

*На правах рукописи*

**АЛЕКСАНДРОВ Игорь Олегович**

**СТРУКТУРА ИНДИВИДУАЛЬНОГО ЗНАНИЯ:  
закономерности организации и становления**

**Специальность 19.00.02 – психофизиология  
(психологические науки)**

**Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
доктора психологических наук**

**Москва – 2007**

**Работа выполнена в лаборатории  
нейрофизиологических основ психики им. В.Б. Швыркова  
Института психологии РАН**

**Официальные оппоненты:**

доктор психологических наук,  
профессор

**Черноризов Александр Михайлович**

(Факультет психологии МГУ им. М.В.Ломоносова)

доктор биологических наук,  
профессор

**Раевский Владимир Вячеславович**

(Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН)

доктор психологических наук,  
профессор

**Голубева Эра Александровна**

(Психологический институт РАО)

Ведущая организация:

**Московский городской**

**психолого-педагогический университет**

Защита состоится "1" ноября 2007 г. в 15 часов на заседании диссертационного совета Д002.016.03 при Институте психологии РАН по адресу: 129366, Москва, ул. Ярославская, 13.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института психологии РАН.

Автореферат разослан "26" сентября 2007 г.

Ученый секретарь

диссертационного совета

кандидат психологических наук

Никитина Е.А.

**Актуальность проблемы.** Закономерности организации и формирования психологических структур – одна из наиболее фундаментальных проблем современной психологии, она соотносима с имеющими важнейшее общепсихологическое значение принципами целостности, развития и активности [Анохин, 1978; Анцыферова, 2004; Барабанщиков, 2005; Бернштейн, 1966; Брушлинский, 2006; Величковский, 2006; Леонтьев, 1975; Ломов, 1984; Пономарев, 1983; Рубинштейн, 1973; Сергиенко, 2006].

Варианты решения проблемы организации психологических структур, предложенные Ф. Бартлеттом [Bartlett, 1932], Ж. Пиаже [Пиаже, 1969], Н. Хомским [1972], А.Н. Леонтьевым [1975] и другими исследователями, во многом определили направления развития психологической науки. В современной психологии выделяются альтернативные представления о фундаментальной психологической структуре и ее организации, такие как "структура субъективного опыта" [Артемьева, 1999], "структура ментального опыта" [Холодная, 2002], "структура опыта индивида" [Kolodner, Kolodner, 1987], "структура, представляющая опыт действий" [Koch, Arnscheid et al., 1999], "структура субъективного или индивидуального опыта" [Александров, Греченко и др., 1997, Швырков, 2006], интенциональные структуры [Freeman, 1995], когнитивные и категориальные структуры, ментальные репрезентации [Величковский, 2006, Петренко, 2005; Ребеко, 2002]. Разнообразие сосуществующих альтернативных решений говорит о дискуссионности этой проблемы.

Изучение организации психологических структур, по предположению приведенных выше авторов, может открыть новые перспективы разработки представлений об организации процессов познания, о психофизиологических основах поведения, о закономерностях их становления, представлений, необходимых для решения наиболее актуальных проблем психологии, таких, как организация смысловых образований личности, интеллекта, процессов рассуждения при решении задач, отношения человека к миру, к себе и к другим, организация памяти, научения.

Учитывая современное состояние психологии, наук о познании, а также наук о поведении и мозге, проблему организации психологических структур невозможно ни разрешить, ни корректно сформулировать, рассматривая организацию структуры вне ***процесса ее формирования*** в процессе взаимодействия индивида с миром (см. [Пономарев, 1983]).

Центральная характеристика такой развивающейся структуры – фиксация моделей взаимодействия в форме опыта/знания индивида. Психологические концепции индивидуального (или субъективного) опыта складывались в истории психологии в тесной связи с категорией "знание". Родство понятий "опыт" и "знание" проявляется в сходстве представлений об организации и функциях структур опыта и знания, построенных в приведенных выше работах, в исследованиях когнитивных структур, в

разработках проблематики искусственного интеллекта (ср. содержание этих понятий в работах [Бардин, Барабанщиков, Митькин, 1989; Брунер, 1971, 1977; Величковский, 2006; Осуга, Саэка, 1990; Петренко, 1988; Поспелов, 1990; Lallement, Alexandre, 1997; Neisser, 1967; Paivio, 1975, 1986]). Практика исследований искусственного интеллекта, направленных на построение *формальных описаний структуры знания*, указывает также на необходимость и актуальность *формального описания предметных областей*, знания о которых фиксируются в структурах. Одна из основных актуальных проблем этих исследований – трудности *соотнесения формальных описаний структуры знания с активностью мозга*, которая лежит в основе "психологических аналогов" этих описаний (см. [Peschl, 1992]). В исследованиях собственно психологических структур знания/опыта активность мозга имеет не только значение верификатора (как в разработках искусственного интеллекта), изучение активности мозга может открыть доступ к таким характеристикам формирования и организации внутренних, психологических структур, которые не проявляются в поведении и деятельности непосредственно.

Таким образом, актуальность рассматриваемой проблемы проявляется в дискуссионности ее решений, в приведенном выше перечне наиболее важных направлений психологических исследований, субординированных по отношению к ней. Решение этой проблемы с необходимостью предполагает обращение к следующим актуальным исследовательским задачам: изучению формирования структуры, формальному описанию как собственно структуры опыта/знания, так и предметной области, относительно которой эта структура сформирована, изучению активности мозга, лежащей в основе формирования, сохранения и использования опыта/знания.

**Цель исследования** состоит в том, чтобы дать формальное количественное описание организации и процесса формирования структуры индивидуального знания (СИЗ) в определенной предметной области через установление типологии компонентов, отношений между ними, генеза и суборганизации компонентов, закономерностей актуалгенеза; верифицировать это описание через установление соответствия (1) с логической организацией предметной области и историей взаимоотношения индивида с предметной областью, (2) с параметрами медленных потенциалов мозга и индивидуальными психологическими характеристиками (у человека), и (3) структурой индивидуального опыта (СИО) животных, реконструированной на основании активности нейронов, параметров медленных потенциалов мозга и структуры поведения.

**Теоретико-методологическая основа исследования** – *системно-эволюционный подход*, развитый В.Б.Швырковым на основе *теории функциональных систем* П.К.Анохина [Анохин, 1968, 1975; Швырков, 1988, 1995]. Системно-эволюционный подход органично реализует *принцип системности* [Анохин, 1978, Пономарев, 1983] и *принцип развития*, основанный на современных версиях *эволюционизма (селективизма* [Воронцов, 1999; Северцов, 2005]). Эти принципы образуют основу *универсального эволюционизма*, который в настоящее время приобретает статус общенаучной методологии [Степин, 2003].

Системно-эволюционный подход развивает сформулированную П.К.Анохиным концепцию *системогенеза* [Анохин, 1978], которая, во-первых, обеспечивает единство системного и эволюционного в исследовании развития, а, во-вторых, предоставляет возможности перевода метатеоретического языка принципов *эволюционизма* [Воронцов, 1999], *взаимодействия/развития* [Пономарев, 1983], *системности* [Анохин, 1978, Ломов, 1984; Пономарев, 1983] на язык конкретного эмпирического исследования. Системная психофизиология [Александров, 2001; Швырков, 1989], тесно связанная с методологией системно-эволюционного подхода, конкретизирует возможности исследования системной организации нейронального обеспечения поведения. В исследовании процессов формирования нового использованы представления о *нелинейных и неравновесных процессах* [Пригожин, 1985, 2001, Пригожин и др., 1994, 2002]. Приведенные методологические основания исследования находятся в соответствии с современными фундаментальными положениями психологии, наук о познании и нейронаук.

