

На правах рукописи

Дубынин Игнат Анатольевич

**УЗНАВАНИЕ И ОПОЗНАНИЕ ЛИЦ: ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ  
И ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ**

Специальность 19.00.02 – Психофизиология (психологические науки)

Автореферат  
диссертации на соискание учёной степени  
кандидата психологических наук

Москва – 2007

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

Научный руководитель: доктор психологических наук  
Черноризов Александр Михайлович

Официальные оппоненты: доктор психологических наук  
Гусев Алексей Николаевич  
кандидат психологических наук  
Глебов Виктор Васильевич

Ведущая организация: Институт психологии Российской академии наук

Защита состоится «30» мая 2007 г. в 15 часов на заседании диссертационного совета Д 501.001.15 при МГУ имени М.В. Ломоносова по адресу: 103009, Москва, ул. Моховая, дом 11, корпус 5, аудитория 102.

Текст автореферата опубликован на сайте факультета психологии МГУ имени М.В. Ломоносова [www.psy.msu.ru](http://www.psy.msu.ru) «28» апреля 2007 г.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы исследования.** Проблема изучения процессов зрительного узнавания и опознавания объектов окружающего мира всегда была одной из самых значимых в психологии. Особый интерес вызывает здесь изучение процессов узнавания и опознавания лиц, поскольку восприятие данной категории объектов играет важнейшую, биологически и социально значимую роль в жизни человека. Зрительное восприятие объектов, в том числе лиц, может рассматриваться в двух аспектах. В первом случае речь идет об *узнавании* объектов как таковых среди объектов, относящихся к другим классам. Второй аспект касается восприятия конкретных, знакомых объектов. Этот процесс обозначается термином «*опознавание*». Современный этап исследования этой проблемы характеризуется определенными достижениями в раскрытии многих психологических аспектов и понимании некоторых физиологических механизмов узнавания и опознавания. Значительный вклад в изучение данной проблемы внесли К. Коффка, М. Вертгеймер, Р. Солсо, В.М. Кроль, А.Р. Лурия, Р. Причард, Д. Хьюбел, Т. Визель, В. Маунткасл, М.С. Шехтер, Е.Н. Соколов, Е. Тульвинг, А. Раделл, Б. Роушен и многие др.

В настоящее время накоплен богатый экспериментальный материал, который позволил сформулировать ряд принципов обработки информации в процессах узнавания и опознавания различных объектов, в том числе, лиц. Так, в психологии было выделено два основных подхода. Первый подход основывается на предположении о приоритете целостного образа перед анализом составляющих элементов. Второй подход базируется на противоположных взглядах: сначала происходит узнавание и опознавание отдельных элементов, и лишь затем перцептивной системой выдвигается гипотеза о типе воспринимаемого образа. Существуют также представления, с помощью которых так или иначе пытаются объяснить психологические механизмы узнавания и опознавания. Так, одна из теоретических концепций предполагает сравнение стимулов с прототипами – некоторыми абстрактными образами воспринимаемых объектов. Другая теория исходит из принципа сопоставления сенсорной информации с некоторыми эталонными мысленными формами; узнавание и опознавание в этом случае происходят при совпадении стимула с эталоном. В качестве самостоятельного направления можно выделить гештальт-подход, который подчеркивает важность организации элементов зрительного опыта в процессах узнавания и опознавания.

Психофизиологические исследования в значительной степени были посвящены поиску мозговых механизмов, которые могут участвовать в обеспечении процессов

узнавания и опознания. Вместе с тем, психологические и психофизиологические механизмы узнавания и опознания лиц исследованы недостаточно. В психологии отсутствует однозначное понимание работы перцептивной системы при разворачивании процессов узнавания и опознания. Нет единого мнения по поводу формирования и хранения следов памяти на узнаваемые и опознаваемые лица. Имеются также противоречивые мнения по вопросу о том, какие мозговые структуры обеспечивают функционирование процессов узнавания и опознания лиц. Не ясен характер взаимодействия мозговых структур при разворачивании процессов узнавания и опознания лиц. Кроме того, большая часть как психологических, так и психофизиологических экспериментальных исследований посвящена когнитивному аспекту обработки информации в процессах узнавания и опознания лиц без учета влияния эмоционального компонента восприятия. Все вышеперечисленное и определяет актуальность выбранной нами темы исследования.

**Цель и задачи исследования.** Основной целью данного исследования было выявление психологических и психофизиологических механизмов процессов узнавания и опознания лиц. Для достижения данной цели решались следующие задачи:

1. Изучить психологические и психофизические характеристики процессов узнавания и опознания лиц.
2. Провести исследование вызванных потенциалов (ВП) мозга при разворачивании процессов узнавания и опознания лиц.
3. На основе параметров вызванных потенциалов мозга и с использованием метода искусственных нейронных сетей разработать и апробировать психофизиологическую методику для идентификации процессов узнавания и опознания лиц.
4. Произвести анализ распределения в мозге дипольных источников ВП, связанных с процессами узнавания и опознания лиц и на основе этого анализа локализовать мозговые структуры, реализующие механизмы процессов узнавания и опознания лиц.

#### **Гипотезы исследования.**

1. Узнавание и опознание не являются чисто перцептивными процессами и реализуются на основе взаимодействия механизмов восприятия, памяти и эмоций.
2. Вызванные потенциалы мозга содержат информацию о когнитивных и эмоциональных компонентах опыта субъекта, актуализируемых (с разной степенью выраженности) по ходу протекания процессов узнавания и опознания.

3. Метод искусственных нейронных сетей в сочетании с методом вызванных потенциалов может послужить основой для разработки нового методического подхода к изучению и моделированию механизмов когнитивных процессов.

#### **Методологические и теоретические предпосылки исследования.**

Данное исследование базируется на фундаментальных работах в области психологии, психофизики, нейропсихологии, нейрофизиологии и психофизиологии. При исследовании психологических особенностей процессов узнавания и опознания лиц мы опирались на когнитивный подход к изучению познавательных процессов на базе информационно-методической метафоры. Основы вышеуказанного подхода были заложены в работах отечественных психологов: А.Р. Лурии, Б.Г. Ананьева, Л.М. Веккера, В.П. Зинченко, А.Н. Леонтьева, Б.Ф. Ломова, Н.А. Бернштейна и др., зарубежных психологов: Н. Линдсея, Д. Нормана, У. Найссера, Л. Миллнера, и многих других. В работе использовались положения гештальт-психологии, сформулированные М. Вертгеймером и К. Коффкой, и положения о перцептивных действиях, сформулированные П.Я. Гальпериним и Н.Н. Ланге. Мы также опирались на представления об участии когнитивной и эмоциональной составляющих при оценке стимула, разработанные R.S. Lazarus, S. Folkman, P. Ellsworth и др. Психофизиологическое исследование узнавания и опознания лиц базировалась на принципе функциональной организации коры головного мозга, предложенном В. Маунткаслом, векторном подходе к кодированию информации, разработанном Е.Н. Соколовым, концепции информационного синтеза А.М. Иванецкого.

