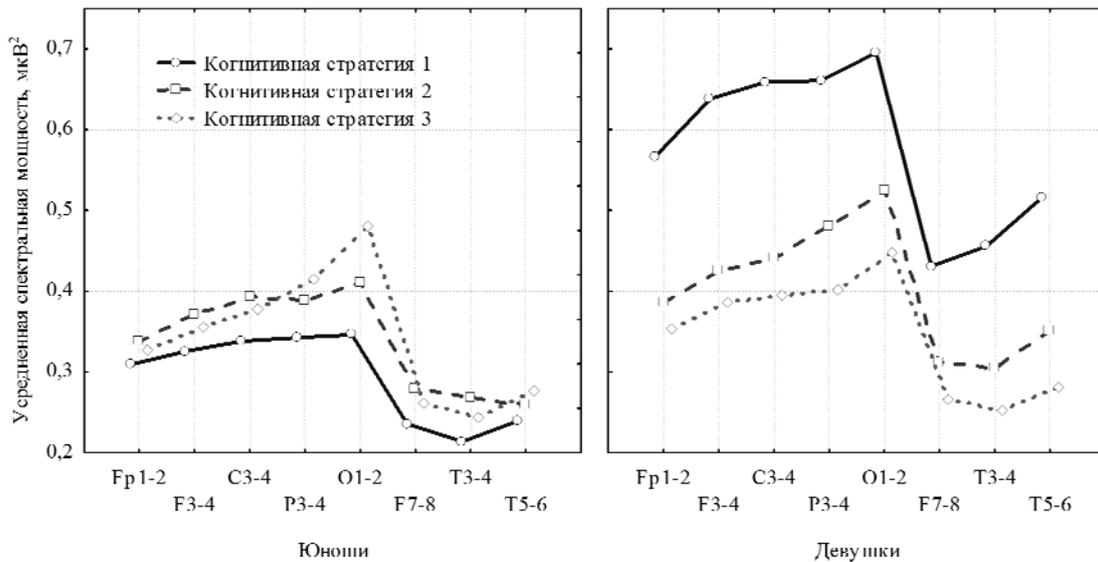


Рис. 5. Усредненные показатели ЭЭГ у юношей и девушек с различными стратегиями решения когнитивных задач в различных отведениях ($F_{14, 1071} = 3,80, p = 0,0000$)

Наблюдается обратное соотношение значений спектральной мощности у юношей и девушек с идентичными когнитивными стратегиями. У юношей с различными стратегиями решения интеллектуальных задач графики распределения спектральных мощностей по всем отведениям ЭЭГ расположены близко к другу, наиболее выраженные различия характерны для точек отведений O_1-O_2, P_3-P_4 , наиболее близкие значения наблюдаются для отведений $Fp_1-Fp_2, F_3-F_4, F_7-F_8$ и T_5-T_6 . График распределения спектральной мощности у девушек с первой когнитивной стратегией значительно отставлен от графиков девушек со второй и третьей когнитивными стратегиями, при этом две последние расположены достаточно близко друг к другу, в частности, по отведениям $Fp_1-Fp_2, F_3-F_4, F_7-F_8$.

У юношей и девушек с различными уровнями адаптации, определенной по «Шкале СПА» выявляется

специфическая картина распределения спектральной мощности ритмов ЭЭГ (рис. 6). У юношей с высоким уровнем социально-психологической адаптации наблюдается более высокое значение усредненной спектральной мощности практически по всем отведениям, меньший уровень спектральной мощности демонстрируют юноши с признаками удовлетворительной и еще меньший – испытуемые с напряженной адаптацией.

У девушек выявляется более сложная картина соотношения ЭЭГ в подгруппах с различными уровнями социально-психологической адаптации: максимальная спектральная мощность наблюдается в группе девушек с удовлетворительной адаптацией, меньшее значение спектральной мощности характерно для девушек с высоким уровнем адаптации, у девушек с признаками напряженной адаптации выявляется самый низкий уровень усредненной спектральной мощности.

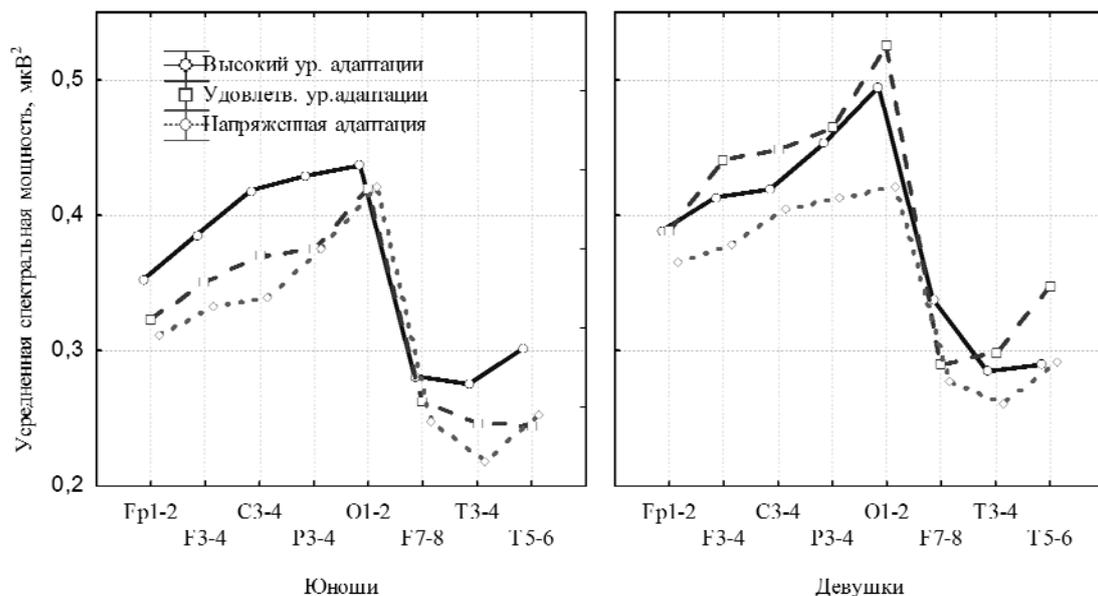


Рис. 6. Усредненные показатели ЭЭГ у юношей и девушек с различными уровнями социально-психологической адаптации в различных отведениях ($F_{14, 1071} = 2,42, p = 0,0024$)

Обсуждение результатов

Половое своеобразие пространственного распределения биоэлектрической активности головного мозга и уровня активационного состояния коры обнаруживаются во всех областях отведения ЭЭГ и свидетельствуют о значительных различиях в мозговых механизмах обработки информации у юношей и девушек. Половая специфичность ЭЭГ, свидетельствующая о неодинаковых механизмах обеспечения фонового состояния и осуществления тестовой деятельности у испытуемых, неоднократно отмечалась в отечественных и зарубежных исследованиях [2 – 3; 5 и др.], однако при этом сохраняется некоторая противоречивость литературных данных о конкретных различиях в фоновой ЭЭГ разных частотных диапазонов [8].

Наблюдаемые различия в активности различных структур мозга, по мнению О. М. Разумниковой, могут быть обусловлены отличиями в их строении у мужчин и женщин. В частности, морфометрические исследования коры мозга выявили половой диморфизм в числе и плотности нейронов на единицу объема коры, регионального состава мозгового вещества и др. Кроме полового диморфизма в морфологии структур мозга также обнаруживаются половые различия в пространственно-временной организации электрической активности мозга [8].

Обнаруженное распределение различий в областях частотного спектра ЭЭГ у юношей и девушек согласуется с данными О. М. Разумниковой, отметившей по результатам анализа фоновой ЭЭГ большие абсолютные значения мощности у женщин (18 – 26 лет), чем у мужчин в дельта-, тета-, и бета-диапазонах и отсутствие достоверных различий в альфа-диапазоне. Исходя из функционального значения ритмов ЭЭГ, мы можем сделать предположение о большей выраженности биоэлектрических признаков нервно-психического напряжения и активности когнитивных механизмов анализа информации в выборке девушек.

В ответ на изменение функционального состояния и выполнение тестовой нагрузки у юношей и девушек наблюдаются неодинаковые биоэлектрические реакции в различных частотных диапазонах и локализациях: в некоторых случаях, в ответ на открытие глаз и выполнение задания на определение продолжительности временных интервалов, наблюдалось возрастание числа достоверных различий, в других – их снижение. Кроме того, идентичное содержание задачи обуславливает своеобразные электрические картины мозгового ответа у юношей и девушек, которые имеют специфические проявления в различных частотных диапазонах ЭЭГ и областях коры головного мозга. В одних диапазонах частот эти различия образуют генерализованную уникальную реакцию, отличающуюся практически по всей коре, в других – проявляются частными отличиями в локальных отведениях.

Реализация функциональных состояний, соответствующих требованиям деятельности, обеспечивается у юношей и девушек различными мозговыми механизмами, что отражается в неодинаковом электрическом отклике головного мозга в разных локализациях; обоснованно предполагать, что структурные и динамические особенности данных механизмов могут обуславливать разную эффективность юношей и девушек в

выполнении определенных видов деятельности или решении задач.

Проблема половой специфичности функциональной асимметрии головного мозга и ее связи с успешностью различных видов деятельности (адаптация, коммуникация, совладание со стрессом и др.) достаточно широко представлена в нейробиологической литературе. Нами выявлены признаки большей функциональной асимметрии у девушек, при этом большая симметричность архитектуры мозга и распределения его функций у женщин в сравнении с мужчинами показана рядом исследователей при анализе организации фронтальной, слуховой и моторной коры левого, правого полушарий и метаболизма мозга [8]. Наряду с половыми различиями в асимметрии функциональных полей двух полушарий установлены отличия и в строении мозолистого тела [8].

Выраженность и топография распределения признаков функциональной асимметрии головного мозга рассматриваются как внутренние факторы адаптации к новым условиям жизнедеятельности [7]. Исходя из выявленных в обследованных выборках признаков функциональной асимметрии и своеобразия их пространственного распределения, у девушек можно предполагать предпосылки к более эффективной (с точки зрения регуляции и издержек) адаптации к изменяющимся условиям среды, чем у юношей.

Обнаруженные изменения электрической активности головного мозга, обусловленные изменением функционального состояния (открытие глаз) и выполнением тестовой нагрузки, свидетельствуют о более сложном содержании реакций (как по направлению, так и по величине изменений) у девушек, в сравнении с биоэлектрическими откликами у юношей. Открытие глаз в состоянии покоя вызывает у юношей снижение уровня спектральной мощности усредненного сигнала ЭЭГ, свидетельствующее об активации коры. После выполнения теста активация у юношей снижается по сравнению с фоновым значением, возможно вследствие адаптации к ситуации эксперимента, последующее изменение функционального состояния вновь повышает активацию коры. У девушек наблюдается более выраженная реакция активации при открытии глаз в состоянии покоя. Сразу после выполнения теста девушки не проявляли признаков значительного снижения активации, более длительное время, сохраняя состояние мобилизованности. Однако после изменения функционального состояния (открытия глаз) они демонстрировали более значительное снижение активации, чем юноши, свидетельствующее о более выраженном спаде напряжения. Наблюдаемые преобразования могут быть интерпретированы как более медленное, но более глубокое восстановление тонуса нервной системы у девушек после выполнения нагрузок.

Различия значений спектральной мощности у юношей и девушек, вероятно, связаны с неодинаковым характером эмоциональных реакций на выполнение тестовых проб и скоростью привыкания к неопределенности экспериментальной ситуации. Девушки проявили большую реактивность на изменение функционального состояния в покое, демонстрировали меньшую скорость, но более выраженную степень адаптации к ситуации эксперимента, при этом характеризуюсь

более широким диапазоном изменений степени активации в период эксперимента, чем юноши.

У юношей в состоянии покоя выявляется большее число когерентных связей между отведениями левого полушария, у девушек – правого полушария и отведений правого полушария с центральными локализациями ЭЭГ. Большая синхронность функционирования различных полушарий может рассматриваться в качестве предпосылки к более легкому и быстрому образованию функциональных систем или реализации высших психических функций с участием отделов различных полушарий, в частности, к преимущественному использованию абстрактно-логического мышления юношами и пространственно-образного девушками при анализе и решении возникающих задач. Полученные данные согласуются со сложившимися в дифференциальной психофизиологии представлениями о половой специфичности межполушарной асимметрии [4].

После оценивания продолжительности временных интервалов у юношей наблюдается большая представленность локальных внутриполушарных связей, в то время, как в выборке девушек в большей степени представлены межполушарные функциональные связи и связи с центральными отведениями. Такое распределение связей, в целом, соответствует имеющимся литературным данным и характеризует функциональные связи у девушек как более пластичные, позволяя предполагать у них более выраженную системность реакции на возникающие нагрузки.

Выполнение тестовой пробы и активация, связанная с открытием глаз, несколько снижает меру различий в уровне выраженности когерентных связей у юношей и девушек (в сравнении с состоянием покоя) и, соответственно, степень своеобразия пространственной синхронизации областей головного мозга в обследованных выборках; различия, сохраняющиеся после нагрузки, характеризуют более устойчивые различия в деятельности головного мозга, связанные с полом.

В выборке девушек наблюдается более плотное распределение корреляционных связей между показателями различных уровней регуляции (психофизиологического, психологического, социально-психологического), что позволяет характеризовать систему изученных показателей как более интегрированную и является предпосылкой потенциально более высокой взаимообусловленности переменных, широких компенсаторных возможностей и адаптивности. Развитая сеть корреляционных связей является необходимым условием формирования новых функциональных систем и, в целом, обучаемости.

В обеих обследованных выборках наблюдается снижение числа корреляционных связей в группе интеллектуальных показателей и наименьшее их число в группе конституциональных и функциональных свойств, что говорит о возрастании относительной автономности исследуемых показателей и уровней регуляции.

Распределение значений спектральной мощности у юношей и девушек, демонстрирующих различные скорость реагирования и точность узнавания продолжительности экспозиции аудиовизуального стимула, отражает баланс процессов возбуждения и торможения в нервной системе, который обуславливает успешность

регуляции и, в конечном итоге, эффективность реализуемой деятельности. Юноши, в сравнении с девушками, обнаруживают более низкую усредненную спектральную мощность и, соответственно, больший уровень активации, что особенно заметно в группах с первой и третьей стратегиями восприятия временных интервалов. Достижение одинаковых скоростных и точностных параметров при узнавании временных интервалов у юношей и девушек с идентичными результатами осуществляется на фоне неодинаковой степени активации коры и распределения ее в различных локализациях ЭЭГ.

Различия биоэлектрической активности головного мозга у юношей и девушек с близкими значениями скорости и точности выполнения интеллектуальных задач (обобщенно отражаемых в категории «стратегия решения когнитивных задач») свидетельствуют о неодинаковых мозговых механизмах достижения идентичных результатов когнитивной деятельности и у юношей и девушек.

Обращают на себя внимание более яркие различия значений усредненной спектральной мощности ЭЭГ у девушек с различной эффективностью решения интеллектуальных задач, чем у юношей. Возможно, данный феномен может быть обусловлен большим значением психофизиологических предпосылок для обеспечения высоких скоростных и точностных параметров решения когнитивных задач у девушек и большей ролью психологических факторов в регуляции интеллектуальной деятельности у юношей.

Обратное соотношение значений спектральной мощности у юношей и девушек с идентичными когнитивными стратегиями может выступать признаком неодинаковой психофизиологической «цены» интеллектуальной деятельности и степени напряжения регуляционных механизмов. Особенно четко данная закономерность прослеживается при сравнении юношей и девушек, продемонстрировавших высокую скорость и точность решения когнитивных задач: степень активации коры головного мозга значительно выше у юношей, чем у девушек при схожих результатах интеллектуальной деятельности.

Графики распределения значений спектральной мощности в отдельных локализациях ЭЭГ обнаруживают неодинаковую картину биоэлектрической активности головного мозга в группах юношей и девушек с высокой, удовлетворительной и напряженной адаптацией. Высокий уровень адаптации у юношей и девушек обеспечивается, вероятно, посредством неодинаковых мозговых механизмов и сопровождается различной степенью их активности. В группах со сниженным уровнем адаптации наблюдается минимальное значение спектральной мощности ЭЭГ в сравнении с представителями других групп адаптированности, что свидетельствует о максимальном уровне активации и росте адаптационного напряжения, что, в целом, может оцениваться как показатель роста адаптационных издержек. Наиболее выражены различия по степени активации коры и топографии значений спектральной мощности в отдельных отведениях ЭЭГ между юношами и девушками с признаками удовлетворительной адаптации.

Достижение средних, или удовлетворительных, результатов адаптации у юношей и девушек реализуется

посредством специфичных мозговых механизмов, требует различной степени их активации, в то время, как и высокая, и напряженная социально-психологическая адаптация в обследованных выборках характеризуются схожими картинами биоэлектрической активности мозга. Иными словами, связь пола с электрической активностью коры и своеобразии механизмов адаптации прослеживаются только у испытуемых со средним уровнем социально-психологической адаптации; половая специфичность ЭЭГ в группах с высокой и сниженной адаптацией выявляется в значительно меньшей степени.

Выводы

1. Связанные с полом различия «фоновой» биоэлектрической активности мозга проявляются главным образом в спектральных характеристиках ЭЭГ: усредненная спектральная мощность ЭЭГ в частотных диапазонах дельта, тета1, бета2, гамма1 и гамма2-ритмов у девушек выше, чем у юношей. В «фоне» у девушек также наблюдается более выраженная межполушарная асимметрия по показателям спектральной мощности ЭЭГ. Различия между значениями спектральной мощности «фоновой» ЭЭГ у юношей и девушек отсутствуют в диапазонах альфа1, альфа2 и бета1-ритмов.

2. У юношей и девушек выявлены три типа стратегий при решении задачи на узнавание коротких интервалов времени: первый тип характеризуется малым временем принятия перцептивного решения и небольшим числом допущенных ошибок; второй тип – коротким временем принятия решения и большим числом ошибочных действий и третий тип – большими величинами времени принятия решения и большим числом допущенных ошибок. Девушки и юноши с первой и второй когнитивными стратегиями характеризуются высокими значениями спектральной мощности ЭЭГ, в то время как юноши и девушки с третьей когнитивной стратегией имеют близкие значения спектральной мощности. Девушки с первой когнитивной стратегией отличаются от юношей большими величинами спектральной мощности во всех отведениях ЭЭГ, со второй – только в центральных, теменных и затылочных отведениях.

3. У юношей и девушек выделено три типа когнитивных стратегий при решении интеллектуальных задач в условиях ограниченного времени: для первого типа характерен большой объем правильно решенных задач и низкая доля ошибочных действий, для второго – большое количество верно решенных задач и высо-

кое число ошибок, для третьего – малое количество решенных задач и большое число ошибок. Девушки с первой и второй стратегиями решения когнитивных задач в состоянии покоя имеют более высокий уровень спектральной мощности. Различия сохраняются и после выполнения тестовой нагрузки. У девушек с третьей когнитивной стратегией значения спектральной мощности ЭЭГ выше, чем у юношей, в диапазонах альфа1 и альфа2-ритмов ЭЭГ и ниже в других частотных диапазонах. После выполнения тестовой нагрузки у юношей и девушек с третьей когнитивной стратегией сокращаются различия спектральной мощности ЭЭГ в диапазонах дельта, тета1 и тета2 и увеличиваются в диапазоне альфа2-ритма.

4. После выполнения тестовой нагрузки, как у девушек, так и у юношей наблюдаются статистически значимые, по сравнению «фоном», изменения структуры когерентных связей между различными зонами коры. По сравнению с юношами, у девушек преобладают связи между центральными и лево- и правополушарными отведениями, а также межполушарные связи. У юношей преобладают внутриволушарные связи в обоих полушариях.

5. Установлена связь между усредненной спектральной мощностью «фоновой» ЭЭГ и уровнем социально-психологической адаптации. Характер этой связи отличается у юношей и девушек: у юношей с высоким уровнем социально-психологической адаптации наблюдаются более высокие значения спектральной мощности ЭЭГ, меньшие величины спектральной мощности демонстрируют юноши с признаками удовлетворительной и еще меньший – испытуемые с напряженной адаптацией. У девушек максимальные величины усредненной спектральной мощности наблюдаются в группе с удовлетворительной адаптацией, меньшее значение спектральной мощности характерно для девушек с высоким уровнем адаптации, у девушек с признаками напряженной адаптации выявляется самый низкий уровень усредненной спектральной мощности.

6. Обнаружены, связанные с полом, различия структуры корреляционных связей между психодинамическими, интеллектуальными, адаптационными показателями и параметрами латерального фенотипа: девушек отличают от юношей более тесные и многочисленные внутри- и межсистемные связи.

Работа выполнена на кафедре физиологии человека и безопасности жизнедеятельности КемГУ.

Литература

1. Бушов Ю. В., Ходанович М. Ю., Иванов А. С., Светлик М. В. Системные механизмы восприятия времени. Томск: Изд-во ТГУ, 2007. 150 с.
2. Егорова И. С. Электроэнцефалография. М.: Медицина, 1973. 296 с.
3. Жадин М. Н. Биофизические механизмы формирования электроэнцефалограммы. М.: Наука, 1984. 197 с.
4. Ильин Е. П. Дифференциальная психофизиология. СПб.: Питер, 2001. 464 с.
5. Кропотов Ю. Д. Количественная ЭЭГ, когнитивные вызванные потенциалы мозга человека и нейротерапия / пер. с англ. под ред. В. А. Пономарева. Донецк: Издатель Заславский А. Ю., 2010. 512 с.
6. Лакин Г. Ф. Биометрия. М.: Высшая школа, 1990. 352 с.
7. Леутин В. П., Николаева Е. И. Функциональная асимметрия мозга: мифы и действительность. СПб.: Речь, 2008. 368 с.
8. Разумникова О. М. Отражение личностных свойств в функциональной активности мозга. Новосибирск: Наука, 2005. 135 с.
9. Халафян А. А. Statistica 6. Статистический анализ данных. М.: Бином-Пресс, 2007. 512 с.

Информация об авторах:

Богомолов Александр Михайлович – кандидат психологических наук, доцент кафедры общей психологии и психологии развития КемГУ, litvinca@kemsu.ru.

Alexander M. Bogomolov – Candidate of Psychology, Assistant Professor at the Department of General and Developmental Psychology, Kemerovo State University.

Булатова Ольга Владимировна – кандидат биологических наук, доцент кафедры физиологии человека и безопасности жизнедеятельности КемГУ, litvinca@kemsu.ru.

Olga V. Bulatova – Candidate of Biology, Assistant Professor at the Department of Human Physiology and Life Safety, Kemerovo State University.

Трасковский Вячеслав Владимирович – аспирант кафедры физиологии человека и безопасности жизнедеятельности КемГУ, litvinca@kemsu.ru.

Vyacheslav V. Traskovsky – post-graduate student at the Department of Human Physiology and Life Safety, Kemerovo State University.

(Научный руководитель – **Н. А. Литвинова**).

Бушов Юрий Валентинович – доктор биологических наук, заведующий кафедрой физиологии человека и животных Института биологии, экологии, почвоведения, сельского и лесного хозяйства (Биологического института) Национального исследовательского Томского государственного университета, litvinca@kemsu.ru.

Yury V. Bushov – Doctor of Biology, Head of the Department of Human and Animal Physiology, National Research Tomsk State University.

Литвинова Надежда Алексеевна – доктор биологических наук, профессор кафедры физиологии человека и безопасности жизнедеятельности КемГУ, litvinca@kemsu.ru.

Nadezhda A. Litvinova – Doctor of Biology, Professor at the Department of Human Physiology and Life Safety, Kemerovo State University.

Статья поступила в редколлегию 02.02.2015 г.