**Предмет и объект исследования.** *Предмет* исследования – психологическая структура, лежащая в основе взаимодействия индивида с конкретной предметной областью, фиксирующая знания о строении предметной области – структура индивидуального опыта (СИО) или структура индивидуального знания (СИЗ), *закономерности организации и формирования этой структуры*, а также ее соотношение с группами поведенчески специализированных нейронов.

*Объектом* исследования являются *индивиды, формирующие новый опыт, знания, компетенцию, навыки в определенной предметной области*. Обращение к относительно ограниченной предметной области – необходимое условие проведения такого исследования, поскольку только в рамках подобного ограничения возможна стандартизация процесса научения (приобретения компетенции) и построение количественного описания формирующейся структуры. В отдельных сериях в качестве объектов исследования выступали (1) люди разных возрастных групп, приобретающие компетенцию в позиционной стратегической игре, (2) взрослые испы-

туемые, решающие задачи обнаружения пороговых сигналов или распознавания сигналов в случайной последовательности, (3) животные, обученные сложному циклическому пищедобывательному поведению.

**Общая гипотеза исследования.** Сопоставление основных положений системно-эволюционного подхода, наиболее общих (эволюционных) характеристик процессов формирования новообразований, представлений о системах, психологических структурах и научении, позволяет сформулировать основную теоретическую гипотезу исследования.

Формирование психологических структур происходит системогенетически – как генез функциональных систем, через дифференциацию структур-предшественников, порождающую многообразие новых структурных образований и селекцию этих новообразований. Системогенез психологических структур соответствует принципам актуалгенеза: актуализация и формирование структур протекают одновременно, они неразделимы.

Свойства формирующихся структур определяются всей ситуацией взаимодействия со всеми одновременно актуализирующимися структурами – эпигенетической ситуацией, в которую они включены, а не только свойствами структур-предшественников и процесса дифференциации.

Формирующаяся структура как целостное образование может быть описана в терминах множеств компонентов и отношений между ними; разнообразие отношений порождает неоднородность структуры. Компоненты структуры представляют собой функциональные системы, которые фиксируют модели целостных взаимодействий индивида с предметной областью и реализуются как группы нейронов, специализированных относительно этого взаимодействия. Конкретный состав наборов актуализирующихся компонентов и их взаимоотношения в рамках целостной структуры определяют содержательные характеристики взаимодействия, которые проявляются в репертуаре актов взаимодействия с предметной областью и психологических характеристиках индивида.

**Методы исследования.** Как показывает анализ данных литературы, для создания условий, в которых происходит формирование структуры опыта/знания, являющееся в полной мере эволюционным, и «развивающий эффект которых настолько силен, что может быть зарегистрирован объективно», необходимо использовать «нерегламентированные извне ситуации» [Артемьева. 1999, с. 169]. В таких ситуациях эффективные стратегии поведения не могут быть определены априори, а должны быть сформированы индивидом в процессе активного взаимодействия с предметной областью. Методика, в которой создается такая ситуация, должна обла-

дать «проективными» свойствами, то есть позволять характеризовать актуалгенез структур через фиксируемые в значениях переменных характеристики продуктов деятельности, открывать возможности реконструкции строения СИЗ и процессов ее формирования. Разработанная нами методика, отвечающая этим требованиям, построена на основе *позиционной стратегической игры двух партнеров с полной информацией и нулевой суммой*. Предметная область, относительно которой формировали компетенцию участники исследования – игра в «крестики-нолики» на поле 15×15. Основные задачи исследования решали с использованием этой методики. У испытуемых регистрировали время выбора хода; для изучения организации мозговых процессов у части испытуемых регистрировали электроэнцефалограмму. У участников этой серии исследования проводили оценку индивидуально-психологических характеристик: когнитивных стилей (импульсивности-рефлексивности и полнезависимости), уровня общего интеллекта (для испытуемых разных возрастных групп применяли специальные версии тестов, шкалы которых аналогичны). У детей до 14-летнего возраста оценивали уровень развития интеллекта, используя задачи Ж. Пиаже, у взрослых испытуемых оценивали характеристики социального интеллекта (по адаптированному тесту Дж. Гилфорда и М. Салливена).

Для решения задач, касающихся описания организации нейрональной активности и/или медленной активности мозга, использованы *модели сложного пищедобывательного поведения кроликов*. Для решения задач, уточняющих закономерности актуализации компонентов СИЗ в ситуации выбора, применяли *задачи обнаружения пороговых сигналов*, а также *распознавания сигналов, предъявляемых в случайной последовательности*. При решении этих задач у людей регистрировали успешность решения, временные характеристики поведения, электроэнцефалограмму и/или электрическую активность мышц, а у животных также активность корковых нейронов.

Для обработки результатов, полученных в сериях с обнаружением и распознаванием сигнала, применяли аппарат *теории обнаружения сигнала* – рассчитывали рабочие характеристики приемника (РХП), а также показатели чувствительности ( $d'$ ) и критерия принятия решения ( $Z$ ).

Для статистической обработки данных использовали: (1) факторный анализ; (2) линейный и нелинейный множественный регрессионный анализ; (3) дисперсионный анализ (ANOVA) с множественными сравнениями (и post-hoc анализом); (4) кластерный анализ (иерархический и/или метод К-средних); (5) дискриминантный анализ; (6) многомерное шкалирование (процедуры ALSCAL и PROXSCAL); (7) параметрические и непараметрические процедуры выявления сопряженностей и сравнения характеристик распределений.

## **Задачи исследования**

1. Разработать для позиционной стратегической игры двух партнеров (крестики-нолики на поле 15x15) формальное количественное описание ситуаций на игровом поле и их динамики. Разработать описание взаимодействия индивида с предметной областью стратегической игры. Построить описание СИЗ в стратегической игре двух партнеров в терминах компонентов, их отношений и групп компонентов на основании последовательности актов игры и вероятности переходов от актов определенных типов к другим актам.

2. Используя характеристики импульсной активности нейронов и связанных с событиями потенциалов, определить (1) последовательность событий в динамике СИО на протяжении развития поведенческого акта и при переходе от акта к акту; (2) закономерности одновременной актуализации составляющих СИО, находящихся в оппонентных отношениях.

3. Определить основания реконструкции динамики актуализации компонентов СИЗ на протяжении акта игры и в последовательностях актов, используя установленную для ситуации обнаружения пороговых сигналов связь между (1) характеристиками медленной электрической активности, (2) изменением составов активирующихся нейронов и (3) событий в развитии поведенческих актов.

4. Охарактеризовать закономерности одновременной актуализации наборов компонентов СИО, соответствующих альтернативным вариантам развития поведения, а также соотношение уровня их актуализации с временными характеристиками поведения и его эффективностью.

5. Построить описание СИО в циклическом пищедобывательном поведении кроликов на основании последовательности поведенческих актов и активности корковых нейронов, специализированных относительно этих актов.

6. Сопоставить организацию СИО (охарактеризованную на основании идентификации групп специализированных нейронов) и СИЗ (построенную на основании анализа последовательностей реализации актов в игре).

7. Установить основные характеристики событий и процессов, соответствующих формированию нового компонента СИЗ. Дать количественное описание закономерностей формирования компонентов СИЗ, отношений между ними и групп компонентов различного типа.

8. Сопоставить закономерности организации и формирования СИЗ у испытуемых различных возрастных групп. Оценить связь индивидуально-психологических характеристик с дескрипторами организации СИЗ: (1) компонентного состава, (2) отношений между компонентами, (3) актуализации компонентов, (4) групп компонентов различного типа – доменов и стратегий.