#### **Методы исследования.**

При исследовании психологических характеристик процессов узнавания и опознания лиц нами использовались две методики: для контроля субъективной эмоциональной составляющей процесса восприятия знакомых лиц использовалась модификация метода субъективного шкалирования – метод прямой числовой оценки [Ратанова, 1990]. Для исследования динамики восприятия нами был применен метод тахистоскопического предъявления стимулов с обратным паттерновым маскированием [Кроль, 2005]. Тахистоскоп был реализован в виде компьютерной программы, созданной автором. В психофизиологическом исследовании использовался электроэнцефалографический метод регистрации когнитивных вызванных потенциалов мозга (система «Энцефалан 131-03»). Для исследования полученных вызванных потенциалов использовался классический компонентный метод анализа в совокупности с методом искусственных нейронных сетей: нейроклассификатор Т.Кохонена, реализованный в про-

граммном эмуляторе SOMap Analyser 3.0 пакета Deductor Lite и нейроэмулятор Neuro-Pro 0.25. Для изучения связи вызванных потенциалов с мозговыми структурами использовался метод локализации дипольных источников, представленный в программе BrainLoc 6.0.

**Надежность и достоверность результатов** обеспечивались применением методов регистрации и обработки данных, адекватных специфике предмета и задачам данного исследования, организацией экспериментальной процедуры в соответствии со стандартами проведения психологических и психофизиологических исследований, тщательностью качественного анализа полученных данных, а также использованием при обработке последних специализированных математических методов, соответствующих особенностям эмпирических данных. Так, например, количество предъявляемых стимулов для психологического исследования оценивалось по эмпирической формуле расчета необходимого объема выборки при заданном уровне ошибки и вероятности оцениваемого параметра (Лакин, 1980). Анализ ВП производился с контролем достоверности обнаруженных различий с помощью двухстороннего W критерия Вилкоксона, непараметрического  $\chi^2$  критерия Фридмана (для сравнения пар ВП). В случае обнаружения статистически достоверных различий средних значений компонентов в парах ВП, для проверки того, какие именно значения различаются, использовался q критерий Ньюмена – Кейлса. Возможная связь психофизиологических и психологических показателей оценивалась с помощью непараметрической корреляция Спирмена. Для всех статистических критериев нами был принят уровень значимости  $p < 0.05$ .

#### **Основные положения, выносимые на защиту:**

1. В процессах узнавания и опознания можно выделить несколько последовательно сменяющих друг друга стадий, различающихся временными параметрами и степенью сформированности узнаваемого или опознаваемого перцептивного образа. Число и выраженность стадий не являются жестко фиксированными и варьируют как функция условий восприятия и индивидуальных особенностей испытуемых.
2. Существование одних и тех же стадий, как в процессе узнавания, так и в процессе опознания свидетельствует о принципиальном сходстве мозговых механизмов их реализации. Принцип работы последних может быть основан на операции сравнения (перебора) признаков «наличного образа» с признаками «эталонов памяти», представляющих индивидуальные объекты и их объединения (классы).
3. Механизмы узнавания и опознания представляют собой «распределенную модульно-градиентную систему» мозга, включающую в качестве лабильных звеньев механизмы восприятия, памяти и эмоций.

4. Когнитивные и эмоциональные составляющие процессов узнавания и опознавания лиц находят отражение в волновой конфигурации зрительных вызванных потенциалов мозга, что выражается в особенностях компонентного состава и амплитудных параметров последних.

5. Построение искусственных нейросетей позволяет перейти от традиционного компонентного анализа вызванных потенциалов к комплексному их анализу на основе учета всей формы каждого потенциала в целом в виде многомерного вектора. Это открывает перспективную возможность для разработки методик оценки индивидуальных различий, а также моделирования нейронных механизмов генерации суммарной активности мозга, сопровождающей протекание исследуемых психических свойств, процессов и состояний.

#### **Научная новизна и теоретическая значимость**

Проведено комплексное психофизиологическое исследование процессов узнавания и опознавания лиц, учитывающее как психологический, так и психофизиологический аспекты данных процессов.

Разработана эффективная экспериментальная методика выявления электрофизиологических коррелятов процессов узнавания и опознавания лиц на основе вызванных потенциалов мозга и метода локализации дипольных источников.

В ходе диссертационного исследования разработан и апробирован принципиально новый подход к анализу вызванной электрической активности головного мозга, основанный на векторном представлении данных. В рамках данного подхода предложен конкретный метод дискриминации ВП на предъявление знакомых и незнакомых лиц. Предполагается, что данный подход можно успешно применить к анализу вызванных потенциалов любого типа.

В данной работе получены объективные психологические и психофизиологические данные, показывающие, что процесс зрительного восприятия знакомых объектов, в частности, лиц, предполагает наличие как когнитивной, так и эмоциональной составляющей, мозговой эквивалент которых представляет собой не локальную, а пространственно распределенную структуру.

#### **Практическая значимость**

Разработанный метод исследования и классификации вызванных потенциалов на лица с помощью искусственных нейросетей представляется очень перспективным в плане практического использования. Специально обученная нейросеть может служить в качестве вспомогательного инструмента в клинической диагностике нарушений дея-

тельности головного мозга по вызванным потенциалам, например, при прозопагнозии. Предложенный нейросетевой подход может также применяться для создания автоматизированной процедуры инструментального психофизиологического опроса (детекция скрываемых знаний).

### **Апробация работы**

Предварительные результаты исследования были представлены и обсуждены на Всероссийской конференции по проблемам корпоративной безопасности (Тверь, 2005); межрегиональной юбилейной научно-практической конференции «XX Мерлинские чтения», (Пермь, 2005). Некоторые методические подходы данного исследования были затронуты в докладах на второй и третьей международных конференциях «Психолого-педагогические проблемы одаренности: теория и практика». (Иркутск, 2001, 2003); третьем Всероссийском съезде психологов (Санкт-Петербург, 2003); Всероссийской научной конференции молодых ученых «Наука, технологии, инновации» (Новосибирск, 2004); первой международной научно-практической конференции «Психология образования: проблемы и перспективы» (Москва, 2004); Всероссийской научной конференции молодых ученых (Новосибирск, 2004); международной научно-практической конференции (Иркутск, 2005). Представленные в работе результаты и основные положения диссертации обсуждались на заседаниях кафедры общей психологии факультета психологии Иркутского госпедуниверситета и на заседаниях кафедры психофизиологии факультета психологии МГУ им. М.В. Ломоносова. По методам и результатам диссертационного исследования опубликовано 13 печатных работ.

**Структура диссертации.** Диссертация состоит из введения, обзора литературы, эмпирической части, включающей описание методики и результатов исследования, обсуждения результатов, выводов, списка использованной литературы, приложения. Основной текст диссертации изложен на 205 страницах и включает в себя 12 таблиц и 66 рисунков. Библиография содержит 443 источников, из них 291 на иностранных языках.

## **СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ**

Во **введении** обосновывается актуальность, научная новизна и практическая значимость работы, формулируются цель и задачи исследования, описывается методологическая основа, формулируются основные положения, выносимые на защиту.

**Обзор литературы** состоит из двух параграфов. В **первом параграфе** рассматриваются основные теоретические подходы и экспериментальные исследования про-

цессов узнавания и опознания различных объектов в психологии и психофизике. Рассмотренные в этой части работы данные позволили сделать вывод о том, что узнавание и опознание обеспечиваются сложной системой обработки зрительной информации, которая осуществляет как организованный анализ элементов перцептивного образа, так и синтез этих элементов. Перцептивный процесс при узнавании, а в особенности при опознании, субъективно переживается как одномоментное событие, однако, на самом деле он состоит из стадий, каждая из которых соответствует определенной стадии восприятия. Литературные данные показали, что в общем виде восприятие происходит по следующим, последовательно разворачивающимся стадиям: аморфная, недифференцированная оценка; выделение отдельных элементов объекта, предварительная идентификация; окончательная идентификация. При этом отдельные элементы перцептивного образа выбираются зрительной системой не случайно, а соответствуют целостным единицам восприятия.

Во втором параграфе литобзора проанализированы нейропсихологические, нейрофизиологические и психофизиологические данные о связях мозговых структур с процессами узнавания и опознания различных объектов. Анализ экспериментальных данных, посвященных поиску областей мозга, связанных с процессами узнавания и опознания различных объектов, в том числе лиц, показал, что в настоящее время нельзя однозначно ответить на вопрос, какие структуры мозга и каким образом обеспечивают эти процессы. Так, наиболее часто обеспечение процессов узнавания и опознания лиц связывают с нижневисочной корой, миндалиной, затыльно-височной (фузиформной извилиной), префронтальной корой. Существует также другая, имеющая экспериментальное обоснование, точка зрения, согласно которой объектная специфичность мозговых структур отсутствует.

Далее, в главе «Обзор литературы», рассматриваются основные подходы к изучению процессов опознания и узнавания с помощью электрофизиологических методов, в частности, метода ВП. Рассмотрены так называемые «когнитивные ВП» – являющиеся ВП «общего типа», т.е., связанные со многими когнитивными (высшими) мозговыми процессами: восприятием, памятью, вниманием и другими процессами. Также рассмотрены «специализированные» позднелатентные ВП, специфичные только для определенного типа объектов, например, лиц, слов и т.д. Проиллюстрировано наличие специфичности ВП к фактору знакомости воспринимаемых объектов-лиц.

В конце главы «Обзор литературы» приводится обоснование выбранного методического подхода. Исследования процессов узнавания и опознания, проведенные

с использованием метода ВП, привели к обнаружению множества компонентов, каждый из которых обнаруживал специфичность по отношению к определенным незнакомым (узнаваемым) или знакомым (опознаваемым) объектам. Были описаны как компоненты «универсального» типа, характерные, по мнению исследователей, для процессов узнавания и опознавания любых типов объектов, так и специфические компоненты, чувствительные к определенному типу объектов, в частности, к лицам. Причем, были описаны как компоненты ВП, связанные с узнаванием лиц, так и компоненты, характерные для процесса опознавания лиц. Несмотря на все преимущества метода ВП (простота реализации, высокое разрешение по времени), неясной остается динамика взаимодействия изучаемых мозговых структур, более того, оказывается затруднительным просто и надежно дифференцировать ВП, в зависимости от их типологической принадлежности.

Основная проблема изучения процессов узнавания и опознавания конкретных типов объектов, например, лиц, заключается также в сложности реализации адекватного экспериментального сценария. Узнавание и опознавание являются сложными процессами и сопряжены с протеканием в мозге множества разновременных и, вероятно, некоторых параллельных процессов. В связи с этим, исследование ранних этапов развертывания процессов узнавания и опознавания представляется более перспективным, поскольку тем самым снижается вероятность «размытия» изучаемых процессов.

Еще одна проблема, на которую обратили внимание исследователи, в частности, Э. Голдберг [2003], связана с «искусственностью» типичных экспериментов по изучению когнитивных процессов. Дело в том, что большинство экспериментальных ситуаций предполагают полный контроль над деятельностью испытуемых, кроме того, часто используются весьма специфические, не характерные для опыта испытуемых, стимулы. В этом смысле использование в качестве стимулов «обычных» фотографических изображений лиц представляется более адекватным, поскольку приближает процессы узнавания и опознавания к естественным.

Глава «Методика» содержит описание испытуемых, стимулов, процедуры и методов сбора и обработки данных, использованных для изучения психологических и психофизиологических механизмов узнавания и опознавания лиц.

Экспериментальное исследование состояло из психологической и психофизиологической части. Психологическая часть включала тахистоскопическое психофизиологическое исследование, а также исследование по субъективному шкалированию эмоциональных оценок знакомых стимулов-лиц.

В психофизических экспериментах с тахистоскопом приняли участие 7 человек. В психологическом исследовании по эмоциональному оцениванию знакомых стимулов участвовали 16 человек. В основных сериях психофизиологического эксперимента приняли участие 98 человек, из них в контрольных сериях эксперимента участвовали 12 человек. Процедура эксперимента с тахистоскопическим предъявлением стимулов заключалась в следующем: испытуемому на экране компьютерного монитора с помощью специальной программы предъявлялись черно-белые фотографические изображения четырех категорий стимулов: 1. знакомые лица; 2. незнакомые лица; 3. знакомые здания; 4. незнакомые здания. В данном эксперименте использовались шесть основных серий, отличающихся по времени предъявления. В каждой серии все стимулы предъявлялись одинаковое время. Минимальное время предъявления тестовых стимулов составляло 50 мс, максимальное – 300 мс. Шаг приращения времени предъявления для каждой серии составлял 50 мс. Появлению тестовых стимулов предшествовало фоновое поле однородного нейтрально-серого цвета средней яркости, без точки фиксации, появляющееся на 1-2 секунды. Сразу после экспозиции тестового стимула предъявлялось маскирующее изображение, которое представляло собой фотомозаику из случайным образом перемешанных фрагментов тестовых стимулов. Тестовые стимулы предъявлялись в равномерной псевдослучайной последовательности. Для каждого времени предъявления (серии) использовались 400 уникальных фотографических изображений, по 100 для каждой из четырех категорий стимулов. Всего в данном эксперименте было использовано  $100 \times 4 \text{ категории} \times 6 \text{ серий} = 2400$  стимулов. Такой сценарий эксперимента обеспечивал примерно 9% ошибку оценки вероятностей правильного восприятия стимулов.

Суть психологического исследования по эмоциональному оцениванию знакомых стимулов заключалась в проведении опроса испытуемых, которым предлагалось произвести субъективную оценку предъявленных стимулов (использовались стимулы из серии «знакомые лица» электроэнцефалографического исследования). Оценка производилась испытуемыми самостоятельно по условной 20-ти балльной шкале от минус 10 до плюс 10. Крайняя отрицательная точка шкалы означала максимально неприятное впечатление от предъявленного изображения, крайняя положительная точка – максимально приятное впечатление от предъявленного стимула. Средняя нулевая точка шкалы обозначала нейтральное, полностью безразличное отношение к увиденному изображению. Испытуемых предварительно просили давать ответы быстро, не задумываясь.

**Психофизиологическая часть** была представлена электрофизиологическим исследованием с последующим выделением вызванных потенциалов мозга. Испытуемому, сидящему в специальном кресле перед монитором компьютера, предъявлялись стимулы; одновременно производилась запись скальповой электроэнцефалограммы (ЭЭГ) от 21 отведения, размещенного согласно международной системе 10–20%. Кроме того, для режекции артефактов одновременно производилась запись электрокардиограммы и окулограммы. Стимульный ряд в электроэнцефалографическом исследовании состоял из двух последовательностей: одна серия («лица») состояла из фотографий знакомых и незнакомых испытуемому человеческих лиц, другая («слова») – из изображений осмысленных слов и бессмысленных буквосочетаний (русского языка). Все стимулы представляли собой черно-белые фотографические изображения со следующими параметрами: 256 градаций серого при разрешении 640x480 пикселей. Серии следовали последовательно друг за другом с небольшим перерывом, равным примерно 60 сек: сначала серия «лица», затем серия «слова». Общее количество предъявляемых стимулов составляло: для серии «лица» 177 стимулов, для серии «слова» 168 стимулов.

Длительность каждой из двух серий составляла около 90 сек. Подача стимульного ряда была организована таким образом, что вероятность появления на экране монитора значимого стимула в любой последовательности составляла около 20%. Фоновый стимул представлял собой равномерное заполнение экрана монитора нейтрально-серым цветом средней яркости. Точки фиксации на мониторе не было, однако, всех испытуемых просили смотреть в центр экрана, по возможности избегая лишних глазодвигательных движений. Длительность предъявления стимулов в основном варианте эксперимента составляла 500 мс. Продолжительность фонового стимула равнялась 16 мс. В эксперименте последовательность стимулов повторялась, и в результате вся стимуляция представляла из себя ряд чередований: стимул - фон - стимул – фон.

#### *Контрольные эксперименты*

Для проверки предположения, что полученные различия в ВП при предъявлении фотографических изображений лиц вызваны особенностями функционирования общих психофизиологических механизмов опознания и узнавания лиц, а не связаны с конкретными стимулами, вызывающими сугубо специфические электрофизиологические ответы, был проведен контрольный эксперимент, который состоял в предъявлении трех серий стимулов. Первая стимульная серия являлась полным аналогом серии «лица» основного эксперимента. Во второй серии, в качестве знакомого лица (значимого

стимула), использовались другие фотографические изображения (фотографии современных политических деятелей). Третья серия была контрольной. В ней, в качестве значимого стимула, предъявлялись фотографии заведомо неизвестных испытуемому лиц. Предъявление осуществлялось по методике вероятностного предъявления стимулов («odd-ball paradigm»), параметры вероятности появления значимых стимулов соответствовали экспериментальной серии «лица» (псевдослучайное предъявление стимулов, среди которых вероятность появления значимого стимула составляла около 20%). Все остальные параметры данных серий соответствовали параметрам серии «лица» основной части эксперимента. Порядок предъявления серий чередовался. Длительность паузы между сериями дополнительного контрольного эксперимента составляла около одной минуты.

Для контроля общего функционального состояния во время эксперимента, а также для оценки некоторых параметров при анализе ВП, например, уровня шума спонтанной ЭЭГ в отсутствие стимуляции, в начале, в середине (между сериями) и в конце всех электроэнцефалографических экспериментов регистрировалась фоновая ЭЭГ активность в течение одной минуты. Эта фоновая ЭЭГ, в частности, была использована при получении «шумовых ВП» при статистическом анализе разностных ВП на серию «лица». При регистрации фоновой ЭЭГ испытуемые находились в состоянии спокойного бодрствования, с открытыми глазами.

### **Обработка полученных данных**

По данным исследуемых ВП были рассчитаны координаты подвижных эквивалентных дипольных источников по 21-му отведению для однодипольной и двухдипольной моделей. Использовался режим «лучшая модель» с выводом параметров тех диполей, для которых коэффициент дипольности (КД) был равен или превышал уровень 0,95. Все расчеты осуществлялись в программе BrainLoc.

Обработка результатов исследования при тахистопическом предъявлении изображений осуществлялась авторской программой по следующему алгоритму: после подсчета числа правильных узнаваний и опознаний для каждой временной серии вычислялась вероятность опознания или узнавания для каждой из четырех категорий стимулов (незнакомые лица, знакомые лица, незнакомые здания, знакомые здания). Вероятность рассчитывалась для каждой временной серии как отношение правильно узнаваемых или опознанных объектов к общему количеству предъявленных объектов для данной временной серии.

Субъективные оценки эмоционального впечатления от предъявленных стимулов по 20-балльной условной шкале, полученные в ходе опроса испытуемых, заносились в таблицу. Эти оценки далее сопоставлялись с данными, полученными в результате электрофизиологического исследования.

Обработка электрофизиологических записей производилась после режекции глагодвигательных и прочих артефактов. С целью уменьшения влияния помех полоса частот ЭЭГ была ограничена диапазоном 1–30 Гц. Вызванные потенциалы (ВП) мозга рассчитывались с помощью авторской программы по стандартной схеме когерентного усреднения. Производилось раздельное усреднение ВП для каждой экспериментальной серии. Были получены ВП следующих основных типов:

1.) серия «лица», значимые стимулы; 2.) серия «лица», незначимые стимулы; 3.) разностный ВП: серия «лица», (значимые стимулы) минус серия «лица», (незначимые стимулы); 4.) серия «слова», значимые стимулы; 5.) серия «слова», незначимые стимулы; 6.) разностный ВП: серия «слова», (значимые стимулы) минус серия «слова», (незначимые стимулы).

Имеющиеся данные по ВП на серию «лица» были использованы для обучения нейросети Кохонена, с целью оценки конфигуративной схожести ВП. Далее, с учетом полученных при формировании нейросетей Кохонена результатов, был проведен цикл формирования нейросетей с различными параметрами, основанных на управляемом обучении (обучении «с учителем»). В качестве входных данных для ИНС использовались числовые отсчеты амплитуд ВП на знакомые и на незнакомые лица. Нейросети обучались давать на выходе заранее известные значения принадлежности ВП к классу «знакомые лица» или классу «незнакомые лица».

Глава «**Результаты исследования**» состоит из пяти параграфов. В **первом параграфе** описываются результаты психологического исследования. Полученные результаты свидетельствуют в пользу того, что процессы узнавания и опознавания включают ряд стадий, обозначенных следующим образом: 1. аморфное восприятие; 2. приблизительная классификация; 3. окончательная классификация (идентификация). В таблице 1 представлены усредненные по всем испытуемым результаты наблюдения данных стадий в процентном соотношении. Указанные в таблице проценты получены в результате подсчета количества стимулов, для которых была отмечена та или иная стадия.

Стадии восприятия при тахистоскопическом предъявлении стимулов

Временная серия	50 мс	100 мс	150 мс	200 мс	250 мс	300 мс
<b>Стадия</b>	<b>Аморфное восприятие</b>					
Незнакомые лица	6%	0%	0%	0%	0%	0%
Знакомые лица	32%	6%	1%	0%	0%	0%
Незнакомые здания	22%	1%	0%	0%	0%	0%
Знакомые здания	48%	14%	2%	0%	0%	0%
<b>Стадия</b>	<b>Приблизительная классификация</b>					
Незнакомые лица	68%	37%	13%	9%	4%	2%
Знакомые лица	21%	15%	6%	1%	1%	1%
Незнакомые здания	63%	67%	42%	19%	7%	3%
Знакомые здания	28%	34%	14%	8%	9%	0%
<b>Стадия</b>	<b>Идентификация</b>					
Незнакомые лица	26%	63%	87%	91%	96%	98%
Знакомые лица	47%	79%	93%	99%	99%	99%
Незнакомые здания	15%	32%	58%	81%	93%	97%
Знакомые здания	24%	52%	84%	92%	91%	100%

Полученные результаты относительно распределения вероятности правильного распознавания показали различия процессов *узнавания* и *опознания*. Во-первых, *узнавание* предъявляемых объектов требовало меньшего времени, чем *опознание* знакомых объектов, независимо от типа объектов (см. рис.1).

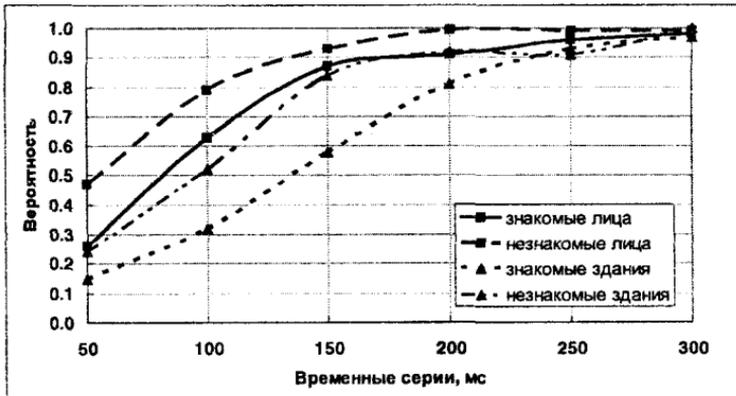


Рис.1. Вероятности правильного узнавания незнакомых изображений и опознания знакомых изображений в зависимости от времени их экспозиции при тахистоскопическом предъявлении с паттерновым обратным маскированием.

Во-вторых, особенность восприятия при *опознании* предъявляемых стимулов состояла в том, что вышеописанные стадии перцепции не всегда соблюдались. У мно-

гих испытуемых стадия приблизительной классификации «выпадала»: они сразу правильно опознавали предъявленный стимул.

Исследование по эмоциональному оцениванию предъявленных в электроэнцефалографическом исследовании стимулов позволило получить балльное выражение эмоциональной окраски знакомых стимулов-лиц. Условно разделив всю 20-балльную шкалу на пять интервалов, с шагом 4 единицы от концов шкалы, было принято выделить следующие уровни оценок: низкий – нейтральный уровень (-2; 2), средний (-2; -6 и 2; 6) и высокий (-6; -10 и 6; 10). Приняв такое разделение шкалы, мы подсчитали количество полюсных оценок для каждого из трех уровней. Так, было получено: 7 высоких положительных оценок, 3 средних положительных оценки, 3 нейтральных оценки, 1 средняя отрицательная оценка, 2 высоких отрицательных оценки. Полученные в результате психологического исследования данные учитывались нами при сравнительном анализе результатов с данными электроэнцефалографического исследования (см. далее).

Во втором параграфе данной главы представлены результаты психофизиологического исследования ВП мозга. Вначале описываются результаты предварительного (пилотажного) исследования, проведенного с целью нахождения оптимальных экспериментальных условий и параметров (количество усреднений, временные параметры стимуляции) для получения устойчивого ВП. Далее рассматриваются результаты основного электроэнцефалографического исследования. Сначала производится сравнительный анализ различий ВП между экспериментальными сериями (серия «лица» и серия «слова»). Затем осуществляется анализ ВП в рамках серии «лица».

В результате сравнительного анализа ВП на серию «лица» и серию «слова» были выделены компоненты, по-видимому, характерные для процесса *узнавания* лиц: позитивное колебание во временном диапазоне 120-160 мс, имеющее широкую топографическую представленность, с максимальной выраженностью в центральных и теменно-затылочных электродных отведениях (P160); негативная волна в области 160-250 мс, больше всего выраженная в центральных и теменно-затылочных отведениях (N250); волновой комплекс в области 250-400 мс, состоящий из двух компонентов: позитивной волны с пиком в области 250 мс, представленной билатерально во фронтальных и центральных отведениях (P250), и негативного колебания с латентностью пика примерно 400 мс, отмеченного больше в теменно-центральных и фронтальных отведениях (N400).

Анализ ВП для серии «лица» осложнялся значительной межиндивидуальной вариативностью. Использование самообучающейся ИНС позволило обойти данную

проблему. На основании полученных результатов исходная выборка ВП была разделена на три подтипа (кластера) по критерию конфигуративного сходства ВП.

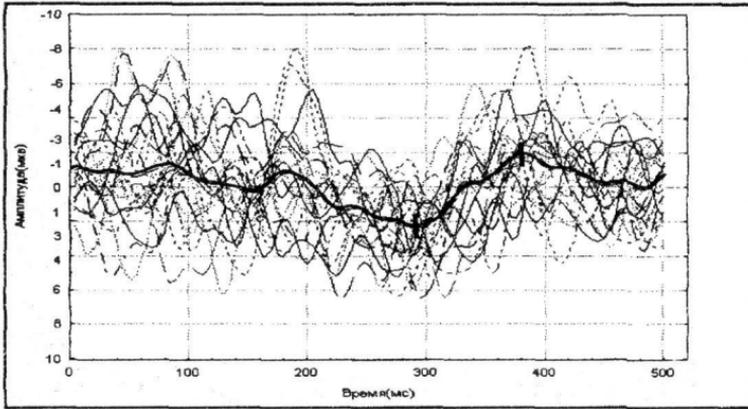


Рис.2. Вызванные потенциалы всех испытуемых, входящих в 1 кластер в отведении Fz. Вертикальными метками отмечены средние значения рассчитанных компонентов ВП.

Это позволило достоверно оценить различия между ВП на знакомые и незнакомые лица, выделив компоненты, по-видимому, отражающие процесс опознания лиц. Они были обнаружены в диапазонах латентностей 180-330 мс и 250-450 мс и имели специфичную конфигурацию для каждого подтипа ВП. На рис.2, рис.3 и рис.4 показаны разностные ВП на лица для испытуемых, относящихся к первому, второму и третьему кластерам.

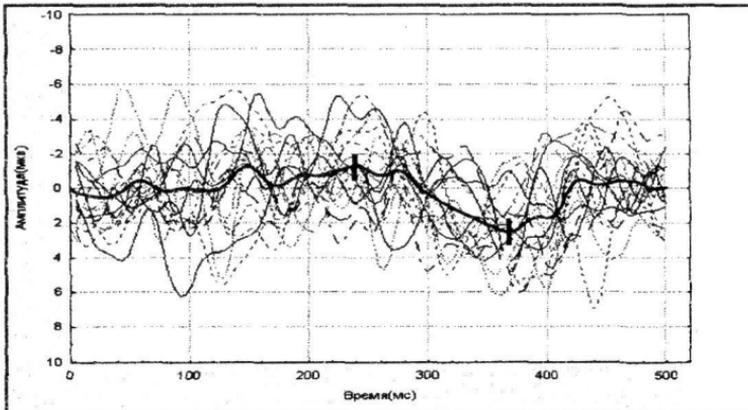


Рис.3. Вызванные потенциалы всех испытуемых, входящих во 2 кластер в отведении Fz. Вертикальными метками отмечены средние значения рассчитанных компонентов ВП.

В тех случаях, когда индивидуальные ВП можно было описать общими компонентами, были подсчитаны статистические показатели (среднее и стандартное отклонение) для параметров латентности и амплитуды.

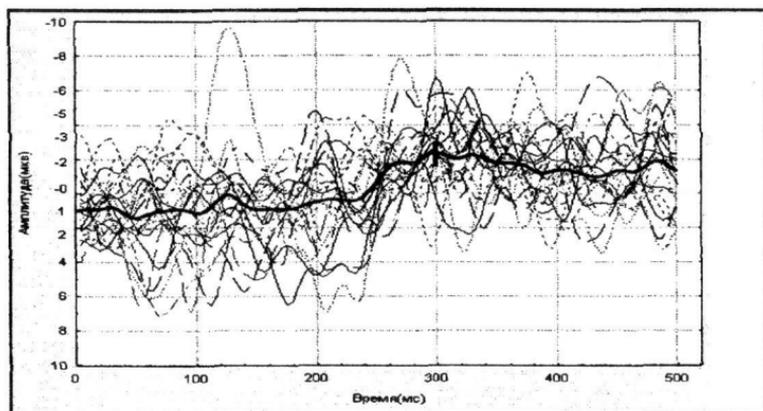


Рис.4. Вызванные потенциалы всех испытуемых, входящих в 3 кластер в отведении Fz. Вертикальной меткой отмечено среднее значение компонента ВП.

В **третьем параграфе** главы представлены результаты дипольной локализации источников мозговой активности, рассчитанные по ВП. Дипольные источники рассчитывались сначала для ВП на серию «лица», без учета фактора знакомости, затем для разностных ВП на серию «лица». Так, для ВП на серию «лица», без учета фактора знакомости, были исследованы следующие диапазоны латентностей: 120-160мс; 160-250мс; 250-400мс. В каждой из областей латентностей были обнаружены зоны активации во множестве корковых и подкорковых мозговых структур: в затылочной коре, нижневисочной извилине, префронтальной коре, мозжечке, хвостом ядра, скорлупе, миндалине, поясной извилине, таламусе, гиппокампе.

Анализ дипольных моделей для разностных ВП экспериментальной серии «лица» производился с учетом принадлежности испытуемых к той или иной подгруппе ВП (кластеру). Картина распределения дипольных источников получилась достаточно сложной. Каждый подтип ВП характеризовался особым распределением дипольных источников. Так, например, обнаружена активация множества мозговых зон: височной и затылочно-височной коры, фузиформной извилины, префронтальной коры, мозжечка, таламуса, поясной извилины, островка и гиппокампа.

В **четвертом параграфе** главы представлены результаты сопоставления данных по ВП с данными субъективной оценки стимулов. После группировки ВП по критерию субъективной оценки, данной испытуемыми, была обнаружена связь амплиту-

ды ВП с уровнем оценки эмоциональной реакции на эти же знакомые стимулы-лица. Оказалось, что испытуемые, поставившие высокие оценки эмоциональной значимости, независимо от знака (отрицательные или положительные), имели более высокие амплитуды ВП, по сравнению с амплитудами ВП испытуемых, отнесенных к остальным группам по уровню эмоциональной оценки. Для проверки данного эффекта нами была подсчитана непараметрическая корреляция Спирмена между средними значениями амплитуд ВП для каждого из 21-го электродного отведения и баллами, полученными испытуемыми при оценивании стимулов-знакомых лиц (см. таблицу 2). В качестве средних значений амплитуд бралась величина, рассчитанная путем усреднения абсолютных значений отсчетов каждого анализируемого ВП на временном отрезке от 120 мс до 500 мс. Более ранние компоненты ВП не учитывались нами из соображений страховки от возможного влияния на ВП факторов, связанных с чисто физическими особенностями стимулов. При расчете корреляций использовались абсолютные значения балльных оценок.

Таблица 2.

Коэффициенты непараметрической корреляции Спирмена  $R$  между средней амплитудой длинотентных ( $>120$  мс) компонентов ВП на знакомые лица для каждого отведения и баллами эмоциональных оценок стимулов-знакомых лиц. Жирным шрифтом выделены значимые коэффициенты при  $p < 0.05$ .

Отведения	Козфф. корреляции Спирмена, $R$	$t(N-2)$	$p$ -уровень
O1-A1	-0.034	-0.127	0.917
Oz-A2	0.072	0.272	0.789
O2-A2	0.042	0.160	0.874
T5-A1	-0.481	-2.057	0.058
P3-A1	<b>0.504</b>	<b>2.188</b>	<b>0.046</b>
Pz-A1	<b>0.505</b>	<b>2.194</b>	<b>0.045</b>
P4-A2	0.478	2.037	0.061
T6-A2	<b>0.498</b>	<b>2.153</b>	<b>0.049</b>
T3-A1	0.181	0.692	0.500
C3-A1	<b>0.523</b>	<b>2.297</b>	<b>0.037</b>
Cz-A2	<b>0.536</b>	<b>2.379</b>	<b>0.032</b>
C4-A2	<b>0.523</b>	<b>2.301</b>	<b>0.037</b>
T4-A2	0.261	1.012	0.328
F7-A1	-0.357	-1.432	0.173
F3-A1	0.494	2.126	0.051
Fz-A1	<b>0.519</b>	<b>2.273</b>	<b>0.039</b>
F4-A2	<b>0.520</b>	<b>2.275</b>	<b>0.039</b>
F8-A2	0.382	1.549	0.143
Fp1-A1	0.106	0.405	0.694
Fpz-A2	0.184	0.704	0.492
Fp2-A2	-0.149	-0.565	0.580

**Пятый, последний параграф** главы посвящен результатам обучения нейросетевого классификатора. Показано, что точность результата классификации групп по типу ВП при использовании всей выборки составила всего около 50%.

После разделения исходной выборки на три подгруппы, основываясь на результатах кластеризации картой Кохонена, был проведен цикл обучения-тестирования ИНС. Результаты распознавания выборки по подгруппам оказались существенно лучше, чем при использовании всей выборки целиком. Вычислительное моделирование показало, что наилучшими классифицирующими свойствами обладают ИНС, обученные по векторам данных центральных отведений: Pz, Cz, Fz. Среди последних, лучшие результаты ИНС классификации получены для отведения Fz (см. таблицу 3).

Таблица 3.

Результат классификации групп по типу ВП

Классификация нейросети по типу ВП:	Номер кластера, конфигурация ИНС: кол-во слоев, кол-во нейронов		
	1 кластер, 2 слоя, 1 нейрон	2 кластер, 2 слоя, 10 нейронов	3 кластер, 2 слоя, 15 нейронов
"Класс 1" (знакомые лица)	21(4)*	17(6)*	21(5)*
"Класс 2" (незнакомые лица)	21(4)*	17(4)*	21(2)*
Всего	42	34	42
Правильно	34(80,5%)	24(69,6%)	35(83,9%)
Неправильно	8(19,5%)	10(30,4%)	7(16,1%)
Ср.ошибка	0,1985	0,3037	0,1595
Макс.ошибка	0,3231	0,4826	0,2742

\*- количество ошибочных распознаваний

Приведенные в таблице 3 данные были получены путем усреднения результатов обучения консилума нейросетей: обучалось по три ИНС одной и той же конфигурации для данного отведения (Fz).

**В главе «Обсуждение результатов»** анализируются полученные данные. Глава состоит из шести параграфов. В **первом параграфе** обсуждаются особенности процессов узнавания и опознавания лиц и других объектов в условиях тахистоскопического предъявления стимулов. Обнаружено, что данные процессы хотя и состоят из нескольких стадий, но не представляют собой жестко заданные алгоритмы. Большая скорость узнавания и опознавания лиц, по сравнению с узнаванием и опознаванием других объектов, очевидно, связана с особой ролью стимулов-лиц. Выдвинуто предположение, что

большая скорость узнавания объектов, чем их опознание, связано с качественными особенностями следов памяти. Мы считаем, что при опознании задействуется более развернутая система следов памяти, но требующая большего времени на обработку, с другой стороны, память при узнавании, вероятно, хранит более абстрагированные, «свернутые» сведения об объектах, и поэтому для работы памяти в этой ситуации требуется меньшее время.

Во втором параграфе представлен анализ результатов предварительного электроэнцефалографического исследования. Обсуждаются параметры стимуляции и условий выделения ВП в различных экспериментальных сценариях. Обосновывается выбор наиболее адекватных параметров эксперимента.

В третьем параграфе обсуждаются результаты основного электроэнцефалографического исследования. Показано, что некоторые из обнаруженных компонентов ВП имеют аналоги среди компонентов ВП, описанных в литературе. Так, например, позитивность в области 150-200 мс больше всего соответствует VPP (Vertex Positive Peak) [Boetzel, Gruesser, 1989], [Jeffreys, 1989], [Rossion, 1999]; негативность в области 160-250 мс – компоненту C240 [Begleiter et al., 1993], [Hertz et al., 1994, [Rossion, 1999]. Эта же негативность имеет определенное сходство с потенциалом N200, описанном Т. Allison и др. [1999]. При рассмотрении результатов анализа разностных ВП показано, что форма разностного ВП по 1 кластеру более всего соответствует потенциалу P300 [Sutton, Ruchkin, 1984]; ВП по 2-му кластеру – потенциалу P300 с несколько сдвинутой латентностью. Можно отметить определенное сходство данного ВП с поздней позитивностью, описанной М. Eimer [2000]. Вопрос о природе ВП для третьего кластера остается открытым; возможно, он связан с условной негативной волной, описанной Г. Уолтером [1966].

В четвертом параграфе обсуждаются результаты дипольного моделирования. Показано, что процессы узнавания и опознания связаны с работой сложной системы, распределенной по множеству мозговых структур. Полученные результаты свидетельствуют в пользу гипотезы о распределенной системе следов памяти при реализации процессов узнавания и опознания. Кроме того, показано, что следы памяти при опознании лиц содержат как когнитивный, так и эмоциональный компонент, которые неразрывно связаны друг с другом.

В пятом параграфе главы производится сравнительный анализ данных ВП и данных по субъективному оцениванию значимых стимулов. Показано, что модуляция амплитуды ВП, возникающая в зависимости от уровня эмоциональных оценок значи-

мого (узнаваемого) стимула, связана с активацией мозговых структур, по-видимому, не включенных непосредственно в процесс восприятия (имеется в виду чисто когнитивный аспект), но отвечающих за эмоциональный компонент последнего.

В шестом параграфе представлен анализ результатов обучения искусственных нейронных сетей. Показано, что найденное с помощью карты Кохонена трехкластерное решение оказалось адекватным. Также показано, что точность классификации нейросети, обучаемой «с учителем», соответствует критерию точности для метода ИНС.

### ВЫВОДЫ:

1. Процессы узнавания и опознавания лиц состоят из последовательно развертывающихся стадий, различающихся степенью сформированности перцептивного образа: аморфное восприятие; приблизительная и окончательная классификация.
2. Процессы узнавания и опознавания различаются: 1.) Узнавание объектов требует меньшего времени, чем опознавание объектов, независимо от типа последних. 2.) Узнавание и опознавание лиц требует меньшего времени, чем узнавание и опознавание изображений зданий.
3. С узнаванием лиц избирательно связаны следующие компоненты ВП: P160 (центральные и теменно-затылочные отведения); N250 (там же); комплекс P250 (фронтальные и центральные отведения) – N400 (теменно-центральные и фронтальные отведения).
4. Выявлено три подтипа ВП, характерных для опознавания лиц: 1. комплекс P290 – N380; 2. N240 – P370; 3. негативное колебание, начинающееся от 220-250 мс и продолжающееся до 500 мс.
5. В процессе опознавания лиц кроме когнитивного компонента имеет значение также и эмоциональный аспект опыта воспринимающего субъекта. Последний находит выражение в ВП: так, для высоких оценок эмоциональной значимости, независимо от знака (отрицательные или положительные), характерна более высокая амплитуда ВП.
6. Нейросеть Кохонена позволила выявить три конфигуративных подтипа разностных ВП на лица. Направленно обучаемый нейроклассификатор позволил определить наиболее дискриминативное отведение для анализа последних (Fz). Успешно осуществлена классификация ВП по типам («знакомые» или «незнакомые лица»). Точность классификации составила: для 1-го кластера: 80,5%; для 2-го кластера: 69,6%; для 3-го кластера: 83,9%.

7. При узнавании и опознании лиц наблюдается активация различных корковых (зрительная, нижневисочная, верхневисочная, префронтальная кора) и подкорковых (мозжечок, хвостатое ядро, миндалина, поясная извилина, таламус, гиппокамп) мозговых структур.

8. Обнаружено три уникальных симптомокомплекса распределения диполей, характерных для процесса опознания лиц. В процессе опознания участвуют множество мозговых зон: височная и затылочно-височная кора, фузиформная извилина, префронтальная кора, мозжечок, таламус, поясная извилина, островок, гиппокамп.

#### **Основные результаты исследования отражены в публикациях:**

##### **Статьи, опубликованные в Перечне изданий, рекомендованных ВАК МО и науки РФ**

1. Дубынин И.А. Анализ вызванных потенциалов на знакомые и незнакомые лица с помощью искусственных нейронных сетей/ Дубынин И.А. // Вестник Бурятского университета. Сер. 10. Психология. В 387 Социальная работа. Вып.4. – Улан-Удэ: Издательство Бурятского госуниверситета, – 2007. – с. 45-57.
2. Дубынин И.А. Поиск электрофизиологических коррелятов процессов узнавания и опознания лиц с помощью искусственных нейронных сетей/ Дубынин И.А. // Вестник государственного университета управления. – 2007. №3(29). – с. 79-82.
3. Дубынин И.А., Исайчев С.А., Черноризов А.М. Применение искусственных нейронных сетей для анализа и классификации вызванных потенциалов мозга/ Дубынин И.А., Исайчев С.А., Черноризов А.М. // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. – 2006. №4-5. – с. 59-67.

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

4. Дубынин И.А. Искусственные нейронные сети как метод аппроксимации сложных зависимостей в психологических данных/ Дубынин И.А. // Психолого-педагогические проблемы одаренности: теория и практика. Материалы II международной конференции 13-14 декабря 2001г. – Иркутск, 2002. – с. 70-75.

5. Дубынин И.А. Изучение личности одаренных методами математического моделирования/ Дубынин И.А. // Ежегодник Российского психологического общества: Материалы III Всероссийского съезда психологов 25-28 июня 2003г. – СПб., Т. 3. – с. 176-180.
6. Дубынин И.А. Методы психофизиологического изучения интеллектуальной одаренности/ Дубынин И.А. // Психолого-педагогические проблемы одаренности: теория и практика. Материалы III международной конференции 8-10 октября 2003г. – Иркутск, 2004. – с. 62-76.
7. Дубынин И.А. Психофизиологическая проблема интеллектуальной одаренности/ Дубынин И.А. // Наука, технологии, инновации: Материалы Всероссийской научной конференции молодых ученых 2-5 декабря 2004 г. – Новосибирск, 2004. – с. 212-214.
8. Дубынин И.А. Диагностика тревожных состояний методом вызванных потенциалов // Исайчев С.А., Черноризов А.М., Батурина Е.Г., Дубынин И.А. // Первый съезд врачей железнодорожного транспорта (30.11.2004). – М., 2004. – с. 4.
9. Дубынин И.А. Интеллектуальная одаренность и ее психофизиологические корреляты/ Дубынин И.А. // Психология образования: проблемы и перспективы: Материалы I международной научно-практической конференции. – Москва, 2004. – с. 27-28.
10. Дубынин И.А. Интеллектуальная одаренность и ее психофизиологические детерминанты/ Дубынин И.А. // Актуальные проблемы права, экономики и управления в сибирском регионе. Сборник статей международной научно-практической конференции 18-19 апреля 2005г. – Иркутск, 2005, Вып. 1, том 1. – с. 150-151.
11. Дубынин И.А. Использование искусственных нейронных сетей для классификации и анализа вызванных потенциалов мозга/ Дубынин И.А., Исайчев С.А., Черноризов А.М. // Всероссийская конференция по проблемам корпоративной безопасности. – Тверь, 2005. – с. 20.
12. Дубынин И.А. Использование методов регистрации биоэлектрической мозговой активности для изучения индивидуальных особенностей человека/ Дубынин И.А. // XX Мерлинские чтения: «В.С. Мерлин и системное исследование индивидуальности человека»: Материалы межрегиональной юбилейной научно-практической конференции, 19-29 мая 2005 г., Пермь. В 3 частях. Часть II / Науч. ред. Б.А. Вяткин, отв. ред. А.А. Волочков; Перм. гос. пед. ун-т. – Пермь, 2005. – с. 17-19.
13. Дубынин И.А. Изучение интеллектуальных способностей с помощью электроэнцефалографических методов/ Дубынин И.А. // Психология способностей: Современное состояние и перспективы исследований: Материалы научной конференции, посвященной памяти В.Н. Дружинина, ИП РАН, 19-20 сентября 2005. – М., 2005. – с. 106-110.