

**На правах рукописи**

**Лапшина Татьяна Николаевна**

**ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА ЭМОЦИЙ ЧЕЛОВЕКА ПО  
ПОКАЗАТЕЛЯМ ЭЭГ**

Специальность 19.00.02 - Психофизиология  
(психологические науки)

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата психологических наук

Москва - 2007

Работа выполнена на кафедре психофизиологии факультета психологии  
Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова

Научный руководитель: доктор психологических наук профессор  
**Черноризов Александр Михайлович**

Официальные оппоненты: доктор психологических наук,  
**профессор Греченко Татьяна Николаевна;**  
кандидат психологических наук  
**Сысоева Ольга Владимировна**

Ведущая организация: Психологический институт  
**Российской академии образования**

Защита состоится «\_\_\_» марта 2007 года в \_\_\_\_ часов на заседании диссертационного  
совета Д 501.001.15 в МГУ им. М.В. Ломоносова по адресу: 125009, Москва, ул. Моховая,  
дом 11, корпус 5, аудитория 102.

С диссертацией можно ознакомиться в Научной библиотеке МГУ им М.В. Ломоносова.

Автореферат разослан «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2007 г.

Учёный секретарь диссертационного совета,  
кандидат психологических наук \_\_\_\_\_ Балашова Е.Ю.

## Общая характеристика работы

Диссертационное исследование посвящено поиску объективных психофизиологических показателей эмоциональных реакций, которые можно было бы использовать для диагностики эмоций человека.

### Актуальность темы исследования.

Эмоции, по определению Симонова П. В. (1981), представляют собой особый класс психических процессов и состояний, связанных с потребностями и мотивами, отражающих в форме непосредственных субъективных переживаний (удовлетворения, радости, страха и т. д.) значимость действующих на индивида явлений и ситуаций. В таком понимании эмоции сопровождают практически любые проявления жизненной активности человека, служат одним из главных механизмов внутренней регуляции психической деятельности и поведения, направленных на удовлетворение потребностей. Эмоции влияют на эффективность когнитивных процессов, физическое самочувствие и деятельность человека в целом. Поэтому изучение эмоций имеет большое практическое и научное значение.

Тем не менее, до сих пор изучение эмоций сталкивается с двумя основными методологическими проблемами. Первой из них является отсутствие объективных показателей эмоций, с помощью которых можно было бы точно утверждать, какую по знаку эмоцию переживает субъект: положительную или отрицательную. Второй проблемой является сложная системная организация эмоциональных процессов, требующая многостороннего анализа.

В психологии для индикации и диагностики эмоций используется анализ самоотчёта испытуемых, фиксация выразительных движений, изменения результативности деятельности. В психофизиологии для диагностики эмоций традиционно использовали показатели активности вегетативной нервной системы – такие как кожно-гальваническая реакция (КГР), электрокардиограмма (ЭКГ), плетизмограмма. Однако, периферические показатели имеют следующие недостатки (Cacioppo J. T., Gardner W. L., 1999; Damasio A.S., 1998; Аракелов Г. Г., Шотт Е., 1998):

1. показатели работы вегетативной нервной системы (ВНС) изменяются медленно, чем протекает эмоциональное реагирование;
2. они тесно связаны с функциональным состоянием и могут изменяться неспецифично по отношению к эмоциям;
3. они изменяются неспецифично в отношении стимулов и задач;
4. они подвержены влиянию большого количества факторов, в том числе метаболических. Поэтому в последнее время для изучения эмоций все больше исследователей обращаются к использованию электроэнцефалограммы (ЭЭГ), которая лишена перечисленных выше недостатков.

Применительно к динамично протекающим эмоциональным процессам ЭЭГ имеет преимущество даже перед такими современными методами, как функциональная магнитно-резонансная томография (фМРТ) и позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ), благодаря хорошему временному разрешению (Cacioppo, J. T., Gardner, W. L., 1999). В работах, посвященных изучению эмоций и выделению показателей переживаемых эмоций в ЭЭГ, используются два основных методических подхода:

1. Первый подход основан на анализе изменений компонентов вызванных потенциалов (ВП) при предъявлении стимулов (Herrmann M.J. et al., 2002, Костандов Э.А.,

Арзуманов Ю.Л., 1985; Русалова М.Н, 1987). В качестве стимуляции в подобных исследованиях обычно используют воздействия разных модальностей. Результаты проведенных исследований оказались неоднозначными и во многом определялись не фактором развития эмоциональной реакции, а условиями проведения экспериментов (Ильюченко И.Р., 1996).

2. Другим подходом к исследованию является анализ спектральных и когерентных характеристик ЭЭГ при выполнении испытуемыми различных заданий, связанных с эмоциональными переживаниями (Aftanas L.I., Pavlov S.V., 2005; Gemignani et al., 2000; Hinrichs H., Machleidt W., 1992).

Несмотря на достаточно большой объем накопленного фактического материала, касающегося изменений ЭЭГ человека при возникновении эмоций, полученные данные часто трудно интерпретировать, прежде всего из-за необходимости отличать эти изменения от сходных, возникающих при неэмоциональных нагрузках. Особенно задача не проста в случае предъявления достаточно сложных эмоциогенных заданий, включающих когнитивные компоненты, играющие подчас наиболее существенную роль.

Таким образом, необходимость работы продиктована, с одной стороны, несомненной практической значимостью выделения объективных индикаторов знака и интенсивности эмоций, а с другой – неопределённостью и противоречивостью полученных в этой области данных.

Как подчёркивалось многими авторами – как физиологами, так и общими психологами (Davidson, R.J., 2003; Ekman P., 1999; Лурия А.Р., 2002; Симонов П.В., 1981) - эмоциональные проявления носят сложный комплексный характер. Лацарус Р.С. (Lazarus R.S., 1991) отмечает, что эмоция – это сложный психический феномен, который включает, как минимум, три аспекта:

1. переживаемое или даже осознаваемое чувство (субъективная феноменология эмоций);
2. процессы, происходящие в эндокринной и вегетативной нервной системе организма (висцеральная феноменология эмоций), а также экспрессия эмоций, интонация, жесты, позы (поведенческая феноменология эмоций);
3. изменение работы центральной нервной системы, активности мозга (центральная феноменология эмоций).

Одна из основных проблем имеющихся исследований состоит в фокусировке исследователей исключительно на изучении центральной феноменологии эмоций, в отрыве её от субъективной психологической и висцеральной феноменологии. *Поиск объективных психофизиологических диагностических критериев предполагает анализ всех перечисленных выше аспектов эмоций, что невозможно без применения методов комплексной оценки субъективных и объективных показателей.* Согласно литературным данным, методы наблюдения и самоотчета недостаточно эффективны для оценки эмоционального состояния субъекта, так как подвержены влиянию многих дополнительных факторов. Методы регистрации вегетативных показателей позволяют получить объективную характеристику эмоционального состояния. Но эти показатели не дают возможности оценить знак эмоции. Данные же, касающиеся проявления знака и интенсивности эмоций в ЭЭГ человека, противоречивы, но, тем не менее, свободны от социальных установок (в отличие от сугубо психологических методов).

Особенностью подхода, предлагаемого в диссертационной работе для выделения наиболее надежных показателей знака эмоциональной реакции, является комплексное изучение показателей эмоций на трех уровнях:

- субъективном – для этого используются психофизические методы;
- на уровне вегетативных реакций – для этого исследуются реакции вегетативной нервной системы (по показателям электрокардиограммы, изменению сопротивления кожи и плетизмограмме);
- на уровне деятельности центральной нервной системы – для этого используется электроэнцефалограмма.

Таким образом, в данной работе впервые реализуется комплексный психофизиологический подход к изучению эмоций.

Предметом исследования стали проявления эмоциональных реакций в электроэнцефалограмме (ЭЭГ) человека в их связи с субъективными и вегетативными показателями эмоций.

#### Цели исследования.

Основными целями исследования были:

1. поиск и изучение надежных электроэнцефалографических показателей в ответ на стимуляцию визуальными изображениями различной по знаку эмоциональной окраски,
2. изучение связи этих показателей с субъективным переживанием эмоции и показателями работы вегетативной нервной системы.

#### Гипотеза исследования.

Объективным показателем знака эмоциональной реакции человека может служить совокупный показатель, включающий характеристики вызванных потенциалов в сочетании со спектральными характеристиками ЭЭГ.

В связи с нашей гипотезой, в ВП для исследования наиболее интересен компонент N170. Ряд авторов предполагает связь ранних негативных компонентов ВП (Campanella S. et al., 2004, Соколов Е.Н., 2003) именно с эмоциональным реагированием на стимуляцию, в то время как более ранние компоненты связывают с работой сенсорных систем, а поздние – с решением когнитивных задач. Поздние компоненты, такие как P300, не столько отражают эмоциональную реакцию, сколько участвуют в различении переживаемых или воспринимаемых эмоций (Campanella S. et al., 2000).

Среди всех ритмов ЭЭГ наиболее вероятно отражение знака эмоционального реагирования в альфа-, бета- и тета-ритме. Согласно данным, касающимся участия гиппокампального тета-ритма в формировании условной реакции страха (Бодунов М.В., 1984), можно ожидать наличие изменений в тета-ритме. Пейпом с соавторами (Pape H.C. et al., 2005) показано также, что клетки миндалины млекопитающих способны к спайковой активности в тета-диапазоне (4-7 ГЦ). Изменения в альфа- и бета-ритме были показаны в наших ранних работах (Лапшина Т.Н., 2003; Лапшина Т.Н., 2004), а также во многих работах отечественных и зарубежных ученых (Aftanas L.I., Pavlov S.V., 2005; Gemignani et al., 2000; Hinrichs H., Machleidt W., 1992 и др.).

#### Методологическая основа исследования.

Диссертационное исследование базируется на комплексном психофизиологическом подходе к исследованию эмоций, вытекающем из работ Лазаруса Р.С. (1991), Лурия АюА. (2002), Симонова П.В. (1981), Дэвидсона Р.Дж. (2003).

Кроме того, привлекая данные о нейроанатомической организации эмоций, сопоставляя их с электроэнцефалограммой, а также результатами дипольного моделирования, мы реализуем традиционный для кафедры психофизиологии факультета психологии МГУ им. М.В. Ломоносова подход, предложенный Е.Н. Соколовым: «Человек-Нейрон-Модель».

#### Методы исследования.

Для анализа эмоциональных реакций на субъективном уровне использовались психофизические методики прямых оценок и парных сравнений.

Для изучения висцеральных проявлений эмоций использовались физиологические методы регистрации показателей работы периферической нервной системы: кожно-гальванической реакции (КГР), электрокардиограммы (ЭКГ), фотоплетизмограммы (ФПГ).

Для изучения проявлений эмоций в центральной нервной системе (ЦНС) использовались регистрация электроэнцефалограммы (ЭЭГ) и вызванных потенциалов (ВП), анализ спектра мощности ЭЭГ.

Для изучения индивидуальных особенностей испытуемых использовалась методика реактивной и личностной тревожности Спилбергера в адаптации Ханина (см. Ханин Ю.Л., 1983).

Для математической обработки данных использовались метод кластерного анализа в статистическом пакете Statistica 6.0, многомерное математическое шкалирование (ММШ) в пакете SPSS 9.0, критерии Хи-квадрат Фридмана и критерий Манна-Уитни (статистический пакет SPSS 9.0).

#### Научная новизна.

1. В диссертационном исследовании впервые реализован комплексный психофизиологический подход к изучению эмоциональных реакций. Попытки реализовать подобный подход к изучению восприятия эмоциональных выражений лиц ранее предпринималась сотрудниками кафедры психофизиологии факультета психологии МГУ им. М.В. Ломоносова (Е.Н. Соколов, 2003). Однако, в этих работах не анализировались показатели работы ВНС. Кроме того, процесс переживания собственных эмоций и восприятия чужих эмоций, видимо, являются различными, хоть и взаимосвязанными процессами.

2. С помощью предложенного подхода выделен комплекс показателей, на которые можно опираться при определении знака переживаемой субъектом эмоции.

#### Теоретическая значимость.

В диссертационной работе проведен анализ экспериментальных и теоретических подходов к поиску и выявлению объективных показателей эмоциональных реакций. Выделены основные преимущества и недостатки этих подходов и полученных в их рамках результатов.

#### Практическая значимость.

Данная работа является первым шагом к созданию системы экспресс-диагностики эмоциональных реакций. Результаты исследования могут найти практическое применение при диагностике стрессовой напряженности, диагностике и психокоррекции эмоциональных расстройств, объективной оценке рекламной продукции, в системах "детекции лжи", и т.д.

#### Положения, выносимые на защиту:

1. Для диагностики эмоциональных реакций может быть использован комплекс

показателей ЭЭГ и активности вегетативной нервной системы.

2. Надежным диагностическим признаком знака переживаемой эмоции для здорового взрослого человека вне зависимости от пола является амплитуда компонента N170 в сочетании с мощностью альфа-ритма в лобных и височных отведениях.

3. При положительных эмоциях у мужчин происходит усиление бета- и депрессия тета-ритма, при отрицательных эмоциях - ослаблении бета- в сочетании с усилением тета-ритма. У женщин подобная тенденция не наблюдается.

#### Апробация результатов работы.

Работа апробирована на заседании кафедры психофизиологии факультета психологии МГУ им. М.В. Ломоносова 27 июня 2006 года. Результаты на разных этапах исследования были представлены на научных конференциях, в том числе на X международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых "Ломоносов" (секция психология) и на 13 международном конгрессе по психофизиологии «Olympics of the brain» в Стамбуле. Основное содержание работы представлено в 7 авторских публикациях.

#### Структура и объем диссертации:

Диссертационная работа состоит из введения, восьми глав и иллюстрированного приложения. Общий объем работы без приложений составляет 133 страницы. Библиография насчитывает 165 наименований, в том числе 107 на иностранных языках.

### **Основное содержание работы**

#### Раздел 1. Введение.

В первом разделе диссертационной работы формулируются проблемы и актуальность исследования, формулируются цель и задачи исследования, рассматриваются методологические основания исследования, научная новизна и теоретическая значимость работы.

#### Раздел 2. Многообразие эмоциональных явлений и классификация эмоций.

Данный раздел используется автором для конкретизации предмета исследования, который определяется как проявления эмоционального реагирования в ЭЭГ в зависимости от знака эмоций.

#### Раздел 3. Нейроанатомия эмоций.

Включение в работу третьего раздела диктуется основной парадигмой исследований, разрабатываемой кафедрой психофизиологии факультета психологии МГУ им. М.В. Ломоносова - «Человек-Нейрон-Модель» (см. Е.Н. Соколов, 2003). В этом разделе приводятся данные, касающиеся анатомических структур, лежащих в основе реализации эмоциональных реакций. Рассматривается проблема «лимбической системы» как распределенной системы структур, образующих мозговой механизм эмоций.

Понятие «лимбической системы» было сформулировано в связи с эволюционным объяснением разума и мозга (McLean, 1952). Считалось, что только млекопитающие обладают новой корой (неокортексом), с активностью которой связывались когнитивные функции, лучше развитые именно у млекопитающих. Напротив, древняя кора и связанные с нею подкорковые образования были отнесены к лимбической системе, которая обеспечивала эволюционно более ранние моменты психической жизни, такие как эмоции (LeDoux J.E., 2000).

Концепция лимбической системы столкнулась с проблемами уже в начале пятидесятих годов двадцатого века, когда было выяснено, что повреждение гиппокампа

ведёт к серьёзным нарушениям не только эмоциональной сферы, но и когнитивных функций (долговременной памяти). Кроме того, в конце шестидесятых была найдена новая кора у немлекопитающих зверей. Поэтому понятие лимбической системы неоднократно пересматривалось. В современной нейробиологии эмоций термин «лимбическая система» используется как полезное обобщение для обозначения большой совокупности отделов мозга, тем или иным образом связанных с эмоциями и образующих в трехмерной структуре мозга «распределенную систему». Эта система не имеет четких анатомических границ и значительно перекрывается с другими нейронными системами в рамках обеспечения системной работы головного мозга (Cacioppo J.T., 2000). В литературном обзоре подробно анализируются данные об связи эмоций со следующими отделами головного мозга: гиппокампом, миндалиной, поясной извилиной, гипоталамусом, средним мозгом, корой лобных долей и базальными ядрами.

#### Раздел 4. Проблема объективных показателей эмоций.

Четвертый раздел целиком посвящен традиционно используемым в психологии и психофизиологии показателям эмоций человека. Особое внимание уделяется физиологическим показателям эмоций.

В результате анализа данных, касающихся изменений работы сердца, дыхания и проводимости кожи при эмоциях, мы приходим к выводу, что показатели работы вегетативной нервной системы имеют ряд недостатков (Cacioppo J. T., Gardner W. L., 1999; Damasio A.S., 1998; Аракелов Г. Г., Шотт Е., 1998): вегетативные реакции протекают медленнее, чем эмоциональные реагирование и связаны с функциональным состоянием. Их изменения неспецифичны в отношении стимулов и задач, подвержены влиянию большого количества факторов, в том числе чувствительны к изменениям метаболических процессов.

Можно предположить, что деятельность вегетативной нервной системы при развитии эмоциональных реакций изменяется как результат активности структур лимбического мозга, например, гипоталамуса. А, значит, и показатели активности мозга могут дать более надёжную информацию о протекании эмоций. В этой связи в последние два десятилетия для изучения эмоций все больше исследователей обращаются к использованию новых неинвазивных методов изучения активности мозга – таких как функциональная магнитно-резонансная томография (фМРТ) и позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ). Но анализ электроэнцефалограммы (ЭЭГ) имеет перед ними ряд преимуществ, связанных в том числе с хорошим временным разрешением (Cacioppo, J. T., Gardner, W. L., 1999).

В работах, посвященных изменениям в ЭЭГ человека при переживании различных эмоций, используются два основных подхода:

1. Первый подход основан на анализе изменений компонентов вызванных потенциалов (ВП) при предъявлении эмоциогенных стимулов (Костандов Э.А., Арзуманов Ю.Л., 1985; Русалова М.Н., 1990). Однако, по мнению Ильюченка И.Р. (Ильюченко И.Р., 1996) результаты этих исследований во многом определялись не фактором развития эмоциональной реакции, а условиями проведения экспериментов.

На сегодняшний день в литературе с переработкой эмоциональной информации связывают компоненты P300, N170, N250 (Herrmann M.J. et al., 2002; Quitkin F.M. et al., 2005; Jin K.H. et al. 2005). Многие авторы описывают специфичный для распознавания эмоциональных выражений лиц потенциал с латентностью порядка 160 мс (Herrmann M.J. et al., 2002; Соколов Е.Н., 2003) . Но, на наш взгляд, недопустимо переносить результаты,

полученные в ситуации распознавания эмоциональных выражений лиц, на ситуацию переживания собственной эмоции.

В исследованиях собственно эмоциональной реакции (Quitkin F.M. et al., 2005) выделяются следующие компоненты, связанные с переживанием эмоций: N1 (N170), N2 (N200), ранний P3 (P330), поздний P3 (P460). Но большинство авторов концентрируется на поздних компонентах ВП, связанных с элементарными когнитивными операциями. Кампанелла (Campanella S. et al., 2004) связывает поздний P3 с поздней когнитивной обработкой информации, в том числе и эмоциональной, а поздний N2 – с процессами произвольного внимания. В диссертационном исследовании особое внимание уделено среднелатентным компонентам, которые Кампанелла связывает с произвольным вниманием. Возможно, компонент N170-N200 связан с первичной оценкой угрозы, так как показана его меньшая латентность при восприятии отрицательных лиц, чем нейтральных (Campanella S. et al., 2004).

2. Другим подходом к исследованию проявлений эмоций в ЭЭГ является анализ спектральных и когерентных характеристик ЭЭГ при выполнении испытуемыми различных заданий, связанных с эмоциональными переживаниями (Потулова Л.А., Корниевский А.В., 1986; Русалова М.Н., 1990; Collet L., Duclaux R., 1987 и др). В экспериментах с использованием спектрального анализа ЭЭГ не были получены однозначные данные относительно коррелятов тех или иных психологических функций, в том числе, специфических для эмоций. Полученные результаты были распространены из ситуации воображения эмоций на ситуацию переживания эмоций, что неправомерно, так как центральные механизмы как эмоций, так и воображения и представления мало изучены, а имеющиеся данные свидетельствуют о различии мозговых структур, участвующих в этих процессах. Адекватной заменой ситуации воображения может быть гипнотическое внушение той или иной эмоции (Gemignani A. et al., 2000). Тем не менее, мы не имеем достаточного количества данных, чтобы судить, какое изменение в ЭЭГ вызвано собственно эмоциями, а какое – измененным состоянием сознания.

В рамках рассматриваемого подхода, получены данные об изменениях в *альфа-диапазоне* при эмоциональной стимуляции. Как правило, это снижение мощности альфа-ритма (Ahern G.L., Schwarts G.E., 1986). *Бета-ритм (частота 18-30 Гц)* значительно усиливается при различных видах деятельности, связанных с активацией рабочих механизмов мозга. Есть мнение, что наиболее сильное увеличение мощности бета-ритма происходит при стрессе (Ильюченко И.Р., 1996). В работах Афтанаса с соавторами (Aftanas L.I., 2006) было показано, что некоторые интенсивные эмоции – отвращение и страх - вызывают десинхронизацию соответственно в полосе альфа-2 (10-12 Гц) и бета-1 (12-18 Гц) ритмики и изолированно бета-1 ритмики в височно-теменных областях правого полушария. Видимо, так отражается роль неспецифической активации в осуществлении эмоциональной реакции. Усиление бета-активности также было зафиксировано при предъявлении больным объекта фобии (Gemignani A. et al., 2000). *Тета-ритм (частота 4-7 Гц)* особенным образом связан с процессом запоминания, так как одной из структур, генерирующих тета-ритм, является гиппокамп, участвующий в процессе запоминания. В гиппокампе тета-ритм имеет максимальную амплитуду и выраженность (Бодунов М.В., 1984). Ряд авторов рассматривают тета-ритм гиппокампа как показатель эмоционального либо мотивационного состояния. Как было показано Пейпом с соавторами (Pape H.C. et al., 2005), миндалина

млекопитающих способна к спайковой активности в тета-диапазоне. Фактически, в экспериментах по «обусловливанию страха» тета-активность (4-7 Гц) охватывает амигдаларно-гиппокампальные пути. Тем не менее, эта активность совпадает во времени исключительно с образованием условного рефлекса, а не с актуализацией аффективной памяти или поведенческим проявлением страха. По данным некоторых авторов (Николаев А.Р., и др., 1996) рост тета-ритма происходит в результате общего напряжения при решении мыслительных задач.

Таким образом, по различным данным эмоциональные реакции, состояния тревожности, напряженности и стресса находят свое отражение во всех диапазонах ритмики ЭЭГ. Как отмечает Русалова (1998), можно говорить об определенных паттернах ритмики ЭЭГ, специфичных для различных эмоций. Поэтому одной из задач нашего исследования был подробный анализ изменений электрической активности головного мозга под влиянием эмоциогенных стимулов на всех частотных диапазонах.

#### Раздел 5. Методология исследования.

В Разделе 5 мы резюмируем литературные данные, рассмотренные в разделах 3 и 4, предлагаем усовершенствовать, реализуемые в имеющихся исследованиях подходы. Можно выделить как минимум два отличия и преимущества предложенного исследования от осуществлявшихся ранее работ:

1. В нашем исследовании испытуемые не решали когнитивных задач. Им необходимо было просто воспринимать картинки. Таким образом, экспериментальную ситуацию можно считать наиболее приближенной, с одной стороны, к эмоциональному реагированию непосредственно на стимул в естественных условиях, а с другой стороны к ближайшей сфере практического приложения результатов, например, восприятию рекламы или созданию шаблонов для тренингов биологической обратной связи.

2. Сочетая три уровня анализа эмоциональных реакций мы надеемся избежать сложившейся тенденции к «мозг-центрированному» исследованию эмоций в рамках нейронаук. Здесь мы опираемся на работы, проводившиеся рядом авторов в 80хх-90хх годах XX века рядом (Симонов П.В., 1981; Лацарус, 1991), в которых отмечалась необходимость целостного психофизиологического исследования эмоций, учитывая контекст их интегративной функции.

3. Кроме того, привлекая данные о нейроанатомической организации эмоций и, сопоставляя их с электроэнцефалограммой, а также результатами дипольного моделирования, мы реализуем традиционный для кафедры психофизиологии подход, предложенный Е.Н. Соколовым: «Человек-Нейрон-Модель».

#### Раздел 6. Пилотное исследование: Поиск полос спектра ЭЭГ, наиболее чувствительных к знаку и интенсивности эмоциональных реакций.

В разделе 6 приводятся данные, полученные в пилотном исследовании, которое проводилось с целью определить зону поиска диагностических признаков положительных и отрицательных эмоциональных реакций. Для достижения цели исследования необходимо было решить следующие задачи:

1. Выяснить субъективные различия в эмоциональных ответах на предъявляемую стимуляцию психофизическими методами.

2. Провести анализ частотных изменений ритмики ЭЭГ при стимуляции слайдами различного эмоционального содержания.

3. Соотнести результаты психофизической и психофизиологической частей исследования. Выявить то, как связаны субъективные различия в эмоциональных ответах со спектральными характеристиками ЭЭГ человека.

Пилотное исследование состояло из психофизической и психофизиологической серий, в которых использовались одни и те же стимулы и принимали участие одни и те же испытуемые.

Психофизическая серия (Раздел 6.2.2) была необходима для того, чтобы выявить структуру субъективных различий эмоциональных ответов на зрительные стимулы. Результаты психофизической серии должны были облегчить интерпретацию результатов психофизиологической серии. Основной *гипотезой* психофизического исследования было наличие различий в эмоциональных ответах на стимулы различных тематических групп. Психофизиологическая серия (Раздел 6.2.3) состояла непосредственно в регистрации ЭЭГ в ответ на зрительную стимуляцию. Такой подход позволил соотнести субъективные данные и объективные физиологические показатели.

В обеих сериях пилотного исследования приняли участие 8 испытуемых женского пола (средний возраст на момент участия в эксперименте 19 лет) и 6 – мужского пола (средний возраст – 20 лет). Испытуемые не знали о целях и гипотезах исследования. Ввиду проводившихся доработок методики и качества полученных данных, в настоящей работе приводятся результаты четырёх человек мужской и четырёх человек женской выборки.

#### Психофизическая серия пилотного исследования (Раздел 6.2.2)

Стимуляция. Для исследования были подобраны 16 слайдов разного эмоционального содержания: виды природы, эротические фото, кожные нарывы, ядовитые змеи и насекомые, десертные блюда. Предполагалось, что слайды «эротические» и «блюда» относятся к положительному типу стимулов, «нарывы» и «змеи» - к отрицательному. «Виды природы» рассматривались как источники эмоционально-нейтрального состояния и при анализе использовались для сравнения с эмоциональными реакциями. Также в качестве эмоционально-нейтрального стимула использовался серый экран. Предполагалось также, что эротика и раны будут вызывать более сильные эмоции. Для психофизической серии нами были составлены все возможные пары из шестнадцати стимулов. Каждая из них предъявлялась пять раз максимум на 0,5 секунды. Пары чередовались в случайном порядке. Испытуемый должен был оценить различие в своих эмоциональных впечатлениях. Кроме метода парных сравнений, мы использовали и прямую оценку стимулов.

Экспериментальная ситуация. В методике парного сравнения стимулов испытуемому предлагалась следующая инструкция: «Сейчас Вам будут предъявляться пары картинок. Вам нужно будет оценить степень различия вызванных ими впечатлений по шкале от 0 до 9». После этого на тёмном экране перед испытуемым появлялись пары картинок и курсор для ввода ответа с кнопкой перехода к следующей паре. Во методике прямых оценок испытуемому предлагалось оценить степень эмоционального впечатления от картинки в шкале от 1 до 5, причём оценка «1» означала сильное отрицательное впечатление, а «5» – сильное положительное. Каждый стимул демонстрировался всего один раз. Но испытуемый имел возможность исправлять свои ответы, возвращаясь к предыдущим стимулам.