### Положения, выносимые на защиту:

1. Структура индивидуального опыта (СИО) в сложном пищедобывательном поведении у кроликов и структура индивидуального знания (СИЗ) в стратегической игре у человека обладают принципиальным сходством (гомоморфны). Эти структуры могут быть описаны в терминах компонентов, отношений между компонентами и групп компонентов. Логическое основание их сопоставимости - принцип общности организации функциональных систем, сформулированный П.К. Анохиным; эмпирическое основание – сходство динамики мозговых процессов, которое проявляется в универсальной конфигурации паттерна медленного электрического потенциала, сопровождающего поведенческие акты у человека и животных и акт игры – у человека.

2. Структура индивидуального знания, описанная в терминах эволюционирующих систем, образована множеством **компонентов**, каждый из которых фиксирует конкретную модель взаимодействия индивида с предметной областью, а также модели взаимодействий компонентов между собой. Компонент представлен группой нейронов, общая специализация которых соответствует конкретной модели взаимодействия индивида с предметной областью, а разнообразие дополнительных специализаций нейронов этой группы соответствует моделям взаимодействия данного компонента с другими. Взаимодействия между компонентами СИЗ реализуются как **отношения**, связывающие их в последовательность в процессе актуализации (диахронические отношения) или в группы одновременно актуализирующихся компонентов (синхронические отношения).

3. СИЗ фиксирует всю индивидуальную историю взаимодействий с предметной областью, поэтому организация СИЗ индивидуальна и уникальна; она обладает свойством воспроизводить ранее совершенные взаимодействия в результате актуализации компонентов, представляющих модели этих взаимодействий, т.е. структура обладает активностью; компоненты структуры и группы компонентов как модели взаимодействий обладают свойствами предметной отнесенности и субъективного отношения к миру.

Сопоставление основных характеристик составляющих СИЗ, а также процессов ее формирования со свойствами психологических структур и процессов, дает основания для заключения, что структура индивидуального опыта/знания обладает основными атрибутами психологической структуры, а процессы организации и формирования СИЗ можно рассматривать как обобщенное описание психологических процессов.

4. Диахронические и синхронические отношения между компонентами придают СИЗ свойства неоднородной сети, на которой диахронические отношения организуют пропозициональную, а синхронические – ассоциативную составляющую. Неоднородность структуры обеспечивает избирательность актуализации компонентов СИЗ; она также лежит в основе образования групп компонентов различного типа и возможности перехода в актуализированное состояние лишь некоторых групп компонентов. Принадлежность одних и те же компонентов различным группам придает СИЗ свойство связности, как единому системному образованию.

5. Наиболее общий принцип формирования СИЗ – системогенез. Все составляющие СИЗ формируются для достижения текущих целей поведения, в том числе для экстренного разрешения проблемных ситуаций. В формировании групп компонентов СИЗ отмечается гетерохрония, которая обеспечивает возможность целостного функционирования неоднородной сети, которую образуют компоненты СИЗ, связанные многообразными отношениями. Последовательность этапов системогенеза (этапов становления СИЗ) фиксируется в структурах, как в виде новообразованных систем, так и в формах реорганизации ранее зафиксированных структур. Так как все составляющие СИЗ имеют общее происхождение, СИЗ формируется как единое целое.

Процессы формирования всех составляющих СИЗ протекают в соответствии с принципами эволюционной концепции селективизма. Системогенез различных составляющих СИЗ взаимосогласован, он протекает и последовательно, и одновременно. Поэтому общая модель системогенеза СИЗ описывается не деревьями, а более сложными графами, допускающими синхронические отношения между формирующимися одновременно системами. Процесс научения, который феноменологически выглядит как последовательность появления и реализации новых актов репертуара поведения, представляет собой множество перекрывающихся во времени одновременных системогенезов. Селективность процессов порождения СИЗ ведет к тому, что количество вариаций строения СИЗ не ограничено, как и пределы ее сложности.

6. Дифференциации протокомпонентов СИЗ, как процессу порождения нового, предшествует неравновесное состояние. Процесс дифференциации не одномоментный, он занимает длительные интервалы времени. Количество возможных дифференциаций протокомпонентов СИЗ ограничено и увеличивается в возрастном ряду.

7. Процессы формирования новых составляющих СИЗ могут разворачиваться только на множествах актуализированных компонентов. Для образования нового компонента СИЗ необходима среда, представленная актуализированными компонентами, которые, вступая во взаимодействия, модифицируются и создают условия

для формирования в СИЗ новообразований. Процессы актуализации и генеза структуры представляют собой неразделимое единство – актуалгенез.

8. Существование тесных и избирательных связей между дескрипторами СИЗ и индивидуально-психологическими характеристиками дает основание для заключения о том, что свойства СИЗ, как психологической структуры, согласованы со свойствами других психологических структур в рамках целостной индивидуальности.

### **Научная новизна и теоретическое значение исследования**

Диссертация представляет новое направление исследований организации и формирования психологических структур – таких образований, которые фиксируют индивидуальное знание/опыт относительно определенных предметных областей, развитое на основе концепции поведенческой специализации нейронов [Швырков, 2006]. В рамках этой работы проведена операционализация конструкторов, которые до настоящего исследования применялись как логические и были недоступны для эмпирических оценок в психофизиологических исследованиях. К числу таких базовых конструкторов относятся «компонент» и «протокомпонент» структуры, суборганизация компонентов, отношения между компонентами, стратегия, доменная организация, актуализация составляющих СИЗ, предметная область.

Для обоснования этого направления:

– Сформулированы следствия из центральных постулатов синтетической теории эволюции, имеющие значение для характеристики системной организации психологических структур и их формирования. Проанализировано соответствие этих постулатов и следствий из них содержанию положений основных концепций индивидуального развития в современной психологии.

– Впервые эмпирически показано, что процессы формирования составляющих СИЗ/СИО описываются ветвящимися траекториями; в образовании ветвлений ведущая роль принадлежит неустойчивости состояний СИЗ. Именно разрешение неустойчивостей ведет к образованию бифуркаций и новых составляющих СИЗ. Впервые показана возможность описания формирования психологических структур в терминах траекторий развития и их ветвления.

– Операционализировано представление о двух формах суборганизации структуры индивидуального знания – ассоциативных и пропозициональных сетях.

– Впервые на основании изучения активности поведенчески специализированных нейронов показано существование суборганизации компонентов СИЗ, некоторые условия формирования этой суборганизации и ее роль в образовании и реализации отношений между компонентами.

– Впервые введено новое представление об организации структур, согласно которому отношения между компонентами рассматриваются как *производные* субструктуры компонентов.

– Введено понятие связности СИЗ, которое открывает возможность операционализации системного свойства целостности.

– Определено соответствие между инициацией образования новых компонентов СИЗ и формированием проблемной ситуации в предметной области.

– Установлено, что содержательные характеристики наборов актуализирующихся компонентов, их взаимодействия в рамках целостной структуры соответствуют репертуару взаимодействий индивида с предметной областью и его индивидуально-психологическим характеристикам. Сформулировано представление об общности организации психологических структур, лежащих в основе взаимодействия индивида с различными предметными областями.

– Дано описание основных закономерностей актуализации компонентов СИО на протяжении поведенческого акта и серий поведенческих актов. Операционализировано представление об актуалгенезе психологических структур.

– Впервые показано существование латентного этапа формирования нового компонента СИЗ, выделены основные характеристики этого этапа.

– Впервые разработано формальное описание предметной области стратегической игры с полной информацией и нулевой суммой. Формальный характер этого описания открывает возможность использовать его основы для описания организации других предметных областей.

– Проведено картирование структуры индивидуального опыта (СИО) животного в сложном пищедобывательном поведении, основанное на представлении о суборганизации компонентов СИО.

– Уточнена и модифицирована "ресурсная" модель формирования психологических структур. Выявлены возрастные особенности ресурса их формирования.

– Уточнено положение о соответствии конфигурации медленных потенциалов мозга, сопровождающего реализацию поведенческого акта, и динамики актуализированных совокупностей компонентов СИЗ/СИО.

### **Практическая значимость исследования**

1. Разработанная методика формального количественного описания СИЗ в стратегической игре, в силу общности закономерностей формирования психологических структур, может служить исходным образцом для построения аналогичных методик, характеризующих взаимодействие индивида с другими предметными областями (включая операторские задачи в системах управления).

Исходя из положения о том, что структуры индивидуального знания для различных предметных областей организованы по общим принципам, разработанная методика представляет собой источник сведений об организации и формировании экспертного знания в различных предметных областях, важных для исследователей ис-

кусственного интеллекта, когнитивной науки и разработчиков человеко–машинных систем.

2. Определены основные дескрипторы организации СИЗ, ее составляющих, а также компонентов СИЗ для различных возрастных групп. Их соотнесенность с индивидуально-психологическими характеристиками, а также с оценками ресурса пре-специализированных нейронов и их свойств, открывает возможность использования формального описания СИЗ как основы оценки потенциала индивидуального развития, учитывающей собственно психофизиологические закономерности.

3. Операционализировано понятие сложности как характеристики системной организации через оценку связности подмножеств компонентов системы в терминах энтропии. Энтропийная мера сложности организации может применяться к описаниям других психологических структур.

Разработана вычислительная процедура "*ретроитеративной адаптивной кластерной классификации*" для построения эволюционного описания формирования СИЗ. Эта процедура применима для описания процессов формирования и других сложных структур.

4. Разработан и впервые применен способ обработки активности нейронов, основанный на применении процедур многомерной статистики. Этот способ обращается к целому массиву данных, описывающих свойства нейронов, а не к отдельным нейронам с последующей интеграцией результатов; он открывает возможность исследования суборганизации групп специализированных нейронов и отношений между этими группами.

**Обоснованность и достоверность полученных в исследовании результатов и обоснованность сделанных выводов** достигнута посредством реализации методологических принципов, соблюдения общенаучных, дисциплинарных и парадигмальных нормативов планирования и проведения исследования, формирования гипотез исследования (теоретических, исследовательских и статистических), соблюдением норм и правил использования методик регистрации электрофизиологических показателей, психологического оценивания и проведения психологических тестов. Характеристики выборок участников исследования и животных в отдельных сериях (основных и вспомогательных) обеспечивают валидность и надежность полученных результатов. Надежность и согласованность выводов доказывается также сопоставлением результатов отдельных серий исследования. В этих сопоставлениях результаты отдельных серий выполняют функцию взаимного контроля. Обоснованность, достоверность и надежность выводов обосновывается также корректным использованием измерительных и статистических процедур.

### **Апробация и внедрение результатов исследования.**

Материалы исследования многократно докладывались на заседаниях лаборатории нейрофизиологических основ психики им. В.Б.Швыркова Института психологии РАН (в том числе 1982, 1984, 1995 гг.), а также на расширенном заседании лаборатории (2006), на научных сессиях Института психологии РАН (1989, 1993), на мини-сессии ИП РАН (2005), на методологическом семинаре Института психологии РАН (2004), на заседаниях Московского отделения физиологического общества (1983) и Московского отделения Российского психологического общества (1987), на XXII Международном психологическом конгрессе (Лейпциг, 1980), на VI Всесоюзном съезде Общества психологов СССР (1983), на Международном семинаре «Технологические, психологические, образовательные программы создания и использования автоматизированных систем» (М., 1990), на заседании Отделения эпилептологии Медицинского факультета Боннского университета (Бонн, Германия, 1991), на II Советско-Финском симпозиуме «ЭЭГ и нейрональная активность в психофизиологических исследованиях» (Хельсинки, 1985), на факультете психологии Университета г. Хельсинки (1986), на III Советско-Финском симпозиуме «Психофизиология познавательных процессов» (1988), на VII Европейской конференции психометрического общества (Трир, Германия, 1991), на III Европейской конференции по психологическому оцениванию (Трир, 1995), на VIII Конгрессе международной психофизиологической ассоциации (Тампере, Финляндия, 1996), на конференции Российской Ассоциации искусственного интеллекта «Виртуальная реальность в психологии и искусственном интеллекте» (Москва, 1998), на Московском семинаре по когнитивной науке (2003).

Результаты работы включены в учебник по психофизиологии (два издания – 1997 (Инфра-М) и 2001 (Питер), ред. Ю.И.Александров), в справочное руководство для психологов «Современная психология» (М.: Инфра-М, 1999, ред. В.Н.Дружинин), учебник для вузов «Психология XXI века» (М.: ПЕР СЭ, 2003, ред. В.Н.Дружинин), в программу учебного курса «Основы теории психологического исследования (экспериментальная психология)» (совместно с Н.Е.Максимовой; М.: Издательство «Институт психологии РАН», 1998); использованы в курсе лекций по экспериментальной психологии для студентов ГУГН, Высшей школы психологии, Института практической психологии и психоанализа (лектор И.О.Александров), в курсе «Концепции современного естествознания» (ГУГН, лектор С.А.Татарко), в спецкурсе «Медленные потенциалы мозга в исследовании поведения» (на кафедре ВНД Биологического факультета МГУ).

Исследования поддерживались фондами: РФФИ (гранты № 96-06-80626, № 98-06-80310, № 01-06-80218, №04-06-80226, № 96-15-98641, № 00-15-98838), РГНФ (00-06-00152; 05-06-06055), Президента РФ для поддержки ведущих научных школ России 2006 г. № НШ — 4455.2006.6, Госконтракт от 9.06.06 №02.445.11.74.41.

**Публикации.** По теме диссертации опубликовано 45 работ, общий объем которых составляет около 60 п.л.

**Структура и объем работы.** Диссертация состоит из введения, шести глав, заключения и списка литературы. Объем работы – 392 страницы, в ней 33 рисунка и 15 таблиц. Список цитированной литературы содержит 346 источников, 141 из них – на иностранных языках.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ**

Во **Введении** обоснована актуальность проблемы организации и формирования психологических структур, указана связь этой проблемы с объяснительными принципами целостности, развития и активности. Специально отмечена невозможность решения этой проблемы без обращения к изучению активности мозга – вне собственно психофизиологического исследования. Определены цели, предмет, объект и задачи исследования, основная гипотеза диссертационной работы, описаны использованные методы. Даны формулировки научной новизны, практической значимости, положений, выносимых на защиту, представлены данные об апробации результатов исследования и его структуре.

### **Глава 1. Основания описания структуры индивидуального знания: методология и эмпирические подходы.**

**Первый раздел главы 1** посвящен анализу представлений о психологических структурах. Проанализированы основные определения понятия «структура», рассмотрены различные определения таких составляющих структуры, как компоненты и отношения между ними. На основании работ [Бурбаки, 1965; Кремянский, 1977; Малиновский, 1970; Месарович, 1973; Садовский, 1974; Сетров, 1975] сформулировано наиболее общее, междисциплинарное определение структуры: "Структура – множество компонентов, связанных отношениями". Применение этого определения к "живым" системам, соотнесение этого определения с основными положениями теории функциональных систем и системно-эволюционного подхода [Анохин, 1975; Швырков, 2006] позволяет дополнить это определение: "Структура – множество компонентов, связанных отношениями, которые обеспечивают взаимодействие компонентов для достижения полезных приспособительных результатов". Такая формулировка обосновывает возможность применения понятийного аппарата теории функциональных систем и системно-эволюционного подхода к описанию структуры. Для характеристики структур можно отметить в работах Л.С. Выготского, который описывал структурные образования как "застывшие" формы завершенных фаз развития [Выготский, 1960, с. 90]. Ж. Пиаже тесно связывал категории структуры и развития, противопоставляя свой подход как теориям "генезиса без структуры", так и теориям "структуры без генезиса" [Ярошевский, Анцыферова, 1974]. Важнейший шаг в развитии таких представлений о струк-

туре сделан Я.А. Пономаревым, согласно его концепции, для решения этих проблем необходимо последовательное проведение принципа взаимодействия/развития [Пономарев, 1980; 1983]. Структуры с этой точки зрения представляют собой фиксированные этапы развития систем, компоненты структуры фиксируют модели произошедших взаимодействий индивида с окружением. Таким образом, структуры фиксируют не отображение окружения, не действия индивида, и не взаимодействия как таковые, а именно *модели взаимодействий*.

Далее проводится анализ понятия "схема", введенного Ф.Бартлеттом [Bartlett, 1932]. Показано широкое и эффективное использование конструкта "схема" в исследованиях структур (см. [Величковский, 1982; Зинченко с соавт., 1980; Пиаже, 1969; Ребеко, 2002, Флейвелл, 1967, и мн. др.]). По мнению М.А. Холодной, основные представления о компонентах когнитивных структур могут быть рассмотрены как производные от базового понятия схемы. В этот перечень [Холодная, 2002, с. 92] включены: (1) «когнитивные карты» [Толман, 1980]; (2) «прототипы» [Rosch, 1978]; «предвосхищающие схемы» [Найссер, 1981]; «иерархические перцептивные схемы» [Palmer, 1970]; «комплекс схем», неопиажетианское понятие, предложенное Дж. Паскуаль-Леоне [Pascual-Leone, 1987]; «фреймы» [Минский, 1979]; «сценарии» [Шенк, 1980]; «глубинные семантические и семантические универсалии» [Хомский, 1972; Osgood, 1980]. По крайней мере, часть из этого списка (фреймы и скрипты) возводит к понятию схемы В. Бросер [Brosier, 1999]. отношения координации и обладают способностью дифференцироваться, то есть быть предшественниками формирующихся более специализированных схем [Пиаже, 1969, с. 149-163]. Существует точка зрения, что свойства схем, их организация, лежит в основе возможности структуры развиваться [Fetter, 1999].

Таким образом, конструкт "схема" обладает такими свойствами, которые могут составить основания для описания психологической структуры. Однако этот конструкт должен быть дополнен такими свойствами, которые позволили бы операционализовать свойства компонента, описать отношения между компонентами структуры, обосновать определенное отношение к онтологическому статусу структуры.

Наиболее общее представление об организации структур – семантические сети, которые определяются как образования, "в вершинах которых находятся информационные единицы, а дуги характеризуют отношения и связи между ними" [Аверкин, с соавт., 1992]. В сетевую форму могут быть преобразованы другие модели структур, например, признаковые [Ребеко, 1998, с. 38]. В.Ф. Петренко связывает уровень развития области значений (когнитивную сложность семантического пространства) с количеством типов отношений в данной области [Петренко, 1988, с. 76]. Эту связь



можно интерпретировать как свидетельство того, что семантические сети, описывающие психологические структуры, относятся к классу неоднородных сетей, в которых компоненты связаны отношениями различного типа [Осипов, 1997]. Так, Г.С. Осиповым разработана формализованная классификация отношений, которая включает 10 типов, однако, для того, чтобы определить, какие именно отношения из этого перечня связывают компоненты психологических структур и какие свойства присущи отношениям каждого типа, необходима операционализация этих конструктов и проведение психофизиологического эмпирического исследования.

Отношения компонентов могут быть разделены на две группы; одна из них образует ассоциативную составляющую семантической сети (САС), а другая – пропозициональную (СПС). Отношения, образующие ассоциативные сети, рефлексивны или симметричны, а поэтому синхроничны. Они могут лежать в основе такого свойства семантических сетей, как simultaneity [Осипов, 1997; Петренко, 1997]. С особенностями строения ассоциативных сетей в долговременной памяти связывают формирование стратегий, которые проявляются в реализации устойчивых последовательностей "тактических действий" [Greene, Smith, Lindsey, 1990], доменов, релевантных определенной предметной области [Anderson, 1987; Glaser, Bassok, 1989], в семантической пропозициональной сети (СПС) отношения между компонентами не обладают свойством рефлексивности или симметрии. Пропозициональные сети представляют структуру знания таким образом, что смысл узлов определяется их положением в сети [Kintsch, 1998].

Одно из важнейших свойств психологических структур – активность. Наиболее развитое объяснение феноменов активности, с нашей точки зрения, дано Я.А. Пономаревым: "...активность может быть понята как эффект аккумулированных взаимодействий" [Пономарев, 1983, с. 14]. Эта формулировка основана на представлении, что компоненты психологических структур представляют фиксированные модели взаимодействий. Через "накопление" форм психической организации объясняет активность (интеллектуальную) М.А. Холодная [Холодная, 2002]. Такое понимание позволяет избавиться от необходимости инкорпорации внутрь субъекта гомеостатов разного рода [Величковский, 1982, 2006] или "демонов" [Линдсей, Норман, 1974]. На основе обзора уточнено понятие "актуализация" [Зинченко с соавт., 1980; Colman, 2001; Piaget, et. al., 1954; Urban, 1907]; его можно применять для описания перехода компонента (фиксированной в нем модели взаимодействия) из покоящегося состояния в реализующееся. Концепция актуалгенеза, обосновывающая неразрывность процессов формирования структуры и актуализации ее составляющих [Барабанщиков, 2002; Корнилова, 2005; Холодная, 2002; Hausmann, 1935], указывает на то, что актуализация не сводится только к разворачиванию готового взаимодейст-

вия, а представляет собой одновременно и формирование, генез нового взаимодействия индивида с миром.

Специально проанализирована проблема онтологического статуса психологических структур. Рассмотрены такие приемы доказательства статуса существования структур, как (1) перечисление важных признаков (см. критику в [Холодная, 2002]), (2) их соотнесение с активностью мозга, со свойствами субстрата-носителя. Анализ различных позиций в решении этого круга вопросов показывает, что аргумент связи с активностью мозга и организацией мозговых процессов необходим для обоснования онтологического статуса, но недостаточен: такая связь может быть установлена и как корреляция между признаками (см. критику в [Александров Ю., 2001, Швырков, 2006]). Этот аргумент должен быть дополнен доказательством фиксации этапов развития в изучаемой структуре, на ее эволюцию [Пономарев, 1983; Швырков, 2006]. Важность этого аргумента указывает на ключевое положение эволюционных представлений в исследовании психологических структур.

Проведен обзор представлений об организации психологических структур. Выделен особый класс таких образований, в основе которого лежит представление об опыте индивида. Рассмотрены структура субъективного опыта, компоненты которой – схемоподобные образования [Артемьева, 1999], структура ментального опыта, типы компонентов которой весьма разнообразны [Холодная, 2002], структура опыта как продукт процессов научения [Брунер, 1977; Materska, 1975], модель фиксации в "психической структуре" репертуара возможностей формировать опыт и действовать [Koch, Arnscheid et al., 1999]. Отмечено, что к этому же классу относятся представления о структуре знания [Бардин, Барабанщиков, Митькин, 1989; Брунер, 1971; Давыдов, 1976; Петренко, 1988; Солсо, 1996; Талызина, 1969; Уэно и др., 1989; Lockhart et al., 1976; Neisser, 1967; Paivio, 1986]. Подробный анализ происхождения понятий "опыт" и "знание" показал их тесное родство, их одинаковую применимость как к осознаваемым, так и к неосознаваемым, имплицитным сведениям о мире.

**Второй раздел главы 1** посвящен анализу наиболее общей концепции, объясняющей формирование нового, в том числе феномены научения и развития, – *эволюционной теории* и соответствия положениям эволюционизма основных психологических концепций развития. В основу этого анализа положены базовые постулаты синтетической теории эволюции, выделенные Н.Н. Воронцовым [Воронцов, 1999, с. 457-463]. Анализ показал, что 7 из 11 постулатов применимы к описанию процессов развития психологических образований. Эти постулаты указывают на источник разнообразия, которое затем подвергается отбору (постулат 1), на роль процессов селекции в формировании нового (постулат 2), популяцию, как на наименьшую единицу процесса эволюции (постулат 3), на дивергентный характер эволюции, что яв-

ляется основанием для ее описания при помощи ветвящихся структур (постулат 4), на постепенный (градуалистический) характер эволюции (это указывает на невозможность миновать необходимые этапы развития) (постулат 5). Постулат 10 указывает на монофилетический принцип формирования нового, согласно которому *любой реальный, а не сборный таксон имеет однокорневое, монофилетическое происхождение*. Анализ литературы дал основание дополнить этот постулат представлениями о «сетчатой», «ретикулярной» эволюции [Воронцов, 1999; Вос, Makarenkov, 2003; Makarenkov, Legendre, 2004], что не противоречит отвержению принципа полифилии [Северцов, 2004, с. 312]. Постулат 11 определяет ненаправленный, нефиналистический характер процесса эволюции, что, однако, не противоречит представлению о канализированном процессе развития, в котором некоторые состояния оказываются невозможными. Этот постулат подчеркивает неприемлемость представления о процессе развития как прямолинейном.

На основании приведенных постулатов рассмотрены теория селекции групп нейронов [Эдельмен, 1981, Edelman, 1989] и концепция системогенеза, разработанная П.К. Анохиным и его сотрудниками [Анохин, 1978]. Показано соответствие этих представлений о процессах индивидуального развития основным постулатам синтетической теории эволюции и взаимная согласованность. Эти сопоставления дополняют проведенный нами ранее аналогичный анализ концепций эпигенеза и современных версий биогенетического закона. Принцип системогенеза не только соответствует всем основным положениям синтетической теории эволюции, он дает также возможность ввести в область исследования некоторые составляющие эволюционного процесса, которые не включены в явной форме в постулаты синтетической теории эволюции, но представляют неотъемлемые черты эволюции. Так, представляется, что в рамках концепции системогенеза можно дать более полное описание эволюционного процесса («ретикулярной», эпигенетической ситуации) – через описание форм и способов установления взаимосогласования компонентов эволюционирующих систем, охарактеризовать процесс порождения новообразования как одновременность актуализации и формирования.

**В третьем разделе главы 1** рассмотрен принцип системности. Даны оценки его соотношения с другими версиями принципа целостности, получившими развитие в различных парадигмах современной психологии – элементаризмом и холизмом. В рассмотрении принципа системности специальное внимание уделено сопоставлению двух его версий: конкретно-синкретической и абстрактно-аналитической [Пономарев, 2006]. Конкретно-синкретическая версия принципа системности характеризуется тем, что любые объекты могут рассматриваться как системные, их системные свойства могут быть охарактеризованы даже без выделения систем как таковых;

она «непосредственно нацелена на решение практических задач, ...отталкивается от описания элементов конкретных систем, объединяет описания этих элементов искусственными связями» [Пономарев, 2006]. Абстрактно-аналитическая версия «опирается на принцип взаимодействия, ... выявляет генезис событий» [Пономарев, 2006]. Важное отличие этой ветви системных представлений от конкретно-синкретических состоит в том, что системы рассматриваются как особый класс объектов. Показано, что абстрактно-аналитической версии системного подхода соответствует концепция функциональной системы, сформулированная в 1935 – 1974 гг. П.К. Анохиным: «Системой можно назвать только такой комплекс избирательно вовлеченных компонентов, у которых взаимодействие и взаимоотношения принимают характер взаимосодействия компонентов на получение фокусированного полезного результата» [Анохин, 1975, с. 35]. Продемонстрировано, что такое понимание систем соответствует эволюционной концепции и поэтому может быть применено к анализу формирования психологических структур. Поскольку процесс эволюции может совершаться только при условии фиксации продуктов этапов эволюционного развития, а эволюционная теория вводит онтологические критерии (см. выше, а также: [Швырков, 1988]), эволюционирующие системы обладают онтологическим статусом.

В соответствии с пониманием систем как структур, фиксирующих этапы развития индивида [Пономарев, 1983], история взаимодействий индивида с миром фиксируется в совокупности генетически связанных систем. Поскольку системогенез подчиняется закономерностям эволюционного развития и протекает как «последовательность системогенезов» [Александров Ю., 2003] и, как можно предположить, одновременно реализуется несколько системогенезов, системы характеризуются возрастом и отношениями генеза [Александров Ю., 2001, 2004; Швырков, 2006]. Таким образом, системы открывают возможность характеризовать развитие содержательно – в терминах этапов развития взаимодействия индивида с окружением (по целям и результатам), организационно – по компонентному составу (который фиксирует более дробные этапы развития), генетически – по происхождению и степени родства компонентов (истории дифференциации систем).

**В разделе 4 главы 1** рассмотрены представления об организации и формировании новых структур с позиции системно-эволюционного подхода. Проанализированы его теоретические основания, основные методические приемы и результаты исследований. Показано его соответствие основным постулатам синтетической теории эволюции, конкретным реализациям методологии селективизма, проанализированы его системные основы, роль системогенетической концепции в исследованиях. Опора на селекционистские эволюционные представления и принцип системности под-

черкнута в наименовании теории научения, сформулированной в рамках системно-эволюционного подхода, – «*системно-селекционной концепции*» [Александров Ю., 2004; Швырков, 1985]. Показано, что эта концепция точно соответствует дисциплинарной специфике психофизиологии. Основным предмет изучения в системно-эволюционном подходе – структура индивидуального опыта, которая, как предполагается, может быть описана в терминах компонентов и отношений между ними. Компоненты СИО представлены группами нейронов, специализированных относительно систем определенных поведенческих актов [Александров Ю., 2003; Швырков, 2006]. Формирование структуры индивидуального опыта описывается в терминах концепции системогенеза. Показано, что важные перспективы развития системно-эволюционного подхода состоят в построении «алгебры межсистемных отношений» [Швырков, 1985, с. 34], которая открывает возможности изучения закономерностей динамики актуализации компонентов СИО, состояния структуры индивидуального опыта как целостного образования, а также поведения индивида. Нам представляется, что путь к решению этого вопроса лежит через установление суборганизации компонента структуры опыта. Понимание отношений между компонентами как производных от их суборганизации откроет возможность установления типологии групп компонентов, объяснения закономерностей их образования.

На основании проведенного анализа литературы сформулирована цель диссертационного исследования, его гипотезы и задачи (см. соответствующие разделы автореферата).

## **Глава 2. Соотношение графа игры и структуры индивидуального знания .**

Цель исследований, представленных в этой главе, состоит в том, чтобы установить соответствие между составляющими графа, который формально описывает взаимодействие игрока с предметной областью игры и структурой индивидуального знания, которая фиксирует всю историю взаимодействий игрока с предметной областью. Принципы построения таких графов были разработаны нами в специальном исследовании (см. [Александров И., 2006, гл. 7]). Вершины такого графа представляют ходы игрока, идентифицируемые через характеристики ситуаций на игровом поле: исходной, ее преобразования игроком и ситуации, созданной ответным ходом противника; ребра графа отображают возможности перехода от одного акта к другому, перечисляют альтернативы такого перехода и вероятности каждого из них (т.е. основные свойства информационных множеств [Адельсон-Вельский с соавт., 1978; Евстигнеев, Касьянов, 1999; Оуэн, 1971]). Описание компонента СИО как модели взаимодействия и как функциональной системы поведенческого акта эквивалентны (см. [Александров, 2006, с. 61 – 62]), так что о компонентном составе СИО можно

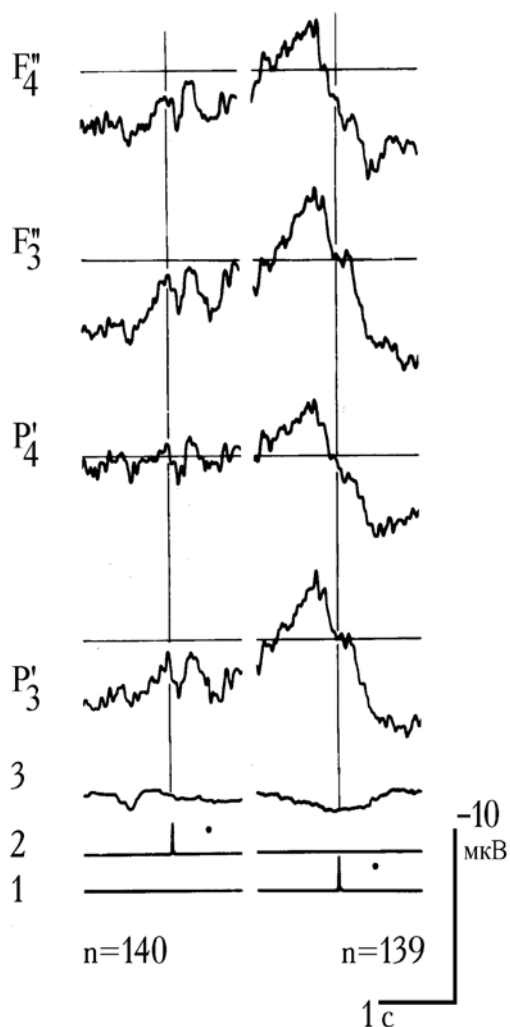
судить по индивидуальному репертуару поведенческих актов. Исследование графов игр показало, что в их составе выделяются группы вершин и ребер, представляющие "компоненты связности" [Евстигнеев, Касьянов, 1999]. К их числу относятся группы вершин, представляющие устойчивые маршруты, петли, циклы, а также группы вершин, образованные пересекающимися информационными множествами. Сопоставление составов информационных множеств и переходов от одних вершин к другим позволило сформулировать гипотезы о нескольких типах отношений, определенных на графе игры.

Таким образом, анализ организации графа позволил сформулировать гипотезы о (1) существовании актов игры; (2) существовании компонентов СИЗ и фиксации в них моделей взаимодействия игрока с предметной областью; (3) характеристиках ситуации выбора; (4) различии ситуации выбора альтернативных актов на разных стадиях игры; (5) соответствии составляющих СИЗ компонентам связности графа игры. Остановимся подробно на верификации гипотезы 1, имеющей ключевое значение для работы.

**I.** У шести испытуемых, игравших в крестики-нолики на поле  $15 \times 15$ , регистрировали ЭЭГ в четырех отведениях ( $F''_3$ ,  $F''_4$ ,  $P'_3$ ,  $P'_4$  по системе 10/10). Синхронно с ними записывали моменты касания игрового поля фломастерами и сигналы таймера. Потенциалы, связанные с событиями (ССП), усредняли от референтных моментов – касаний фломастером игрового поля и начала движений руки, которые определяли по видеозаписи, а моменты фиксировали по значению таймера. Анализировали конфигурацию потенциалов, соответствующих ходам различного типа, потенциалов, суммированных для ходов на различных этапах игры (в дебюте, миттельшпиле и эндшпиле, которые выделяли по критериям, приведенным в [Александров И., 2006, раздел 7.6.3]), а также потенциалов, соответствующих движениям руки, которые начинались после «зависания» над полем и завершались его касанием и написанием знака, а также движений, которые отличались от первых тем, что завершались не касанием поля, а следующим «зависанием руки». Сопоставляли конфигурацию потенциала, сопровождающего ход игры и переходы от одного хода к другому, и потенциалов, соответствующих поведенческому акту в ситуации обнаружения порогового сигнала у человека и животных [Александров И., 1984] и характеристикам таких потенциалов по данным литературы (см., напр.: [Канунников, 1980; Brunia, 1999; Cooper, McCallum et al, 1977; Rockstroh, Elbert et al, 1982]).

Показано, что конфигурация потенциала, соответствующая акту игры (рис. 1), содержит негативно-позитивный комплекс (соответствующий интервалу, на котором противник, проставляя знак, касается игрового поля), за ним следует развитие медленного негативного отклонения, на котором выделяются субкомпоненты, соответствующие движениям игрока в процессе выбора хода; негативное отклонение завершается высокоамплитудным позитивным фронтом, который совпадает по времени с движением руки

игрока и написанием знака на игровом поле. После этого развивается медленное негативное отклонение. Проведено подробное сопоставление основных составляющих этого потенциала с такими известными электрофизиологическими феноменами, как "волна ожидания", CNV, потенциалы, связанные с движениями, потенциал готовности, P300, комплекс позитивных волн (PSW).

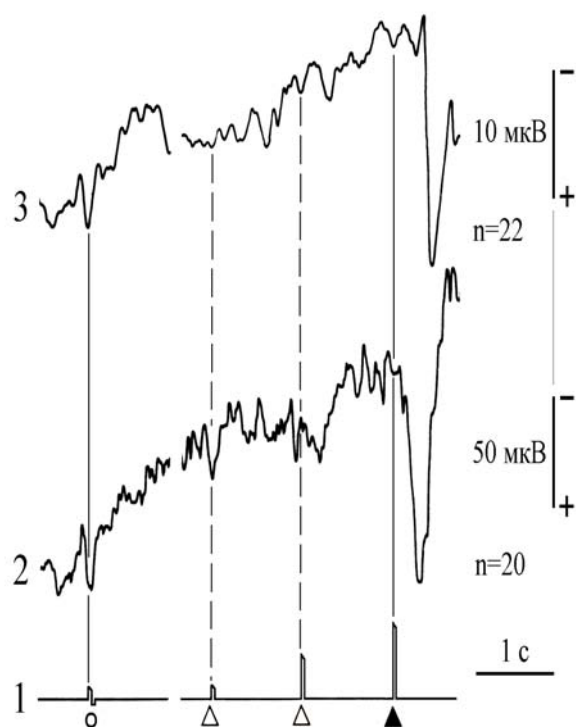


**Рис. 1.** Медленные потенциалы, соответствующие ходам миттельшпиля, игрок ГА. На I, II и III левые фрагменты усреднены от момента касания поля противником (2), а правые – игроком (1); точки после отметки касаний – медиана длительности написания знака; (3) – ЭОГ; P'3, P'4, F''3, F''4 – отведения ЭЭГ

Отмечено, что описанная конфигурация соответствует компонентному составу потенциала, который сопровождает поведенческий акт ожидания предъявления сигнала в ситуации обнаружения световых пороговых сигналов [Максимова, Александров, 1987; Aleksandrov, Maksimova 1985, 1987]. Анализ конфигурации потенциала, сопровождающего поведенческий акт в ситуации обнаружения, его амплитудно-временных характеристик, распределения амплитуд по поверхности головы, соответствия событиям в поведении, проведенный в (Максимова, Александров, 1987), показал, что частные электрофизиологические феномены, такие как вызванные потенциалы, компоненты УНВ, потенциалы, выделенные по соответствию различным видам двигательной активности (премоторные и моторные потенциалы, потенциалы готовности и др.), содержательным характеристикам поведения (напр., негативность, предшествующая обнаружению сигнала) – не специфические типы потенциалов, а составляющие единого многокомпонентного потенциала, сопровождающего реализацию поведенческого акта и процессы перехода от одного акта к другому. Универсальность паттерна многокомпонентного потенциала, соответствующего реализации поведенческого акта и смене последовательных поведенческих актов, показана также при сравнении потенциалов, зарегистрированных у животных и у человека при выполнении ими задачи обнаружения

сигнала (Александров, 1985; Максимова, Александров, 1987), см. рис. 2.

Эти результаты и их сопоставление с данными литературы показывают, что описанная конфигурация потенциала соответствует реализации поведенческого акта независимо от его содержания, причем и у животных, и у человека. Воспроизведение потенциала универсальной конфигурации на интервале акта игры указывает на то, что границы акта игры определены корректно, что процессы организации, развертывающиеся на этом интервале, являются характерными для любого поведенческого акта. Таким образом, акт игры эквивалентен поведенческому акту и может использоваться в качестве единицы анализа поведения игрока.



**Рис. 2.** Сопоставление конфигурации потенциалов, сопровождающих поведенческий акт ожидания предъявления вспышки света в ситуации обнаружения сигнала у животных (2) и человека (3). На левом фрагменте референтное событие помечено светлым кружком: у кролика – от момента принятия позы ожидания сигнала, у человека – от начала установки пальца на кнопку; правый фрагмент усреднен от момента предъявления обнаруженной вспышки света (▲), необнаруженные вспышки – светлые треугольники. У животного отведение от области зрительной коры, у человека – отведение F3 [Александров, 1984]

Серии исследований, описанные в этой главе, позволили установить соответствие между:

- *структурой графа игры* – вершинами, ребрами/дугами, весами ребер, полустепенями исхода и захода вершин, маршрутами, компонентами связности;
- *характеристиками игры* – информационными множествами, множеством альтернативных ходов, на котором совершается выбор, вероятностями выбора этих альтернатив, оценкам независимости вероятности выбора различных альтернатив, соотношением состава набора альтернатив и частот встречаемости ходов и их связи с выигрышами и проигрышами, оценками позиций по достижимости из них выигрыша и проигрыша;
- *характеристиками поведения при выборе хода игры* – движением руки при тестировании возможных ходов на интервале выбора хода, а также соотношения



времени выбора хода с (1) характеристиками набора альтернатив выбора – объемом и распределением вероятностей, (2) совместимостью или несовместимостью альтернативных актов в рамках одного набора, (3) принадлежностью к пересекающимся наборам альтернативных ходов, (4) принадлежностью к одной или к нескольким устойчивым последовательностям ходов.

Структура индивидуального знания, как и гомоморфный ей граф игры, может быть охарактеризована как *неоднородная семантическая сеть*, поскольку компоненты СИЗ связаны различными типами отношений. На неоднородной семантической сети, представляющей СИЗ, можно выделить две составляющие, одна из которых описывается с помощью оргграфа и, в соответствии со свойствами образующих ее ориентированных отношений следования, может быть названа *семантической пропозициональной сетью* (СПС), а другая, описанная с помощью неориентированного графа, определенная отношениями AND, XOR и IOR, по их свойствам может быть обозначена как *семантическая ассоциативная сеть* (САС). Установлено, что на пропозициональной сети выделяются устойчивые маршруты, которые представляют последовательности от двух до семи актов. Такие маршруты могут рассматриваться как проявления стратегий игрока, а связные группы компонентов СИЗ, соответствующие маршрутам, – как *стратегии*. На семантической пропозициональной сети выделяются группы компонентов, которые связаны с различными содержательными характеристиками игры, – *домены*.

### **Глава 3. Закономерности актуализации**

Цель исследования, представленного в данной главе, состоит в том, чтобы установить, как одновременная актуализация наборов компонентов структуры индивидуального опыта, соответствующих альтернативным вариантам развития поведения, и уровень их актуализации проявляется во временных характеристиках поведения и его эффективности.

В опытах принимали участие 4 человека (мужчины, возраст от 18 до 39 лет). С помощью наушников им предъявляли случайную последовательность двух звуковых сигналов длительностью 100 мс – «стандарта» («S», 90 дБ, вероятность предъявления  $P = .73$ ) и «девианта» («D», 85 дБ, вероятность предъявления  $P = .27$ ). Интервал между предъявлением сигналов составлял 1500 мс. С каждым испытуемым проведено по 7 серий сигналов, каждая из которых содержала 500 предъявлений, всего по 3500 сигналов. В каждой руке у испытуемых было по кнопке. Нажатие кнопки до щелчка требовало усилия около 1 кг; ход кнопки составлял 7 мм. Испытуемых просили как можно быстрее нажимать на кнопку большим пальцем левой руки при предъявлении S, а правой – при предъявлении D. Чтобы стандартизовать положение пальцев при нажатии, их фиксировали на кнопке пластырем. ЭМГ *mm. thenar* регистрировали на обеих руках поверхностными электродами.

Правильные распознавания и ложные тревоги определяли по соотношению предъявляемого сигнала и *полного нажатия* той или другой кнопки, которым соответствовала интерференционная ЭМГ высокой амплитуды, но не *микронажатий* (которым соответствуют низкоамплитудные и короткие пачки ЭМГ-активности). Нажатия левой кнопки при предъявлении S или правой кнопки при предъявлении D рассматривали как ***правильные обнаружения*** S и D соответственно, независимо от активности другой руки. Отсутствие полного нажатия (микронажатия допускаются) на левую кнопку при предъявлении D и на правую кнопку при предъявлении S оценивали как ***правильные отвержения***. ***Ложные тревоги*** – нажатия на левую кнопку при предъявлении D и на правую – при предъявлении S. ***Пропуски сигнала*** – отсутствие нажатия на левую кнопку при предъявлении S и на правую – при предъявлении D. Поскольку исходы распознавания определяли для каждой руки отдельно, то правильное обнаружение S могло сопровождаться правильным отвержением D или ложной тревогой по отношению к D (если правая кнопка также была нажата). Соответственно, при условии предъявления S, нажатие правой кнопки и отсутствие нажатия левой означает ложную тревогу по отношению к D и пропуск сигнала по отношению к S.

При разработке критериев оценки уровня актуализации компонентов структуры индивидуального опыта (СИО) исходили из результатов анализа активности нейронов в ситуациях совершения правильных обнаружений порогового сигнала, ложных тревог и пропуска сигнала [Александров, 1985, 1986], и из оценок, данных Н.И. Чуприковой [1979], согласно которым актуализация «акта отчета» максимальна при реализации ложных тревог и минимальна при пропусках сигнала. Поэтому полное нажатие кнопки, соответствующее ложной тревоге, которому предшествовала тоническая и/или фазическая («антиципирующая») ЭМГ, рассматривали как проявление максимальной актуализации компонентов СИО, представляющих данный поведенческий акт. Наименьшим уровням актуализации соответствует отсутствие нажатия на кнопку (по классификации исходов распознавания – правильные отвержения и пропуски сигнала); эти уровни различаются выраженностью ