

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ  
ТАВРИЧЕСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМ. В.И. ВЕРНАДСКОГО

**Черный Сергей Васильевич**

УДК 612.822.3:612.828:615.214.547.78

**НЕЙРО – И ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ  
ТРЕВОЖНОСТИ У ЧЕЛОВЕКА**

03.00.13 – физиология человека и животных

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
**кандидата биологических наук**

Симферополь - 2007

**Актуальность проблемы.** В настоящее время проблема тревожности приобретает все большую актуальность, что связано с изменениями социальной сферы, напряженным ритмом жизни и другими факторами. Тревожность является как чертой личности (личностная тревожность), так и ситуативной характеристикой, возникающей в ответ на действие стрессогенных факторов (Вознесенская, Синячкин, 1997; Калуев, 1998). Тревожность как черта личности связана с генетически детерминированными свойствами мозга человека, обуславливающими повышенный уровень эмоционального возбуждения. Личностная тревожность, взаимодействуя с повышенной ситуативной тревожностью, вызываемой различными стрессорами, приводит к усилению стресса, развитию дистресса и различным психосоматическим заболеваниям (Афтанас и др., 1998; Спилбергер, 1983). Тревожность неотделима от самого понятия жизни человека, неоспорима ее организующая роль как фактора интеграции психических процессов, но также не вызывает сомнения ее дестабилизирующая роль – в этом случае состояние человека определяют как невроз и психоэмоциональное напряжение (Абрамов, 1973; Сороко и др., 1995).

Имеются данные о биохимических и психофизиологических особенностях людей с повышенной тревожностью (Bruder et al., 1997; Медведев, 1998; Angrilli et al., 1999; Graeff et al., 2001; Blackhart et al., 2006), о связи параметров текущей ЭЭГ, компонентов вызванных и связанных с событием потенциалов (ВП и ССП) с уровнем тревожности у человека (Timsit-Berthier, 1997; Metzger et al., 1997; Boudarene, Bruder et al., 2002; Gray et al., 2003; Bekker et al., 2005). Однако эти данные зачастую противоречат друг другу, что связано как с различными подходами в изучении тревожности, так и с отсутствием единых методологических подходов. Таким образом, единый взгляд на данную проблему отсутствует.

Тревожность у человека связана с обратимой дисфункцией мозговых связей, определяющих состояние тревожности на поведенческом и физиологическом уровнях. Данная работа призвана выявить особенности текущей и вызванной ЭЭГ-активности головного мозга здоровых испытуемых в зависимости от их уровня тревожности, что позволит наиболее эффективно использовать функциональные методы коррекции тревожности, в том числе с применением обратной связи по ЭЭГ.

**Связь работы с научными программами, планами, темами.** Исследования проводились в соответствии с планами научно-исследовательской работы кафедры физиологии человека и животных и биофизики Таврического национального университета им. В.И. Вернадского по программе: «Использование биологической обратной связи для коррекции

неблагоприятных психофизиологических состояний человека» (№ гос. регистрации 0106U001265)

**Цели и задачи исследования.** Цель работы – изучение характеристик ЭЭГ-активности, ВП и ССП, а также особенностей вегетативной регуляции в их связи с уровнем тревожности у здорового человека.

Для достижения указанной цели были поставлены следующие задачи:

1. Изучить связь уровня тревожности и связанных с ней характеристик личности с характеристиками текущей ЭЭГ-активности;
2. Изучить связь уровня тревожности и связанных с ней характеристик личности с характеристиками ЭЭГ при функциональной пробе с открытыми глазами;
3. Изучить связь уровня тревожности и связанных с ней характеристик личности с характеристиками ЭЭГ в процессе представления наиболее тревожной жизненной ситуации, связанной с личным опытом;
4. Изучить связь особенностей вегетативной регуляции с уровнем тревожности у человека;
5. Изучить связь уровня тревожности с характеристиками ВП и ССП при выполнении целостного поведенческого акта с моторным компонентом;
6. Изучить связь уровня тревожности и связанных с ней характеристик личности с особенностями изменения показателей ВП при подаче слуховых стимулов различной интенсивности.

**Объектом исследования** диссертационной работы является нейро- и психофизиологический статус людей с различным уровнем тревожности.

**Предмет исследования** – компоненты текущей ЭЭГ, паттерны ВП и ССП, вегетативный статус испытуемых в связи с уровнем тревожности и связанных с ней характеристик личности.

**Методы исследования** – в работе использовали регистрацию и анализ ВП и ССП, анализ ЭЭГ в состоянии относительного покоя и при различных функциональных пробах, регистрацию электрокардиограммы (ЭКГ) с последующим расчетом индекса напряжения по Баевскому. Использовали психологические тесты, отражающие уровень тревожности, а также тесты, отражающие особенности личности, имеющие разные по направленности связи с тревожностью. Данные обрабатывали с использованием стандартных методов вариационной статистики. Детали методики изложены в соответствующих разделах.

**Научная новизна полученных результатов.** Полученные данные показывают особенности характеристик текущей ЭЭГ при различном уровне тревожности, их связь с некоторыми характеристиками личности,

положительно или отрицательно связанные с тревожностью. Показана топография распределения компонентов ЭЭГ в коре мозга при различном уровне тревожности. Показана взаимосвязь параметров ВП и ССП с различным уровнем тревожности испытуемых.

**Теоретическое и практическое значение работы.** Проведенное исследование включает в себя и фундаментальные и прикладные аспекты, так как направлено на раскрытие нейрофизиологических особенностей тревожности у человека. Результаты работы могут представлять интерес для специалистов в областях нейрофизиологии, психофизиологии и физиологии трудовой деятельности. Материалы работы могут быть использованы в лекционных курсах «Физиология высшей нервной деятельности», «Психофизиология», «Валеология» и «Физиология центральной нервной системы», преподаваемых в ВУЗах.

**Личный вклад соискателя.** Методика, схема экспериментов и основные принципы анализа полученных данных разработаны совместно с научным руководителем. Самостоятельно был проведен анализ данных литературы и выполнены экспериментальные исследования нейрофизиологических феноменов и психофизиологического статуса испытуемых, обсуждены особенности связей тревожности с электрофизиологическими показателями. В диссертации не использованы идеи и разработки, которые принадлежат соавторам опубликованных работ.

**Апробация результатов исследования.** Основные положения и результаты проведенного исследования были представлены на III конференции Украинского общества нейронаук (Донецк, 2005), XVII съезде Украинского физиологического общества (Черновцы, 2006), III Всеукраинской научной конференции «Психофізіологічні та вісцеральні функції в нормі та патології» (Киев, 2006), V Международном симпозиуме «Актуальные проблемы биофизической медицины» (Киев, 2007), научных конференциях Таврического национального университета им В.И. Вернадского (2003-2007).

Материалы диссертационной работы были использованы при подготовке и проведении лекций, практических и семинарских занятий на кафедре физиологии человека и животных и кафедре общей психологии Таврического национального университета им. В.И. Вернадского.

**Публикации.** По материалам диссертационной работы опубликованы 7 статей в научных периодических изданиях и 4 публикации в материалах конференций.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация изложена на 167 страницах машинописного текста, состоит из введения, четырех разделов, выводов, списка использованных источников, включающего 286 наименований. Работа иллюстрирована 12 рисунками и 54 таблицами.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

В первом разделе «Обзор литературных данных» проведен анализ данных литературы, касающийся особенностей формирования и проявления тревожности у человека, а также характеристик изменения биоэлектрической активности головного мозга при тревожных состояниях.

### **Материалы и методы исследования**

Всего в исследованиях приняло участие 142 практически здоровых испытуемых обоего пола, правшей, в возрасте 18-28 лет. В рамках диссертационного исследования были проведены две серии экспериментов.

В первой серии экспериментов принимало участие 86 испытуемых. Исследование проводилось по следующей схеме:

1. Регистрация текущей ЭЭГ в центральных отведениях в состоянии покоя (спокойного бодрствования) с закрытыми и открытыми глазами и запись ЭКГ для анализа динамики кардиоинтервалов;
2. Регистрация слуховых ВП и ССП (условной негативной волны – УНВ, Р300) в парадигме определения скорости простой сенсомоторной реакции с предупреждением;
3. Психологическое тестирование (тест госпитальной тревожности и депрессии – HADS, тест на определение уровня тревожности Спилбергера – Ханина, 16-ти факторный личностный опросник Кеттелла, тест Клонингера).

Во второй серии экспериментов принимало участие 56 испытуемых. Исследование проводилось по следующей схеме:

1. Регистрация текущей ЭЭГ в 21 стандартном отведении в состоянии покоя и при представлении жизненной ситуации, субъективно являющейся для испытуемого наиболее тревожной;
2. Регистрация ССП в парадигме Go/No-Go, а также ВП при подаче тоновых посылок громкостью 45 и 90 дБ;
3. Психологическое тестирование, как и в первой серии.

### **Особенности регистрации психофизиологических показателей.**

В первой серии экспериментов отведение и анализ ЭЭГ и ССП осуществляли с использованием автоматизированного комплекса, состоящего из электроэнцефалографа ЭЭГ-16S («Medicor», Венгрия), лабораторного интерфейса и компьютера IBM PC. Для регистрации ЭЭГ была выбрана стандартная полоса частот усилительного тракта (верхняя граница частотного диапазона 70 Гц, постоянная времени, определяющая нижнюю границу – 0,3 с). Сигналы обрабатывали с использованием преобразования Фурье, получая для анализа спектры мощности ЭЭГ (программа «Polygraph», программист А.В.

Сухинин).

Регистрацию ЭКГ в I стандартном отведении проводили с помощью усилителя ЭЭГ-16S по общепринятой методике. С помощью программы "Polygraph" анализировали динамику R-R интервалов и рассчитывали индекс напряженности (ИН) вегетативной нервной системы по Р.М. Баевскому (Баевский, 1972).

Для регистрации ССП в задаче на определение времени простой сенсомоторной реакции с предупреждением использовали программу "ERP" (программист А.В. Сухинин), обеспечивающую автоматизированное предъявление пар звуковых стимулов (предупреждающего и императивного) с требованием реализации моторной реакции (нажатие на кнопку правой рукой) с максимально возможной скоростью после второго стимула в паре. Об успешности выполнения задачи испытуемый узнавал из сигналов обратной связи, предъявляемых на расположенном перед ним светодиодном табло. Два канала ЭЭГ-16S подвергли модификации, что обеспечило постоянную времени 10 с. Текущую ЭЭГ и ССП регистрировали в двух отведениях (С3 и С4) по стандартной системе «10-20». Референтные электроды размещали над сосцевидной костью черепа.

Во второй серии экспериментов отведение и анализ ЭЭГ осуществлялся с использованием автоматизированного комплекса, состоящего из электроэнцефалографа «TREDEX Эксперт ТМ» (г. Харьков) и компьютера IBM PC. ЭЭГ регистрировали в 21 отведении по стандартной системе «10-20». Для исследования связи полушарной представленности ритмов ЭЭГ с психологическими характеристиками был рассчитан индекс межполушарной асимметрии по формуле  $(S-D/S+D)*100\%$ , где D – мощность определенного ритма в зоне коры правого полушария, S – то же, в левом полушарии. Для исследования связи десинхронизации ЭЭГ с изучаемыми психологическими характеристиками рассчитывали коэффициент десинхронизации по формуле  $(A/B)*100\%$ , где A – мощность ритмов ЭЭГ во время фоновой записи, B – мощность ритмов во время регистрации ЭЭГ при представлении тревожной ситуации.

Для регистрации ССП в данной серии экспериментов была разработана модификация Go/No-Go парадигмы (Пономарев и др., 2000). Участникам исследования предъявляли пары (30 пар) слуховых стимулов разной тональности (высокая-высокая, высокая-низкая, низкая-низкая, низкая-высокая) с интервалами по 2 с внутри пары и по 4 с между парами. Длительность низкого и высокого сигналов составляла 200 мс. Частота низкого тона составляла 400 Гц, высокого – 1000 Гц. Пары тонов предъявлялись в случайном порядке с одинаковой вероятностью (приближающейся к 50%) появления как низкого, так и высокого тона. Задача испытуемых заключалась в

том, чтобы нажать на кнопку правой рукой со временем реакции не более 380 мс в ответ на предъявление пары с высокими тонами или с низкими тонами. Всего значимых пар стимулов, требующих нажатия, было 13-17 из 30. Звуковые сигналы подавали бинаурально на двух уровнях громкости (45 и 90 дБ).

Данные электрофизиологического исследования и показатели психологического тестирования количественно обрабатывались с использованием стандартных методов вариационной статистики. Для расчета корреляций использовали коэффициент ранговой корреляции Спирмена. Для исследования различий связанных выборок использовали критерий Вилкоксона. Нормальность распределения оценивали с помощью критерия Колмогорова-Смирнова. Статистически значимыми при корреляционном анализе и статистических сравнениях считали показатели с  $p \leq 0,05$ . Расчет и графическое оформление данных проводилось с использованием программного пакета «STATISTICA 6.0».

## **Результаты исследования и их обсуждение**

### **Связь компонентов текущей ЭЭГ-активности центральных зон коры с уровнем тревожности**

В первой серии экспериментов испытуемые были разделены на две группы по критерию выраженности бета1 и бета2 – ритмов по отношению к альфа-ритму. Данный критерий деления был обоснован идеей о том, что именно эти ритмы наиболее тесно связаны с уровнем тревожности у человека (Жирмунская и др., 1982; Сороко и др., 1995; Стрелец и др., 1997; Porjesz et al., 2002). В группе с большей выраженностью бета-1 ритма ( $n=32$ ) выявлены достоверные связи между бета-1 ритмом в обоих полушариях при закрытых и открытых глазах с уровнем ситуационной и личностной тревожности (рис. 1). В другой группе ( $n=49$ ) выявлены достоверные связи между бета-2 ритмом правого полушария при закрытых и открытых глазах с уровнем ситуационной тревожности (рис. 1). Так как бета1-ритм рассматривают как маркер психологического напряжения, (Жирмунская и др., 1982), а также объема краткосрочной памяти, (Golding, Richards, 1985), то можно предположить усиление мнестической деятельности у испытуемых с повышенной тревожностью. Повышение мощности бета2-ритма связывают с физиологическим стрессом, развитием различных вегетативных сдвигов (Alcarrasco et al., 2000; Porjesz et al., 2002).

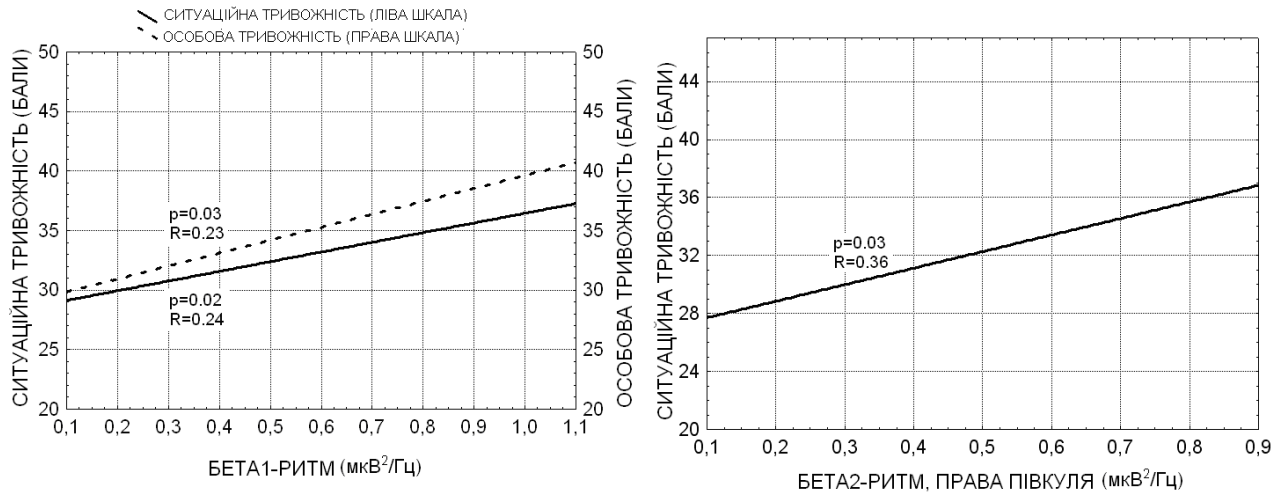


Рис. 1 Корреляционное поле зависимости бета-1 и бета2-ритмов ЭЭГ с оценками по тесту Спилбергера – Ханина. По оси абсцисс – нормированная мощность ( $\text{мкВ}^2/\text{Гц}$ ), по осям ординат – балльные оценки по шкалам ситуативной и личностной тревожности (в баллах)

Параллельно с регистрацией ЭЭГ при закрытых глазах рассчитывали индекс напряжения по Баевскому. Обнаружена положительная связь величины данного индекса с уровнем ситуативной ( $r=0.63$ ,  $p=0.007$ ) и личностной ( $r=0.56$ ,  $p=0.019$ ) тревожности. Подобная связь позволяет говорить о повышенном тоне симпато-адреналовой системы у высокотревожных испытуемых.

### **Связи мощности частотных компонентов фоновой ЭЭГ с индивидуально – психологическими характеристиками личности при многоканальном отведении**

Регистрация ЭЭГ при закрытых глазах у испытуемых выявила значимые отрицательные связи показателя «ситуационная тревожность» опросника Спилбергера – Ханина с нормированной мощностью дельта-ритма в лобной коре правого полушария (отведение  $F_4$ ,  $r=-0,36$ ,  $p<0,05$ ) и центральных зонах коры (отведения  $C_4$ ,  $r=-0,38$ ,  $p<0,05$ ;  $C_z$ ,  $r=-0,58$ ,  $p<0,001$ ). Показатель по шкале «личностная тревожность» также отрицательно коррелировал с дельта-ритмом в центральной зоне коры правого полушария (отведении  $C_4$ ,  $r=-0,35$ ,  $p<0,05$ ). Выявлены отрицательные связи мощности тета-ритма в центральных зонах коры обоих полушарий (отведения  $C_3$ ,  $r=-0,36$ ,  $p<0,05$ ;  $C_4$ ,  $r=-0,45$ ,  $p<0,01$ ) с показателями по шкале «ситуативная тревожность». Обнаружены отрицательные связи мощности альфа-ритма в центральной зоне правого полушария (отведении  $C_4$ ,  $r=-0,44$ ,  $p<0,01$ ) с показателями по шкале «ситуационная тревожность». Отмечены негативные связи мощности бета1-ритма в центральной зоне правого полушария (отведении  $C_4$ ,  $r=-0,4$ ,  $p<0,05$ ) с показателями «ситуативная тревожность». Также выявлены отрицательные



связи мощности бета2 – ритма в центральной области коры правого полушария (отведении С<sub>4</sub>,  $r=-0,34$ ,  $p<0,05$ ) с показателями по шкале «ситуационная тревожность».

Показатель тревожности, определяемый опросником Кэттелла, и комплекс характеристик, положительно связанных с ним («фрустрация», «напряженность», рис. 2) статистически значимо негативно коррелировали с мощностью дельта- тета- и альфа-ритмов височных и теменных зон коры левого полушария ( $r$  от  $-0,34$  до  $-0,40$ ).

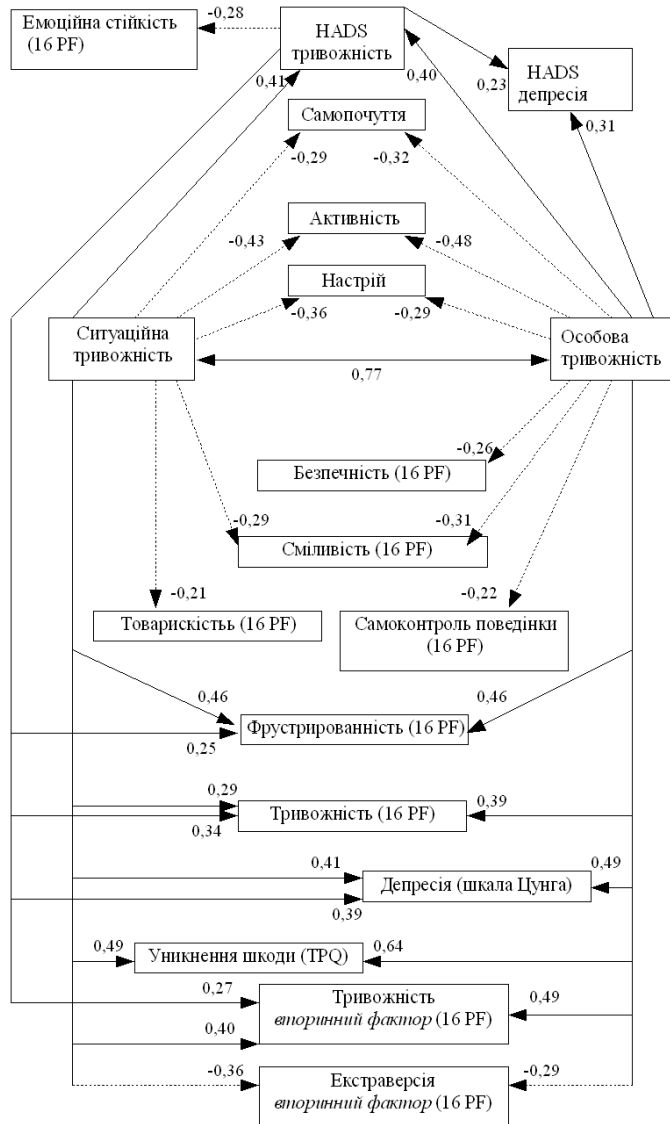


Рис. 2 Особенности корреляционных связей характеристик личности со шкалами опросника Спилбергера – Ханина у 142 испытуемых. Прямыми линиями показаны положительные корреляционные связи, пунктирными – обратные. На рисунке представлены шкалы опросников, цифрами показаны коэффициенты корреляции по критерию Спирмена.

Примечание: 16 PF – 16-ти факторный личностный опросник Кеттелла, TPQ – тест Клонингера, HADS – госпитальная шкала тревоги и депрессии.

С мощностью бета-ритмов центральных и височных зон правого полушария эти показатели связаны позитивно ( $r$  от  $0,32$  до  $0,43$ ). Анализ связей мощностей ритмов ЭЭГ с комплексом личностных характеристик, отрицательно связанных с уровнем тревожности («общительность», «высокий

самоконтроль поведения», «эмоциональная устойчивость»), выявил, что показатели по этим шкалам негативно коррелируют с мощностью альфа-ритма и бета-ритмов в лобных, центральных и теменных областях коры обоих полушарий. Теснота указанных связей усиливается в передне-заднем направлении ( $r$  от  $-0,34$  до  $-0,48$ ).

Корреляционные связи между исследуемыми психологическими характеристиками и характеристиками межполушарной асимметрии были следующими. Так, уровень депрессии по тесту Цунга положительно связан с преобладанием дельта- и тета-ритмов в левом полушарии (отведения  $T_3-T_4$ ); Данный показатель положительно коррелирует также с левосторонним преобладанием альфа-ритма в лобных отделах (отведения  $F_3-F_4$ ). Показатели депрессии по тесту HADS, ситуативной и личностной тревожности достоверно связаны с левосторонним преобладанием бета-ритмов в центральных зонах коры (отведения  $C_3-C_4$ ). Показатели по шкале «избегание вреда» опросника Клонингера позитивно связаны с правосторонним преобладанием бета-ритмов в центральных зонах коры.

Показатели опросника Кеттела, позитивно связанные с тревожностью, отражаются в усилении альфа- и бета-ритмов в височных и теменных областях коры левого полушария. Показатели, отрицательно связанные с тревожностью, отражаются в правополушарном преобладании альфа- и бета-ритмов в лобных, височных и теменных областях.

### **Связи мощности частотных компонентов ЭЭГ, зарегистрированной при функциональной пробе открывания глаз, с характеристиками личности**

Характеристики личности, отражающие тревожность (шкалы опросников Спилбергера-Ханина и теста HADS), отрицательно коррелировали с мощностью низкочастотных (дельта- и тета-) ритмов ЭЭГ, зарегистрированной при открытых глазах испытуемых, в лобных и височных областях левого полушария ( $r$  от  $-0,37$  до  $-0,42$ ). Показатели депрессии по шкале Цунга отрицательно связаны с мощностью всех исследуемых ритмов в лобных и височных областях коры левого полушария.

Такая черта личности, как «тревожность» (опросник Кеттела), отрицательно связана с мощностью низкочастотных (дельта- и тета-) ритмов в лобных и височных областях коры ( $r$  от  $-0,36$  до  $-0,44$ ). Также выявлены отрицательные корреляции мощности альфа-ритма в височных областях ( $r$  от  $-0,35$  до  $-0,39$ ) с показателями по данной шкале. Большинство отрицательно связанных с тревожностью личностных характеристик имеют положительные связи с мощностью дельта-ритма практически по всей поверхности коры ( $r$  от  $0,35$  до  $0,48$ ). Связи той же направленности обнаружены для указанных

характеристик личности с мощностью тета-ритма в лобных и центральных областях коры ( $r$  от 0,37 до 0,50).

Мощность альфа-ритма была значимо и положительно связана с показателями по шкале «эмоциональная устойчивость» опросника Кеттелла (табл. 1). В то же время, остальные характеристики личности, отрицательно связанные с тревожностью, имели слабые, статистически незначимые отрицательные корреляции с мощностью указанного ритма. Исходя из этих данных, можно предположить, что даже сходные черты личности обусловлены особыми нейрофизиологическими предпосылками.

Таблица 1

Связи мощности альфа-ритма ЭЭГ при открытых глазах со шкалами теста Кеттелла, отрицательно связанными с тревожностью

	A	C	F	H	Q3	Fэ
Fp <sub>1</sub>	-0,18	0,48**	-0,05	0,03	-0,15	-0,18
Fp <sub>2</sub>	-0,13	0,46**	-0,13	0,05	-0,12	-0,17
F <sub>3</sub>	-0,25	0,37*	-0,06	0,19	-0,11	-0,03
F <sub>4</sub>	-0,17	0,40*	-0,13	0,03	-0,03	-0,19
F <sub>7</sub>	-0,32	0,51**	-0,06	0,04	-0,08	-0,19
F <sub>8</sub>	-0,24	0,42*	0,03	0,22	-0,14	-0,06
T <sub>3</sub>	-0,10	0,44**	-0,02	0,15	-0,11	-0,01
T <sub>4</sub>	0,03	0,35*	0,13	0,14	-0,12	0,09
C <sub>3</sub>	0,00	0,40*	-0,08	0,28	-0,11	0,11
C <sub>4</sub>	-0,02	0,47**	0,04	0,12	-0,06	0,04
T <sub>5</sub>	-0,07	0,34*	-0,07	-0,07	0,04	-0,16
T <sub>6</sub>	0,01	0,20	-0,01	0,18	-0,07	0,04
P <sub>3</sub>	-0,15	0,42**	-0,05	0,06	0,08	-0,13
P <sub>4</sub>	-0,24	0,39*	-0,10	0,19	-0,14	-0,13
O <sub>1</sub>	0,05	0,45**	-0,18	0,02	0,07	-0,14
O <sub>2</sub>	-0,09	0,24	-0,26	0,11	-0,20	-0,12
Fp <sub>z'</sub>	0,00	0,30	-0,25	0,25	0,06	-0,11
F <sub>z'</sub>	-0,07	0,53**	-0,33	-0,06	0,21	-0,17
C <sub>z'</sub>	0,08	0,47**	-0,06	0,10	0,05	0,09
P <sub>z'</sub>	-0,07	0,49**	-0,06	0,13	0,04	0,01
O <sub>z'</sub>	-0,05	0,49**	-0,24	-0,16	-0,02	-0,29

Примечания: А – шкала «общительность», С – «эмоциональная устойчивость», F – «беспечность», Q3 – «самоконтроль», Fэ – «экстраверсия».

\* –  $p < 0,05$ , \*\* –  $p < 0,01$ , \*\*\* –  $p < 0,001$ . Корреляционные связи достоверны по критерию Спирмена.

Выявлены также положительные корреляции показателя «эмоциональная устойчивость» с мощностью бета1- и бета2-ритмов, практически по всей поверхности коры. Особенно тесными эти связи были для лобных областей коры ( $r$  от 0,37 до 0,44). Однако прочие черты личности, отрицательно связанные с тревожностью, негативно коррелируют с мощностью бета2-ритма в латеральной области лобной зоны коры левого полушария.

Для характеристик самочувствия, активности и настроения опросника САН выявлены положительные связи с мощностью низкочастотных ритмов ЭЭГ в лобных областях правого полушария ( $r$  от 0,37 до 0,42).

### **Связь мощности частотных компонентов ЭЭГ во время представления тревожной ситуации с исследуемыми индивидуально-психологическими характеристиками личности**

При представлении испытуемым субъективно тревожащей ситуации происходили статистически достоверные изменения в рисунке текущей ЭЭГ по сравнению с фоновой записью. Так, в диапазоне дельта-ритма наблюдалось усиление его нормированной мощности в латеральной лобной области коры левого полушария (отведение  $F_7$ ) с 0,89 мкВ<sup>2</sup>/Гц до 1,46 мкВ<sup>2</sup>/Гц, в передне-височных областях коры правого полушария (отведение  $T_4$ ) с 1,089 мкВ<sup>2</sup>/Гц до 1,59 мкВ<sup>2</sup>/Гц, а также в париетальных областях коры левого полушария (отведение  $P_3$ ) – с 1,39 мкВ<sup>2</sup>/Гц до 2,17 мкВ<sup>2</sup>/Гц ( $p < 0,05$ ). Кроме того, было отмечено снижение нормированной мощности альфа-ритма в медиальной лобной области коры левого полушария (отведение  $F_3$ ) с 2,25 мкВ<sup>2</sup>/Гц до 1,96 мкВ<sup>2</sup>/Гц, в латеральной лобной области коры левого полушария (отведение  $F_7$ ) с 1,98 мкВ<sup>2</sup>/Гц до 1,72 мкВ<sup>2</sup>/Гц, и в задне-височных областях коры левого полушария (отведение  $T_5$ ) – с 2,93 мкВ<sup>2</sup>/Гц до 2,53 мкВ<sup>2</sup>/Гц ( $p < 0,05$ ).

Анализ связей исследуемых психологических характеристик с коэффициентом десинхронизации ЭЭГ при воображаемом состоянии тревожности со значениями фоновой ЭЭГ показал следующее. Так, черты личности, связанные с тревожностью, коррелируют со снижением нормированной мощности дельта- и тета-ритмов в латеральных лобных, центральных и теменных зонах левого полушария. В свою очередь, черты личности, обратно связанные с тревожностью, коррелируют с процессами снижения мощности бета-ритмов в центральных и париетальных зонах обеих полушарий.

При представлении испытуемыми тревожной ситуации выявляются отрицательные корреляции между мощностью всех исследованных ритмов ЭЭГ и показателями тревожности. Наиболее значимыми были указанные корреляции для мощности дельта- и тета-ритмов, зарегистрированных в лобных и центральных областях коры ( $r$  от -0,33 до -0,62). Для альфа- и бета-

ритмов эти корреляции были наиболее значимы при отведении в центральных и височных областях коры ( $r$  от  $-0,36$  до  $-0,45$ ).

В указанной ситуации также выявлены положительные связи черт личности, отрицательно связанных с тревожностью («общительность», «беспечность», «экстраверсия») с нормированной мощностью всех исследованных ритмов ЭЭГ. Наиболее тесными были связи между указанными показателями в лобных, центральных и височных областях обоих полушарий ( $r$  от  $0,33$  до  $0,46$ ). Наибольших величин достигали коэффициенты корреляции с бета1- и бета2-ритмами.

С исследуемыми психологическими характеристиками также были связаны особенности межполушарной асимметрии. Так, показатели депрессии по шкале Цунга положительно связаны с левополушарным доминированием дельта-ритма ( $r=0,52$ ,  $p<0.01$ ) и тета-ритма ( $r=0,46$ ,  $p<0.01$ ) в передне-височных зонах коры (отведения  $T_3-T_4$ ). Показатели по шкале «эмоциональная устойчивость» опросника Кеттелла связаны с правополушарным преобладанием дельта- ( $r=0,55$ ,  $p<0.01$ ) и тета-ритмов ( $r=0,5$ ,  $p<0.01$ ) в задне-височных зонах коры (отведения  $T_5-T_6$ ), а также с правополушарным доминированием дельта- ( $r=0,6$ ,  $p<0.001$ ) и тета-ритмов ( $r=0,62$ ,  $p<0.001$ ) в париетальных зонах коры (отведения  $P_3-P_4$ ).

Таким образом, во всех примененных нами условиях регистрации ЭЭГ, тревожность и черты личности, связанные с ней, отражаются в снижении мощности всех ритмов ЭЭГ преимущественно в лобных центральных и височных областях коры левого полушария. В то же время, черты личности, отрицательно связанные с тревожностью, положительно коррелируют с мощностями исследованных ритмов преимущественно в лобных, височных и теменных областях коры правого полушария.

### **Связь компонентов вызванных и связанных с событием ЭЭГ-потенциалов центральных отведений с характеристиками личности**

При регистрации ВП (в ответ на предупредительный стимул) и ССП в экспериментальной парадигме на определение скорости сенсомоторной реакции с предупреждением выявлены следующие корреляции параметров данных ЭЭГ-потенциалов и психологических характеристик (табл. 2). В этой экспериментальной ситуации также показана положительная связь ( $r=0.23$ ,  $p=0.03$ ) скорости аудиомоторной реакции с показателями по шкале «личностная тревожность».

Таблица 2

Связь характеристик вызванных и связанных с событием ЭЭГ-потенциалов с показателями уровня тревожности теста HADS и опросника Спилбергера – Ханина

Показатели ЭЭГ-потенциалов	r	p
Латентный период потенциала P300 правого полушария в ответ на предъявление сигнала о неуспешности действия – показатели по шкале «личностная тревожность»	-0,27	0,02
Латентный период потенциала P300 правого полушария в ответ на предъявление сигнала о неуспешности действия – показатели по шкале «тревожность» теста HADS	0,33	0,03
Латентный период компонента N2 левого полушария – показатели по шкале «тревожность» теста HADS	0,27	0,05
Латентный период компонента N2 правого полушария – показатели по шкале «тревожность» теста HADS	0,28	0,05

Примечание: Корреляционные связи достоверны по критерию ранговой корреляции Спирмена

Таким образом, для более тревожных испытуемых в данной экспериментальной ситуации характерно более раннее начало обработки информации, но сам процесс обработки занимает больше времени.

При анализе показателей ВП (в ответ на предупредительный стимул) и ССП в парадигме Go/No-Go были выявлены следующие взаимосвязи. Для показателей, отражающих тревожность, выявлены положительные корреляционные связи показателей по шкале «ситуационная тревожность» опросника Спилбегера-Ханина с амплитудой компонента N1 правого полушария ( $r= 0,41$ ,  $p=0,01$ ), а также латентным периодом компонента P1 правого полушария ( $r= 0,46$ ,  $p=0,003$ ) и латентным периодом компонента N1 левого полушария ( $r= 0,33$ ,  $p=0,041$ ). С показателями по шкале «личностная тревожность» показаны положительные корреляционные связи указанной шкалы с латентным периодом компонента P1 правого полушария ( $r= 0,38$ ,  $p=0,018$ ), а также с латентными периодами компонента N1 левого ( $r= 0,32$ ,  $p=0,04$ ) и правого ( $r= 0,4$ ,  $p=0,014$ ) полушарий. Показатели тревожности теста HADS положительно ( $r= 0,38$ ,  $p=0,04$ ) связаны с латентным периодом компонента N1 левого полушария; с латентным периодом этого компонента ВП также положительно связаны ( $r= 0,42$ ,  $p=0,03$ ) показатели по шкале «депрессия» опросника HADS. Показатели шкалы «депрессия» шкалы Цунга положительно связаны с амплитудой компонента P2 ( $r= 0,4$ ,  $p=0,04$ ) и компонента P3 ( $r= 0,46$ ,  $p=0,017$ ) левого полушария.

Для шкал опросника Кеттелла, положительно связанных с тревожностью,

имеются позитивные корреляции амплитуды компонента P1 ( $r= 0,41$ ,  $p=0,011$ ) и компонента P3 ( $r= 0,33$ ,  $p=0,041$ ) левого полушария с показателями по шкале «тревожность». Также показаны положительные корреляционные связи показателей по шкале «напряженность» с амплитудой компонента N1 левого полушария ( $r= 0,38$ ,  $p=0,018$ ) и латентным периодом компонента P1 правого полушария ( $r= 0,4$ ,  $p=0,013$ ).

Для шкал опросника Кеттелла, отрицательно связанными с тревожностью, показано, что латентный компонент потенциала N1 правого полушария отрицательно связан ( $r= -0,34$ ,  $p=0,037$ ) с показателями по шкале «общительность» и шкале «беспечность» ( $r= -0,37$ ,  $p=0,025$ ), и положительно – ( $r= 0,39$ ,  $p=0,015$ ) – с показателями по шкале «эмоциональная устойчивость»; также этот показатель отрицательно ( $r= -0,33$ ,  $p=0,043$ ) коррелировал с амплитудой начального компонента УНВ левого полушария.

Показатели по шкале «самочувствие» теста САН положительно связаны с амплитудой компонента P2 левого ( $r= 0,42$ ,  $p=0,02$ ) и правого ( $r= 0,49$ ,  $p=0,012$ ) полушарий, а также амплитудой компонента N2 левого полушария ( $r= 0,37$ ,  $p=0,039$ ). Также скорость аудиомоторной реакции отрицательно ( $r= -0,38$ ,  $p=0,034$ ) связана с показателями по рассматриваемой шкале. Показатели по шкале «активность» теста САН положительно связаны с амплитудой компонента N2 левого ( $r= 0,47$ ,  $p=0,008$ ) и правого ( $r= 0,4$ ,  $p=0,025$ ) полушарий, и отрицательно – со скоростью аудиомоторной реакции ( $r= -0,37$ ,  $p=0,038$ ). Показатели по шкале «настроение» положительно связаны с амплитудой компонента P2 левого ( $r= 0,45$ ,  $p=0,012$ ) и правого ( $r= 0,48$ ,  $p=0,006$ ) полушарий и отрицательно – со скоростью реализации аудиомоторной реакции ( $r= -0,4$ ,  $p=0,027$ ).

Анализируя ВП при подаче стимулов различной интенсивности рассчитывали процент изменений амплитуд и латентностей компонентов вызванных ЭЭГ-потенциалов. Так, при усилении громкости тоновых посылок наблюдается увеличение амплитуды компонента P1 левого полушария на 108,5% ( $p<0,01$ , различия достоверны по критерию Вилкоксона), амплитуды компонента P2 левого полушария – на 41% ( $p<0,05$ ), правого полушария – на 29,17% ( $p<0,015$ ). Также наблюдается снижение латентного периода компонента P2 на 2% ( $p<0,05$ ). Кроме того, отмечено увеличение амплитуды комплекса компонентов N1-P2 в левом полушарии на 14%, в правом полушарии – на 12,42% при уровне статистической значимости различий  $p<0,05$ ; указанные различия также достоверны по критерию Вилкоксона.

Выявлены взаимосвязи изменений характеристик ВП при увеличении громкости звукового сигнала с психологическими характеристиками. Так, было показано, что процент увеличения амплитуды комплекса компонентов N1-P2 (вертекс-потенциал) при усилении громкости сигнала отрицательно связан ( $r=-$

0,81) со шкалой «высокая самооценка» 16-ти факторного опросника Кеттелла. Кроме того, обнаружены положительные связи прироста амплитуд указанных компонентов ВП со шкалами «робость» ( $r=0,73$ ), «утомляемость и астения» ( $r=0,68$ ), «избегание вреда» ( $r=0,73$ ), и отрицательная связь – со шкалой «находчивость» ( $r=-0,80$ ) опросника Клонингера (табл. 3).

Таблица 3

Связь изменений параметров комплекса N1-P2 при действии тоновых посылок различной интенсивности с характеристиками личности у 35 испытуемых

Параметры	p, R
Процент изменений амплитуды компонента N1-P2 - оценки по шкале «высокая самооценка» 16-ти факторного опросника Кеттелла	0,001 -0,81
Процент изменений амплитуды компонента N1-P2 - оценки по шкале «робость» опросника Клонингера	0,004 0,73
Процент изменений амплитуды компонента N1-P2 - оценки по шкале «утомляемость» опросника Клонингера	0,008 0,68
Процент изменений амплитуды компонента N1-P2 - оценки по шкале «избегание вреда» опросника Клонингера	0,007 0,73
Процент изменений амплитуды компонента N1-P2 - оценки по шкале «находчивость» опросника Клонингера	0,001 -0,8

Примечание: Обозначения как в таблице 2

Таким образом, данные, полученные в этой экспериментальной ситуации, свидетельствуют о более быстром восприятии стимулов у более тревожных испытуемых, однако менее тревожные испытуемые быстрее опознают, дифференцируют стимулы и принимают адекватное решение. Увеличение амплитуды вертекс-поненциала (N1-P2) при усилении громкости слухового стимула сильнее выражено у более тревожных людей.

## ВЫВОДЫ

1. В работе показано, что состояние тревожности, характеризуемое комплексом различных личностных характеристик, отражается в паттернах ЭЭГ, а также в характеристиках вызванных и связанных с событием потенциалов.

Анализ текущей ЭЭГ, зарегистрированной при закрытых глазах, показал, что с уровнем ситуационной и личностной тревожности положительно связана мощность бета-1 ритма в центральных локусах обоих полушарий, с уровнем ситуационной тревожности – мощность бета-2 ритма правого полушария. Показатели опросника Кеттела, позитивно связанные с тревожностью,



отражаются в усилении альфа- и бета-ритмов в височных и теменных областях коры левого полушария. Показатели, отрицательно связаны с тревожностью, отражаются в правополушарном преобладании альфа- и бета1-ритмов в лобных, височных и теменных областях.

2. Регистрация текущей ЭЭГ при открытых глазах показала, что черты личности, характеризующие повышенную тревожность, отражаются в снижении амплитуды всех исследованных ритмов ЭЭГ в лобных и височных зонах коры. Показатели черт личности, отрицательно связанные с тревожностью, позитивно коррелируют с мощностью всех частотных составляющих ЭЭГ практически по всей поверхности коры.
3. При представлении испытуемыми тревожной ситуации происходит увеличение мощности дельта-ритма и снижение мощности альфа-ритма ЭЭГ в лобных и височных областях коры преимущественно левого полушария. Анализ связей исследуемых психологических характеристик с коэффициентом десинхронизации ЭЭГ со значениями фоновой ЭЭГ показал, что черты личности, связанные с тревожностью, коррелируют со снижением нормированной мощности дельта- и тета-ритмов в латеральных лобных, центральных и теменных зонах левого полушария. В свою очередь, черты личности, обратно связанные с тревожностью, коррелируют с процессами снижения мощности бета-ритмов в центральных и парietальных зонах обеих полушарий.
4. При представлении испытуемыми тревожной ситуации выявляются отрицательные корреляции между мощностью всех исследованных ритмов ЭЭГ и показателями тревожности. Наиболее значимыми были указанные корреляции для мощности дельта- и тета-ритмов, зарегистрированных в лобных и центральных областях коры ( $r$  от  $-0,33$  до  $-0,62$ ). Для альфа- и бета-ритмов эти корреляции были наиболее значимы при отведении в центральных и височных областях коры ( $r$  от  $-0,36$  до  $-0,45$ ).
5. Положительная связь между временем простой аудиомоторной реакции и показателями по шкале «личностная тревожность» говорит о более длительном процессе обработки информации испытуемыми с более высоким уровнем тревожности. Наличие отрицательной корреляции между величиной латентного периода потенциала P300 в центральных зонах правого полушария в ответ на предъявление сигнала о неуспешности действия и показателями личностной тревожности, а также значениями по шкале «тревожность» теста HADS говорит о более выраженной реакции тревожных испытуемых на данные сигналы. Выявлена отрицательная корреляция между латентным периодом компонента N2 в правом и левом полушариях центральных зон коры и показателями по шкале тревожности опросника HADS.

6. Связь характеристик ВП и ССП, зарегистрированных в экспериментальной парадигме Go/No-Go, свидетельствуют о более быстром восприятии стимулов у тревожных испытуемых, однако менее тревожные испытуемые быстрее опознают, дифференцируют стимулы и принимают адекватное решение. Увеличение амплитуды вертекс-поненциала (N1-P2) при усилении громкости слухового стимула сильнее выражено у более тревожных людей.
7. Полученные данные могут быть использованы для объективной оценки уровня тревожности у человека, а также при проведении сеансов с использованием обратной связи по ЭЭГ, направленных на снижение уровня тревожности.

### **СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ**

1. Павленко В.Б., Конарева И.Н., Шутова Е.С., Черный С.В. Использование электроэнцефалографической биообратной связи для коррекции психофизиологического статуса человека // Таврический медико-биологический вестник. – 2001. – №4 (4). – С.68-71 (личный вклад соискателя состоит в проведении экспериментов).
2. Черный С.В., Чуян Е.Н., Пономарева В.П., Павленко В.Б. Оценка эффектов электромагнитного излучения крайне высокой частоты с помощью регистрации биопотенциалов головного мозга человека // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского, серия «Биология», Т. 16 (55), 2003, №2, С. 208-214 (личный вклад соискателя состоит в проведении экспериментов, обработке материалов).
3. Черный С.В., Павленко В.Б. Тревожность, ее ЭЭГ-корреляты и возможные механизмы // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского, серия «Биология, химия», Т. 17 (56), 2004, №1, С. 89-98 (личный вклад соискателя состоит в обобщении литературных данных, обобщении выводов).
4. Черный С.В., Махин С.А.. Отражение тревожности в компонентах связанных с событием потенциалов // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского, серия «Биология, химия» - Т. 18 (57), 2005, №1, С. 154-161 (личный вклад соискателя состоит в проведении экспериментов, обобщении результатов и выводов).
5. Черный С.В., Махин С.А. ЭЭГ-корреляты уровня тревожности у человека // Нейронауки: теоретичні та клінічні аспекти – Т.1, №1, 2005 (додаток), с.133
6. Черный С.В., Махин С.А. Связь характеристик текущей ЭЭГ-активности с чертами личности, определенным с помощью 16-ти факторного опросника Кеттелла // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского, серия «Биология, химия» - Т. 18 (57), 2005, №2, С. 161-169 (личный вклад соискателя состоит в проведении экспериментов, обобщении результатов и выводов)
7. Черный С.В., Коваленко А.А. Отражение внутренних переживаний в характеристиках текущей ЭЭГ // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского, серия «Биология, химия» - Т. 18 (57), 2005, №4, С. 191-198 (личный вклад соискателя состоит в формулировании целей и задач исследования, обобщении результатов и выводов).

8. Черный С.В., Павленко В.Б., Калашник О.А., Махин С.А. Отражение некоторых особенностей личности в паттернах ЭЭГ-потенциалов: возможность коррекции с помощью ЭЭГ – обратной связи // Фізіологічний журнал, - Т. 52, №2, 2006, с. 66-67
9. Черный С.В., Коваленко А.А., Павленко В.Б. Особенности обработки эмоционально окрашенной информации у человека по данным вероятностной ЭЭГ – томографии // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского, серия «Биология, химия» – Т. 19 (58), №4. – 2006. – С. 201-207 (личный вклад соискателя состоит в обобщении результатов и выводов)
10. Павленко О.М., Черный С.В., Коваленко А.А., Махин С.А. ЭЭГ – исследования личностных особенностей и эмоциональных реакций // III Всеукраїнська наукова конференція „Психофізіологічні та вісцеральні функції в нормі та патології” (тези доповідей) – Київ, „Знання України”, 2006, с. 99

### АННОТАЦИЯ

**Черный С.В. «Нейро – и психофизиологический анализ состояния тревожности у человека». – Рукопись.**

**Диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 03.00.13 – физиология человека и животных. Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, 2007.**

Диссертация посвящена изучению связей электрической активности мозга с характеристиками тревожности у человека. Отличительной чертой исследования является подход, основанный на сопоставительном анализе ЭЭГ-потенциалов человека и различных психологических характеристик, отражающих состояние тревожности. В исследовании механизмов указанных психологических характеристик были использованы экспериментальные парадигмы, связанные с субъективной реакцией на внешние и внутренние раздражители, а также включающие самоинициируемые произвольные движения и обладающие рядом сходных черт: движения были ограничены некоторыми временными параметрами, а об успешности их выполнения информировали позитивные или негативные сигналы обратной связи. Обнаружены особенности связей электрической активности мозга с уровнем тревожности и особенностями черт личности, разнонаправленно связанными с тревожностью. Показано, что черты личности, характеризующие состояние тревожности, связаны со снижением мощности частотных компонентов ЭЭГ. Эти особенности связаны с деятельностью лобных, височных, теменных и центральных зон коры головного мозга и имеют наибольшее отражение в левом полушарии. Черты личности, отрицательно связанные с тревожностью, характеризуются, как правило, усилением мощности частотных компонентов ЭЭГ в лобных, височных и центральных областях коры правого полушария головного мозга. Характеристики вызванных и связанных с событием ЭЭГ-

потенциалов свидетельствуют об особенностях реакции тревожных испытуемых в зависимости от характера экспериментальной ситуации. Так, при регистрации указанных компонентов ЭЭГ-потенциалов в парадигме определения времени простой сенсомоторной реакции было выявлено, что реакция у них начинается раньше, однако анализ информации требует большего времени. При регистрации ЭЭГ-потенциалов в парадигме Go/No-Go было показано, что у испытуемых с высоким уровнем тревожности наблюдается отсроченный во времени анализ стимула, однако первичная реакция на стимул выражена сильнее. При подаче слуховых стимулов громкостью 45 и 90 дБ у более тревожных испытуемых происходит значительное увеличение амплитуды комплекса вызванных потенциалов N1-P2.

Ключевые слова: тревожность, черты личности, электроэнцефалограмма, вызванные потенциалы, связанные с событием потенциалы.

#### АНОТАЦІЯ

**Чорний С.В. «Нейро – та психофізіологічний аналіз стану тривожності у людини». – Рукопис.**

**Дисертація на здобуття вченого ступеня кандидата біологічних наук за фахом 03.00.13 – фізіологія людини і тварин. Таврійський національний університет ім. В.І. Вернадського, Сімферополь, 2007.**

Дисертація присвячена вивченню зв'язків електричної активності мозку з характеристиками тривожності в людини. Відмітною рисою дослідження є підхід, заснований на порівняльному аналізі ЕЕГ-потенціалів людини і різних психологічних характеристик, що відбивають стан тривожності. У дослідженні механізмів зазначених психологічних характеристик були використані експериментальні парадигми, зв'язані із суб'єктивною реакцією на зовнішні і внутрішні подразники, а також включають самоініціюване довільні рухи й об'єктивні поруч подібних черт: руху були обмежені деякими тимчасовими параметрами, а про успішність їхнього виконання інформували позитивні чи негативні сигнали зворотного зв'язку. Виявлено особливості зв'язків електричної активності мозку з рівнем тривожності й особливостями психологічних рис, зв'язаними з тривожністю. Показано, що риси особистості, що характеризують стан тривожності, зв'язані зі зниженням потужності частотних компонентів ЕЕГ. Ці особливості зв'язані з діяльністю лобових, скроневих, тім'яних і центральних зон кори головного мозку. Характеристики викликаних і зв'язаних з подією ЕЕГ-потенціалів свідчать про особливості реакції тривожних випробуваних: так, реакція в них починається раніш, однак аналіз інформації вимагає більшого часу.

Ключові слова: тривожність, риси особистості, електроенцефалограмма, викликані потенціали, зв'язані з подією потенціали.