Обработка результатов. В результате методики парного сравнения были получены 6 матриц различий стимулов (пример полученных данных приводится в приложении диссертации). Полученные результаты были усреднены. Для дальнейшей обработки

использовались две матрицы: матрицу средних различий женской выборки и матрицу средних различий мужской выборки. Обработывались так же и индивидуальные матрицы каждого испытуемого. Для обработки всех полученных матриц использовались алгоритмы многомерного математического шкалирования (ММШ) в пакете SPSS 9.0. Были построены двухмерные пространства с Евклидовой метрикой.

#### Психофизиологическая серия пилотного исследования (Раздел 6.2.3)

Стимульный материал. Испытуемым предъявлялись на экране монитора 24 слайда разного эмоционального содержания (те же, что и в психофизической части, но последовательно): виды природы, эротические фото, кожные нарывы, ядовитые змеи и насекомые, десертные блюда. Время экспозиции каждого слайда составляло 10 секунд. Слайды были организованы в тематические группы по 3 слайда в каждой. Эмоциогенные группы перемежались серым экраном на 30 секунд.

Условия регистрации. Электроэнцефалограмма регистрировалась монополярно от 21 отведения по системе 10-20. В качестве референтного использовался объединенный ушной электрод. Запись проводилась с помощью многоканальной исследовательской системы «Энцефалан-131-03» (Medicom MTD, Таганрог) с частотой опроса 100 Гц, полоса пропускания от 0,3 до 30 Гц. Также регистрировались ЭКГ с двух рук и КГР – с указательного и безымянного пальцев левой руки.

#### Обработка результатов

Первичные данные записи ЭЭГ обрабатывались с помощью пакета EEGDigitalSystem – стандартной программе, поставляемой вместе с установкой «Энцефалан-131-03». После удаления артефактов (отклонений волны от нулевой линии 50 мкВ) единичные отрезки ЭЭГ, 10 секунд каждый, обрабатывались методом спектрального анализа в области 3-30 Гц с использованием алгоритма быстрого преобразования Фурье в программе BrainLoc. Для сглаживания спектра использовалось прямоугольное окно Хеннинга. Величина мощности спектра вычислялась с дискретным шагом в 1 Гц. Для последующего анализа данные спектральной мощности суммировались по следующим частотным диапазонам: тета - 6-8 Гц, альфа – 8 –12 Гц, бета – от 18-20 Гц, для этого они обрабатывались с помощью программы MSExcell. В результате получены гистограммы мощностей спектра для разных отведений.

В разделе 6.3 подробно приводятся результаты обеих серий исследования и осуществляется сопоставление результатов психофизической и психофизиологической серий.

В разделе 6.4 приводится обсуждение результатов пилотного исследования.

Первым и существенным результатом психофизической серии является то, что стимулы в полученном пространстве расположены группами, соответствующими тематической группировке слайдов. Это значит, что различия в ответах на стимуляцию одной тематики незначительны и ими можно пренебречь. Кроме того, между стимулами разной тематики различия гораздо более значительны.

Опираясь на результаты прямой оценки стимулов, мы предположили, что выделенные нами признаки описывают такие характеристики эмоциональной реакции испытуемых, как интенсивность и знак. Полученное пространство соотносится с двухмерной моделью эмоционального опыта, полученной Расселом в 1980 году на материале субъективных различий эмоций, представленных вербально (Аргайл М., 2003). Интерпретируемые нами как интенсивность и знак признаки, соотносятся со шкалами оценки и силы в работе Осгуда

(Osgood S.E., 1996).

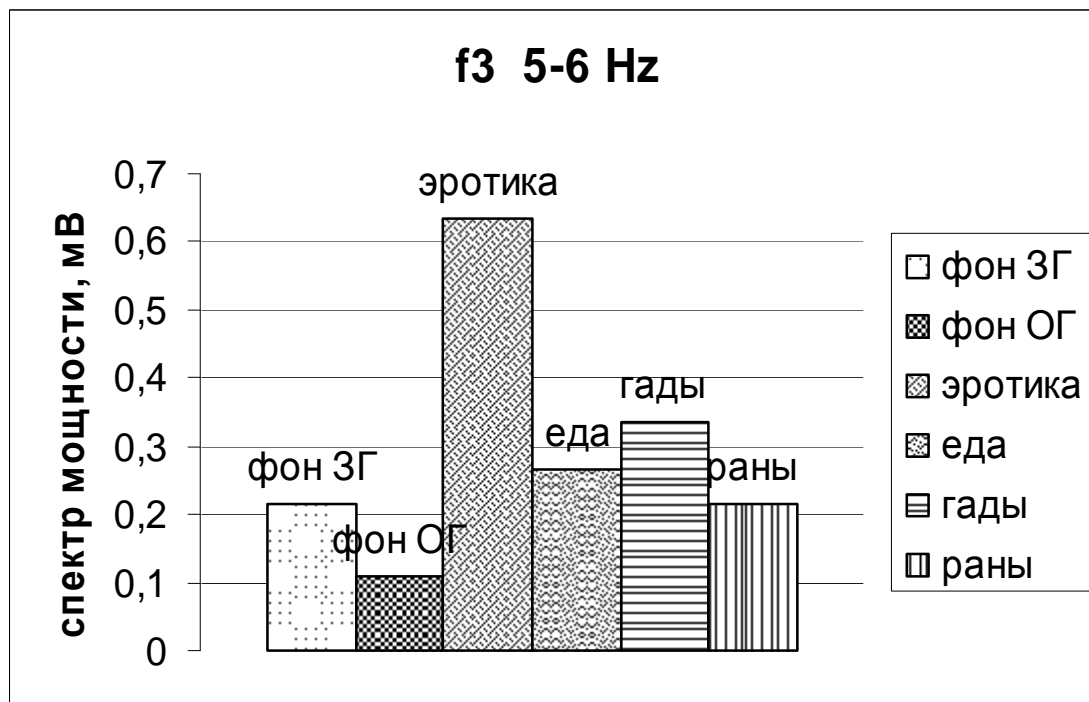
Вторым важным моментом, являлось то, что пространства похожи у отдельных испытуемых и у двух выборок. У мужской выборки пространства получаются более размытыми. Это можно объяснить тем, что стимуляция больший отклик вызвала именно у женской выборки. Сделать такое предположение позволяют данные самоотчета испытуемых.

Данные психофизической серии позволили классифицировать стимуляцию на 5 тематических групп, вызывающих различные эмоции и соответствующие изначальному разделению: «эротика», «еда», «виды природы», «раны», «гады». Так как субъективные различия между этими группами были достаточно велики, мы предполагали найти соответствующие корреляты и в физиологической активности, в частности, в показателях спектра ЭЭГ.

В результате психофизической серии было выяснено что, сравнивая эмоциональные впечатления от картинок разной тематики, испытуемые выделяют четыре группы эмоциональных реакций, соответствующие темам изображений. Но важно помнить, что мы не можем исключить из оценок наших испытуемых когнитивный компонент. Во-первых, на момент проведения психофизической серии испытуемые уже были знакомы со стимуляцией из психофизиологического эксперимента. Во-вторых, не все испытуемые могли принять инструкцию оценивать именно эмоциональное впечатление от картинок, а не сами картинки.

Психофизиологическая серия показала, что в отдельных частотных полосах наблюдается выраженная тенденция в динамике ЭЭГ-активности, отражающая субъективное ощущение силы эмоционального возбуждения. Реакции на слайды «еда» превосходит реакцию на «эротические» слайды, а среди негативных эмоций реакции на «раны» более выражена, чем на слайды «змеи». Это согласуется и с данными психофизической части, где по признаку, интерпретируемому как интенсивность вызываемой реакции, «раны» и «еда» имеют большее значение.

При восприятии положительно-эмоциональных слайдов в лобных отведениях обнаружено увеличение относительной мощности ЭЭГ в диапазоне 6-8 Гц. Эти данные явились для нас неожиданностью. Тета-ритм сегодня связывается с работой структур миндалины и путей, связанных со страхом и отрицательными эмоциями. Тем не менее, существуют данные о нарушении общей эмоциональной сферы (и положительных, и отрицательных эмоций) при правостороннем поражении гиппокампаально-амигдаларного комплекса (Хомская Е.Д., Батова Н.Я., 1998).



**Рисунок 1.** Спектр мощности испытуемого К. (мужчина, 20 лет) в ответ на эмоциогенную стимуляцию

Лобное отведение F3 (слева). Полоса спектра 5-6 Гц. «Фон ЗГ» - усреднённые данные фона, записанного с закрытыми глазами, до и после эксперимента. «Фон ОГ» - усреднённые данные фона с открытыми глазами (чёрный экран), до и после эксперимента. «Эротика» и «еда» - эмоционально положительные стимулы различной интенсивности. «Гады» и «раны» - эмоционально отрицательные стимулы различной интенсивности.

При анализе спектра мощности тета-ритма в лобных отведениях у женской выборки было отмечено увеличение мощности в диапазоне 5-6 Гц в ответ на положительные эмоциональные стимулы в сравнении с фоновыми значениями и значениями при отрицательной стимуляции. В четных (правосторонних) отведениях картина является ещё более чёткой в отношении знака эмоций, ответы на эмоциональные стимулы и отличаются от ответов на нейтральный. Ярко прослеживается тенденция усиления тета-активности при сильной положительной стимуляции и подавления при сильной отрицательной. Последняя тенденция не проявляется столь ярко на мужской выборке, кроме одного испытуемого. У испытуемого К. (рис. 1) ярко видно усиление тета-ритма (5-6 Гц) при положительной стимуляции. Причём, оно не столь сильно при отрицательной.

При восприятии отрицательно-эмоциональных слайдов в лобных отведениях наблюдалось увеличение относительной мощности ЭЭГ в диапазоне 8-12 Гц. Это согласуется с данными, полученными Русаловой в исследованиях по изучению спектральных и когерентных характеристик ЭЭГ при выполнении испытуемыми различных заданий, связанных с эмоциональными переживаниями (Русалова М.Н., 1990). Похожие результаты приводятся в работах зарубежных авторов (Ahern G.L., Shwartz G.E., 1985 и Collet L., Duclaux R., 1987). Изменения этих показателей при возникновении эмоций выявлены в разных частотных диапазонах, но чаще всего – в альфа-диапазоне. В работах Ahern G.L., Shwartz G.E. (1985), Davidson R.J. et al. (1986) и Hinrich H., Macheleidt W. (1992) показано ослабление мощности альфа-ритма, что и было подтверждено в нашем

эксперименте. Так, в случае положительно-эмоциональных слайдов выявлено снижение относительной мощности ЭЭГ в диапазоне 8-12 Гц по сравнению с предъявлением отрицательно-эмоциональных слайдов.

В результате пилотного исследования было показано, что динамические изменения корковой активности при восприятии эмоциональных изображений довольно сложна и неоднозначна. Тем не менее, она находится в зависимости от субъективной эмоциональной окраски предъявляемого стимульного материала. Практически по всем изученным частотным диапазонам находятся те или иные области скальпа, в которых достаточно отчетливо выявляются различия как на знак, так и на интенсивность эмоциогенного воздействия. Таким образом, были сделаны следующие выводы:

1. В результате психофизического эксперимента были выявлены субъективные различия эмоциональной реакции на предъявляемые зрительные стимулы. Данные различия соответствуют изначальному тематическому разделению эмоциогенных слайдов. Построенное субъективное пространство стимулов в сочетании с интерпретацией признаков и данными по прямой оценке позволяет выделить такие признаки стимуляции как интенсивность и знак.

2. В результате психофизиологического эксперимента было выяснено, что динамика показателей мощности ЭЭГ вполне соответствует выделенным субъективным различиям в эмоциональном впечатлении от слайдов и отражает эмоциональное состояние человека, вызванное различными типами визуальной стимуляции.

3. При восприятии положительно-эмоциональных слайдов обнаружено усиление относительной мощности ЭЭГ в диапазоне 6-8 Гц в лобных отведениях, а также подавление 8-12-герцовой активности в затылочных и теменных.

4. В отдельных частотных полосах (бета-ритм) наблюдается выраженная тенденция в динамике ЭЭГ-активности, отражающая субъективное ощущение силы эмоционального возбуждения.

#### Раздел 7. Выделение показателей ЭЭГ, наиболее чувствительных к знаку эмоциональных реакций.

Данный раздел включает в себя описание методики и результатов основного исследования диссертационной работы, основными задачами которого было:

1. Оценить различия в интенсивности и распределении выделенных альфа (8-12 Гц), бета (18-20 Гц) и тета-диапазонов (6-8 Гц) в зависимости от знака эмоциональной реакции.

2. Оценить различия в амплитуде и латентности ранних негативных пиков (до 200 мс) в зависимости от знака эмоциональной реакции.

3. Оценить применимость показателей работы вегетативной нервной системы в качестве диагностических признаков знака эмоциональной реакции.

4. Произвести локализацию показателей ЭЭГ, значимо изменяющихся в зависимости от знака эмоциональной реакции.

Испытуемые. В эксперименте приняли участие 12 испытуемых женского пола (студентки 2 курса факультета психологии МГУ, средний возраст на момент участия в эксперименте 21 год) и 3 испытуемых мужского пола (студенты 2 курсов факультета психологии МГУ, средний возраст – 19 лет). Они не были ранее знакомы со стимуляцией и не участвовали в пилотном исследовании.

Стимульный материал. С целью выделения показателя различения знака эмоциональной реакции стимулы из пилотного исследования были разделены, согласно первому фактору, выделенному в психофизической серии пилотного исследования – знаку вызываемой реакции, - на три группы: нейтральные, положительные, отрицательные. Группа положительных и отрицательных эмоциогенных стимулов была дополнена таким образом, чтобы в каждую группу вошло 10 стимулов. В качестве нейтрального использовался только серый экран. Таким образом, стимуляция представляла собой 21 цветную картинку: 10 эмоционально положительных стимулов, 10 эмоционально отрицательных стимулов и серый экран в качестве эмоционально нейтрального стимула. Из стимулов были составлены псевдослучайные сочетания: по одному предъявлению эмоциогенных стимулов и 10 предъявлений серого экрана. Каждый стимул предъявлялся испытуемому на экране монитора в течение 1 с. Задержки между последовательными экспозициями не было. Для создания сценария эксперимента использовался пакет EEDigitalSystem и ПО Slider (© Medicom MTD, Таганрог).

Условия регистрации и оборудование. Параллельно предъявлению стимулов и в течение одной минуты до и после эксперимента производилась монополярная регистрация ЭЭГ по 21 отведению стандартной системы 10-20. В качестве референтного использовался объединённый ушной электрод. Запись проводилась с помощью многоканальной исследовательской системы ЭЭГА-21/26 «Энцефалан-131-03» с частотой опроса 100 Гц, полоса пропускания от 0,3 до 30 Гц. Также регистрировались ЭКГ, КГР и ФПГ. ЭКГ регистрировалась в обоих случаях с двух рук, КГР – с указательного и безымянного пальцев левой руки, ФПГ – со средних пальцев обеих рук.

#### Обработка результатов.

Первичные данные записи ЭЭГ обрабатывались с помощью пакета EEGDigitalSystem. После удаления артефактов для усреднения ВП были приемлемы записи 12 испытуемых (отклонение волны от нулевой линии +/- 50 мкВ.). Для усреднения использовался программный модуль EEGDigitalSystem – 5-ВП-10.1.0. Единичные отрезки ЭЭГ длительностью 1 секунда каждый, усредняли по каждому из трех условий: нейтральная эмоциональная реакция, положительная эмоциональная реакция, отрицательная эмоциональная реакция. Полученные кривые были конвертированы в текстовый формат и в дальнейшем обрабатывались в программе MicrosoftExcel 2003 SP1. Были построены графики ВП по всем отведениям для 14 испытуемых, а также усредненный график для всех испытуемых.

После визуального анализа компонентов ВП, было выделено, что амплитуда негативного компонента с латентностью 150-250 мс изменяется согласно трем условиям стимуляции. Амплитуда данного компонента, вычисляемая как максимум на данном отрезке, была подвержена статистической обработке. Для оценки сдвига между тремя условиями (нейтральная эмоциональная реакция, положительная эмоциональная реакция, отрицательная эмоциональная реакция) рассчитывался Хи-квадрат Фридмана. Для расчета статистик использовался пакет SPSS 9.0. Так как статистических значимых сдвигов выявлено не было, но при визуальном анализе было ясно, что испытуемые явно разделяются на две подгруппы, к матрице амплитуд выделенного компонента был применен кластерный анализ (статистический пакет Statistica 6.0). Методом Варда с использованием метрики "1 Pearson-r" было выделено две основные группы испытуемых.

Чтобы выделить возможные причины такого разделения на группы, было произведено сравнение по критерию Манна-Уитни между периферическими показателями и показателями ЭЭГ у представителей первой и второй выборок. Также было произведено сравнение по результатам теста на реактивную и личностную тревожность Спилбергера в адаптации Ханина (см. Ханин Ю.Л., 1983). Далее обработка производилась отдельно по каждой выборке. Снова был произведен расчет критерия Фридмана. Проводилось попарное сравнение между всеми условиями по T-критерию Вилкоксона.

Для одного испытуемого из каждой выборки было осуществлено дипольное моделирование источников ВП. Для этого также использовался пакет Brainloc 6.0. Сначала использовалась модель с двумя свободными диполями. Затем мы пытались построить наиболее адекватную модель источников генерации ВП на основе литературных данных с применением метода фиксированных диполей.

10 отрезков ЭЭГ по 1 секунде в ответ на каждый тип стимуляции обрабатывались методом спектрального анализа в области 3-30 Гц с использованием алгоритма быстрого преобразования Фурье в программе BrainLoc 6.0. Для сглаживания спектра использовалось прямоугольное окно Хеннинга. Величина мощности спектра вычислялась с дискретным шагом 1 Гц. Для последующего анализа данные спектральной мощности суммировались по следующим частотным диапазонам: тета - 6-8 Гц, альфа – 8 –12 Гц, бета – 18- 20 Гц. С помощью программы MicrosoftExcel – были построены гистограммы мощностей спектра для разных отведений. Выбор диапазонов и отведений был продиктован результатами пилотного исследования (см. раздел 6, а также Лапшина Т.Н., 2004). Далее был произведен визуальный анализ спектра мощности ЭЭГ для каждого испытуемого и среднего по всей выборке. Значения мощности спектра испытуемых подвергались статистической обработке. Для оценки сдвига между тремя условиями (нейтральная эмоциональная реакция, положительная эмоциональная реакция, отрицательная эмоциональная реакция) рассчитывался Хи-квадрат Фридмана. В случаях, когда сдвиг оказывался значимым по критерию Фридмана, проводилось сравнение попарно между всеми условиями по T-критерию Вилкоксона.

Для анализа показателей периферической нервной системы использовался программный пакет «Совокупный анализ ЭЭГ, РЭГ, ПОЛИ» на базе электроэнцефалографа ЭЭГА-21.26 «Энцефалан-131-03». Рассматривались следующие показатели: математическое ожидание количества ударов в минуту (ЭКГ), среднее квадратическое отклонение количества ударов в минуту (ЭКГ), математическое ожидание ФПГ, среднее квадратическое отклонение ФПГ, а также математическое ожидание, среднее квадратическое отклонение и вариабельность размаха КГР (мВ). Все показатели программа рассчитывает автоматически. Для каждого испытуемого было вычислено значение критерия Вилкоксона сдвига между нейтральными и эмоциогенными стимулами (вне зависимости от знака). Та же процедура была проведена для среднегрупповых значений.

Результаты. В разделе, посвященном результатам основного исследования (7.3) приводятся отдельно данные, касающиеся изменений периферических показателей (7.3.1), вызванных потенциалов (7.3.2), локализации источников активности (7.3.3), спектральных характеристик ЭЭГ (7.3.4).

#### Показатели активности вегетативной нервной системы

В результате статистического анализа для каждого испытуемого у всех испытуемых

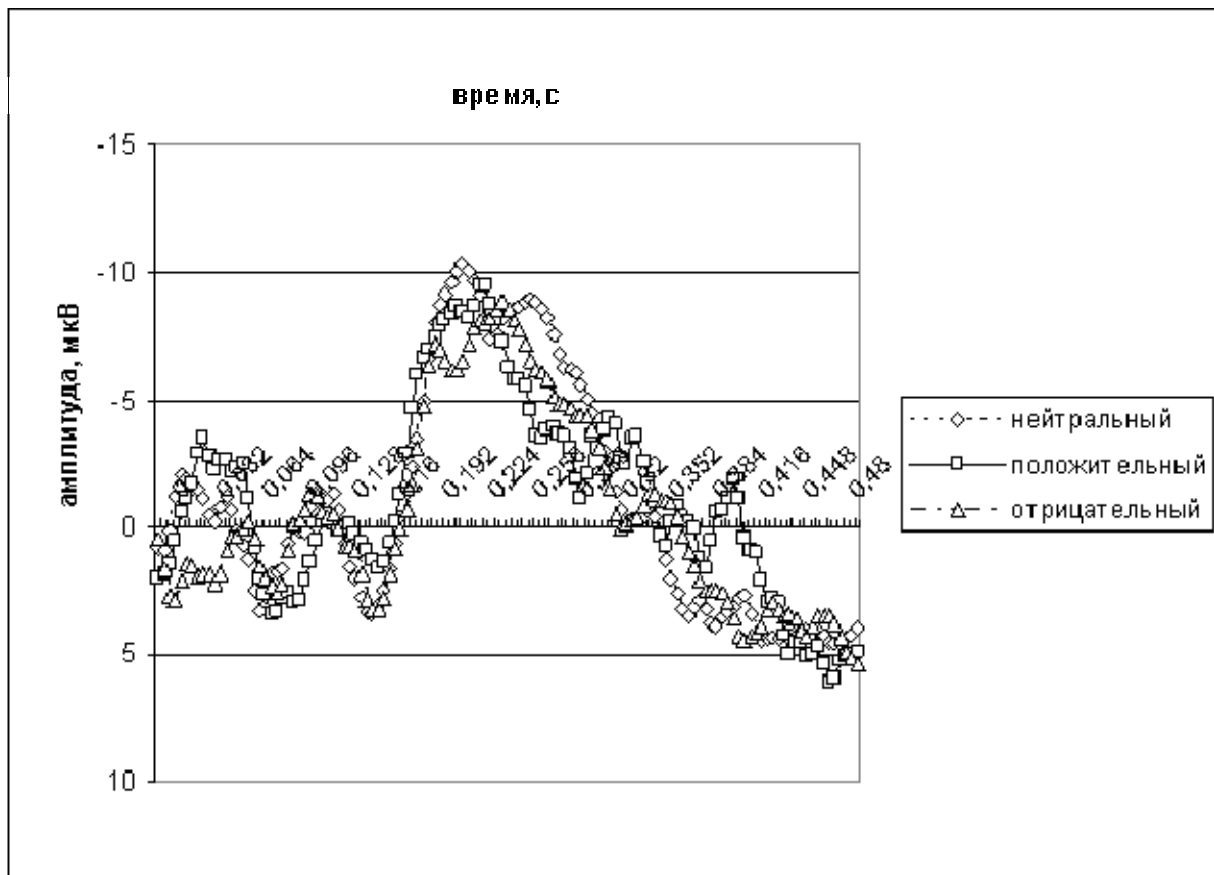
был обнаружен значимый сдвиг по критерию Вилкоксона (уровень значимости  $\leq 0,02$ ) между эмоциогенными и нейтральными условиями хотя бы по одному из периферических показателей: среднее количество ударов сердца в минуту (МО ЭКГ), среднее квадратическое отклонение количества ударов в минуту (СКО ЭКГ), средняя амплитуда фотоплейтизограммы (МО ФПГ), среднее квадратическое отклонение амплитуды ФПГ (СКО ФПГ), средняя амплитуда КГР (МО КГР), среднее квадратическое отклонение амплитуды КГР (СКО КГР), вариабельность размаха амплитуды КГР (ВР КГР). Это позволяет утверждать, что предъявлявшиеся стимулы изменяли уровень активации испытуемых. Но считать вызванную активацию эмоциональной можно лишь на основании субъективных отчетов испытуемых и психофизической серии пилотного исследования. Чувствительнее других к эмоциогенной стимуляции оказались показатели ВР КГР и СКО ЭКГ: по ним чаще наблюдается сдвиг между эмоционально нейтральной и эмоциогенной стимуляцией. Этот же результат был показан на всей выборке.

#### Вызванные потенциалы

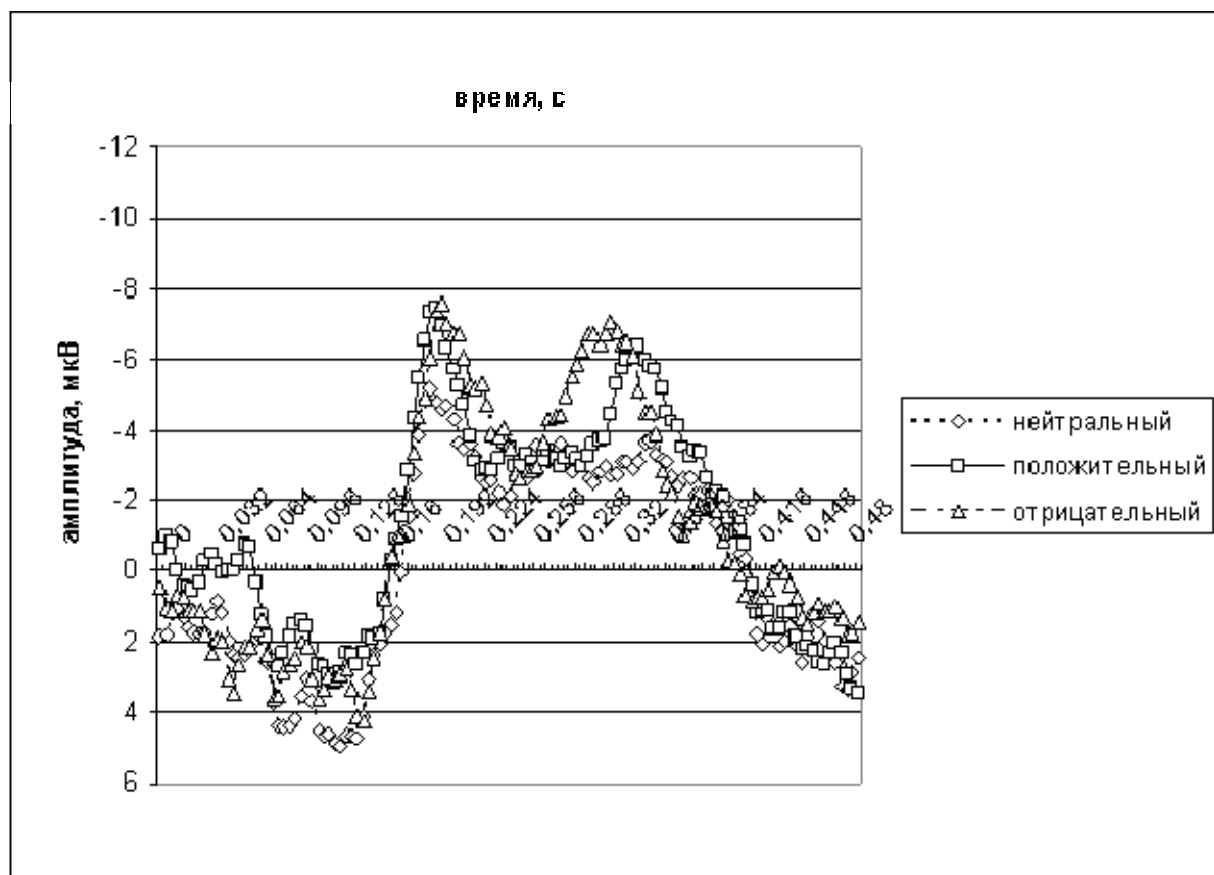
В результате эксперимента были усреднены ВП по каждой группе стимулов для всех испытуемых. То есть, для каждого условия было произведено 10 усреднений (ответ на все 10 положительных стимулов, ответ на все 10 отрицательных стимулов, ответ на 10 нейтральных стимулов). Данная схема усреднения позволяет выделить ответ специфичный именно к эмоциональной составляющей восприятия стимулов.

Форма ВП была схожей у всех испытуемых. А поведение амплитуды компонента N170 отражало знак субъективной эмоциональной реакции на стимулы. Поэтому был проведен статистический анализ поведения амплитуды компонента N170. За амплитуду N170 принимался локальный максимум на отрезке 150-250 мс. Изначально при расчете критерия Фридмана по всем отведениям, амплитуда N170 не показала значимого сдвига. При вычислении критерия знаков Вилкоксона попарно для всех условий было выяснено, что в лобных, теменных и височных отведениях есть значимый сдвиг (уровень значимости  $\leq 0,02$ ) между отрицательными и положительными стимулами. Это можно объяснить тем, что динамика N170 зависит от эмоционального знака стимуляции, но изменяется по-разному у испытуемых. Поэтому был проведен кластерный анализ, который позволил выделить две группы испытуемых.

У двух выборок поведение амплитуды N170 строго противоположно (см. рис. 2). В выборке 1 эмоциональные стимулы приводят к уменьшению амплитуды ВП, а в выборке 2 – к её увеличению. При этом в обоих случаях меньше всего от нейтрального отличается ответ на положительные стимулы, чем на отрицательные. Во второй выборке ВП наблюдается дополнительный пик с латентностью около 300 мс.



а.



б.

**Рисунок 2.** Вызванные потенциалы, усредненные по центральным отведениям по трем типам стимулов (нейтральный, положительный, отрицательный) для двух выборок, выделенных кластерным анализом. (а) Выборка 1 – 4 человека. Эмоциогенные стимулы

приводят к уменьшению амплитуды ВП. (б) Выборка 2 – 8 человек. Эмоциогенные стимулы приводят к увеличению амплитуды ВП.

#### Спектр мощности ЭЭГ

Альфа ритм (8-12 Гц) показывает сходную динамику во всех отведениях и в мужской, и в женской выборке. У мужчин мощность альфа-ритма больше всего в височных и затылочных отведениях. Как и в пилотном исследовании, в височных и теменных отведениях, альфа-ритм наиболее депрессируется при положительной стимуляции. При отрицательной стимуляции в некоторых отведениях мощность альфа-ритма даже увеличивается. Полученные в результате визуального анализа данные требовали подтверждения статистической обработкой. Ни в одном отведении не было обнаружено значимого сдвига по критерию Фридмана между всеми тремя условиями. Но в отведении F7 было найдено статистически значимое различие (уровень значимости=0,007). В отведении F7 наблюдается депрессия альфа-ритма при эмоционально положительной стимуляции, и увеличение при эмоционально отрицательной.

В лобных отведениях и у мужчин, и у женщин мощность бета-ритма (18-20 Гц) максимальна при положительной стимуляции и минимальна или же просто близка к нейтральному условию при отрицательной стимуляции. И у мужчин, и у женщин выявляется асимметрия ответов, выражающаяся в большей разнице мощности бета-ритма при эмоционально отрицательной и положительной стимуляции в четных (правых) отведениях.

В височных отведениях изменения бета-ритма при эмоциогенной стимуляции противоположны. У женщин при положительной стимуляции происходит депрессия бета-ритма в сравнении с нейтральным и отрицательным условием, в то время как у мужчин – в отведениях T3 и T4 мощность бета-ритма при эмоционально положительной стимуляции увеличивается. Асимметрия ответов бета-ритма в височных отведениях и у мужчин и у женщин заключается в том, что в правом полушарии при отрицательной стимуляции бета-ритм усиливается, в то время как в левом в сравнении с нейтральным условием бета-ритм не меняется или даже уменьшает свою мощность. Наиболее ярко эта особенность видна на данных усредненных по всей выборке. Используя Хи-квадрат Фридмана, удалось найти значимые различия между тремя условиями только в отведениях T3 и F7. При этом в отведении T3 эмоционально нейтральный стимул значимо отличается от эмоциогенных, а в отведении F7 найдены различия между эмоционально отрицательной и положительной реакцией.

Тета-ритм (6-8 Гц) также по-разному изменяется у мужской и женской выборок. У мужчин мощность тета-ритма больше при эмоционально отрицательной стимуляции, а у женщин – при эмоционально положительной. Наиболее ярко это видно в височных отведениях. Тут же ярко выражена асимметрия, которая и у женщин и у мужчин выражается в большем различии между ответами на эмоционально отрицательную и положительную стимуляцию в правом полушарии. У мужчин в правом полушарии наиболее сильно выражено увеличение мощности тета-ритма в ответ на отрицательную стимуляцию, у женщин же в правом полушарии наблюдается депрессия тета-ритма в ответ на отрицательный стимул по сравнению с нейтральным. При попарном сравнении ответов на эмоционально положительные и отрицательные стимулы найдены значимые различия в мощности тета-ритма в отведениях F4 и F8.

Опираясь на полученные данные, можно заключить, что при определении знака

эмоциональной реакции следует опираться на изменения мощности альфа-ритма и бета-ритма в лобных и височных отведениях. При положительных эмоциях наблюдается сильная депрессия альфа-ритма в сравнении с нейтральным условием, а также увеличение мощности бета-ритма. У мужчин диагностическим признаком отрицательной эмоциональной реакции также может быть сочетание снижения мощности бета-ритма в лобных отведениях и увеличение тета-ритма в лобных и височных отведениях. Для положительной эмоциональной реакции у мужчин, напротив, характерно увеличение мощности бета-ритма как в лобных, так и в височных отведениях с одновременным снижением мощности тета-ритма. Таким образом, у мужчин динамика тета- и бета-ритмов при переживании различных эмоциональных реакций изменяется противоположным образом. У женщин признаком положительных эмоций также является увеличение мощности тета-ритма в лобных и височных отведениях, а отрицательных – напротив снижение. Таким образом, у женщин динамика бета- и тета-ритмов при переживании различных эмоциональных реакций повторяет друг друга.

#### Раздел 8. Обсуждение результатов.

В этом разделе мы сопоставляем данные, полученные в пилотном и основном экспериментальном исследовании с литературными данными, рассмотренными в разделах 3 и 4. Все показатели, которые могут быть диагностическими признаками эмоциональных реакций представлены в таблице 1.

Поскольку предъявляемые стимулы были одинаковы для всех испытуемых и их выбор не был основан на знании каких-либо значимых эпизодов личной жизни, связанных с сильными эмоциональными переживаниями, мы полагаем, что эмоциональные слайды не вызывали у испытуемых личностной аффективной реакции и различия при восприятии стимулов отражают различия в непосредственной эмоциональной реакции на эти стимулы. Поскольку усреднение производилось между ответами на различные стимулы одного знака эмоциональной реакции (выявленного в психофизической серии пилотного исследования), можно утверждать, что выделенный ВП наиболее точно отражает именно эмоциональное реагирование на стимулы.

Форма полученного ВП повторяет форму ВП на эмоциогенные стимулы в исследовании Quitkin F.M. с соавт. (Quitkin F.M. et al., 2005). Смещение латентности пиков ВП от 50 до 70 мс в сравнении с литературными данными, может быть связано с более длительным временем предъявления в нашем эксперименте (1 с). В отличие от Quitkin F.M. с соавторами наше внимание привлёк не пик P300, а наиболее ярко отражающий эмоциональную реакцию на стимулы негативный компонент с латентностью 150-250 мс. Его амплитуда изменяется в соответствии со знаком эмоциональной реакции на стимул, что совпадает с субъективными оценками стимуляции. В литературе существуют данные об изменении компонентов N170 и N180 при восприятии и сравнении схематических эмоциональных выражений лиц (Измайлов Ч.А.; Коршунова С.Г.; Соколов Е.Н., 1999), при восприятии эмоциональных лиц – фотографий из набора FAST (Hermann M.J. et al., 2002). Задача же рассматриваемого диссертационного исследования была наиболее близка к условиям в исследовании Льюиса с соавторами (Lewis et al., 2006). В его работе были показаны изменения амплитуды компонента N2 при переживании отрицательных эмоций, причем, как утверждают авторы, эта тенденция усиливается с возрастом. Наличие общего компонента, в котором отражаются как восприятие эмоциональных выражений лиц, так и

переживаемая эмоция, может свидетельствовать о сходстве этих процессов и их нейрональных механизмов, лежащих в их основе.

С помощью кластерного анализа вызванного потенциала по всем отведениям нами были выделены две подгруппы испытуемых: выборка 1 и выборка 2. Амплитуда компонента N170 в двух выборках изменяется по-разному. В выборке 1 эмоциональные стимулы приводят к уменьшению амплитуды выделенного компонента, а в выборке 2 – к её увеличению. При этом в обоих случаях меньше всего от нейтрального отличается ответ на положительные стимулы, чем на отрицательные. Во второй выборке компонент N170 не такой высокоамплитудный. И наблюдается дополнительный пик с латентностью около 300 мс. В поисках дополнительных различий между найденными выборками и, возможно, причин этих различий, было обнаружено, что значимо они различаются только по мощности тета-ритма в левых лобных и височных отведениях. В психологических показателях – реактивной и личностной тревожности – значимых различий найдено не было. Тем не менее, возвращаясь к работе Квиткина с соавторами (Quitkin F.M. et al., 2005) можно утверждать, что выборка 2 показывает ВП по форме более схожий с ВП нормальной выборки, а выборка 1 – с депрессивными пациентами. Как уже было сказано в главе, посвященной ритмам ЭЭГ в их связи с эмоциями (см. Раздел 4), в литературе имеются данные, свидетельствующие о связи тета-ритма с реакцией пассивного страха у млекопитающих. Усиление тета-активности происходит в задачах «обусловливания страха». Также имеются данные об изменениях тета-ритма у депрессивных больных – увеличение амплитуды с понижением корреляции в лобных долях (Linkenkaer-Hansen K. et al., 2005). Следовательно, можно предположить, что полученные нами выборки по амплитуде N170 ВП на эмоциогенную ситуацию были вызваны депрессивным состоянием 4 человек, попавших в выборку 1.

Было выяснено, что в выборке 2 компонент N170 отражает различия между нейтральной и эмоциогенной стимуляцией в отведениях Fp1, Fpz, Fp2, F3, F4, T4, T5 и между положительными и отрицательными эмоциогенными слайдами в отведениях Fp2 и F4. Наилучшее различие эмоционально положительных и эмоционально отрицательных стимулов в правых отведениях соотносится с гипотезой о большей различительной способности в отношении эмоций правого полушария (Хомская Е.Д., Батова Н.Я., 1998). С данным утверждением согласуются результаты наших исследований, где показано, что изменение спектра мощности ЭЭГ в диапазоне альфа- и бета-ритма в височных и лобных отведениях в зависимости от знака эмоциональной реакции наиболее выражено в четных (правосторонних) отведениях.

С учётом литературных данных, касающихся нейроанатомии эмоций, в работе была предпринята попытка построить дипольные модели, наилучшим образом описывающие изменения формы ВП при отрицательной, положительной и нейтральной эмоциональной стимуляции. Для двух испытуемых (представителей выборки 1 и выборки 2) модель с наилучшим коэффициентом дипольности для ответа как на положительные, так и на отрицательные стимулы удавалось построить, располагая диполи в области миндалины и лобной коры. При этом наиболее эффективным было сочетание обеих миндалин и диполя в левой лобной коре. Что может быть объяснено тем, что лобная кора, берёт на себя функцию не столько переживания, сколько контроля эмоциональной реакции, как это подчеркивалось неоднократно в работах Davidson R.J. с соавторами (Davidson R.J. et al., 1999, Davidson R.J.; Irwin W., 1999). Ответ на нейтральную стимуляцию описывается наилучшим образом с

привлечение диполей в затылочной коре. Это можно объяснить тем, что при отсутствии интенсивной эмоциональной реакции наибольший вклад в суммарную активность мозга вносит зрительная кора.

Результаты дипольного моделирования в сочетании с изменениями вегетативных показателей и значениями субъективных различий между стимулами, а также дизайн исследования, включающий усреднение ответов на разные стимулы со схожей эмоциональной окраской, позволяют нам утверждать, что выделенный ответ связан непосредственно с эмоциональным реагированием.

При анализе спектральных характеристик ЭЭГ было отмечено, что значимые различия между эмоционально положительными и отрицательными стимулами значимо проявляются в диапазонах 9-12 Гц и 18-20 Гц в отведении F7, а также в диапазоне 6-8 Гц в отведениях F4 и F8.

Поведение тета- и бета-ритмов при эмоциогенной стимуляции наиболее различается у представителей мужской и женской выборок. Учитывая меньшее количество испытуемых в мужской выборке и, в общем, меньшую мощность бета-ритма у мужчин, мы не можем говорить о значимых половых различиях в динамике ЭЭГ. Однако, опираясь на данные Campanella S. с соавт. (Campanella S. et al., 2004), а также результаты других авторов (Canli T. et al., 2002; Gur R.C. et al., 2002; Wrase J., 2002), необходимо отметить, что половые различия должны приниматься во внимание при любом исследовании аффективной сферы. Различия в нервных путях, лежащих в основе эмоциональной модуляции у мужчин и женщин, могут привести к поведенческим различиям в переработке эмоциональной информации. В нашем исследовании на основе визуального анализа мощности спектра ЭЭГ у мужчин наиболее четко проявилась функциональные различия между бета- и тета-ритмами. Мощность бета-ритма увеличивается при положительной стимуляции, а тета – при отрицательной. Возможно, мы имеем дело с проявлением работы двух функциональных систем, находящихся в реципрокных отношениях. Но, учитывая то, что данная особенность проявляется исключительно у мужчин, она не может рассматриваться как универсальный критерий для определения знака переживаемой эмоции.

Показатель		Положительные эмоции		Отрицательные эмоции	
		Мужчины	Женщины	Мужчины	Женщины
Показатели мощности спектра ЭЭГ	амплитуда альфа-ритма	более выраженная депрессия альфа-ритма в сравнении с нейтральным условием в лобных и височных отведениях		мощность альфа ритма больше или равна мощности альфа при нейтральном условии в лобных и височных отведениях	
	амплитуда бета-ритма	увеличение мощности бета-ритма в сравнении с нейтральным условием в лобных и височных отведениях		уменьшение мощности бета-ритма или его неизменность в сравнении с нейтральным условием в лобных отведениях, в височных - увеличение или равенство	снижение амплитуды в сравнении с нейтральным условием в височных и лобных отведениях
	амплитуда тета-ритма	снижение мощности тета-ритма в лобных и височных отведениях в сравнении с нейтральным условием	увеличение мощности тета-ритма в сравнении с нейтральным условием в лобных и височных отведениях	увеличение мощности тета-ритма в сравнении с нейтральным условием в лобных и височных отведениях	снижение амплитуды тета-ритма в лобных и височных отведениях в сравнении с нейтральным условием
ВП	амплитуда компонента N170			разница между амплитудой N170 на отрицательные и нейтральные стимулы максимальна	
Показатели работы ВНС	ЧСС	ЭКГ МО меньше, чем при нейтральной стимуляции		ЭКГ МО больше, чем при нейтральной стимуляции	

**Таблица 1.** Сводная таблица результатов экспериментального исследования

В таблице представлены различия в поведении мощности спектра, амплитуды компонента N170 ВП и количестве сердечных ударов в минуту (по ЭКГ МО) при положительных и отрицательных эмоциях.

## Раздел 9. Выводы.

На основе анализа и обсуждения результатов проведенного исследования, были сделаны следующие выводы:

1. Для диагностики знака эмоциональных реакций необходимо и достаточно использовать комплекс показателей суммарной активности мозга (ЭЭГ) и активности вегетативной нервной системы (ЭКГ).

2. Надежным диагностическим признаком знака переживаемой эмоции для здорового взрослого человека (мужчины или женщины) является амплитуда компонента N170 ВП в лобных и центральных отведениях в сочетании с мощностью альфа-ритма в лобных и височных отведениях.

3. Существуют половые различия в изменении ЭЭГ в ответ на эмоциогенную стимуляцию. У мужчин при положительных эмоциональных реакциях наблюдается усиление бета- и депрессия тета-ритма, а при отрицательных эмоциональных реакциях происходит ослабление бета- в сочетании с усилением тета-ритма. У женщин данная тенденция не наблюдается.

## **Основные публикации по теме диссертации**

### ***Статьи в рекомендованных в ВАК изданиях***

1. Лапшина Т.Н. ЭЭГ–индикация эмоциональных состояний человека [Текст] //Лапшина Т.Н. // Вестник МГУ. Сер.14 "ПСИХОЛОГИЯ". – 2004. - №2. – с. 101-102.
2. Lapshina T.N. EEG correlates of emotion [Текст] // International Journal of Psychophysiology. – 2006 - Vol. 61 - № 3, p. 328.
3. Лапшина Т.Н. Объективные показатели для моделирования эмоциональных реакций человека [Текст] /Лапшина Т.Н. // Автоматизация и современные технологии. – 2006. - №10. – с. 45-46.

### ***Научные статьи и тезисы докладов***

4. Лапшина Т.Н. Выявление ЭЭГ-индикаторов эмоционального реагирования человека на визуальную стимуляцию [Текст] /Лапшина Т.Н. // Материалы IX международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых "Ломоносов". Секция психология. Под. ред. Подольского А.И. – М.: Изд-во "Академ Принт". – 2002. – с. 194-195.
5. Лапшина Т.Н. ЭЭГ-индикация эмоциональных реакций [Текст] /Лапшина Т.Н. // Материалы X международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых "Ломоносов". Часть I. М.: Изд-во Московского Университета. – 2003. – с. 367-368.
6. Лапшина Т.Н. Биологическая обратная связь как психофизиологическое воплощение позитивной психотерапии [Текст] /Лапшина Т.Н. // Прикладная психология как ресурс социально-экономического развития России. М.: АНО УМО «Инсайт». – 2005. – с. 245-247.
7. Лапшина Т.Н. Психофизиологическая диагностика эмоций человека по показателям ЭЭГ [Текст] /Лапшина Т.Н. // Материалы Международной научно-практической конференции "Развитие научного наследия Бориса Михайловича Теплова в отечественной и мировой науке (к 110-летию со дня рождения)". 15-16 ноября 2006 года. Научный сборник. – М.: БФ "Твердислов". – 2006. – с. 160-165.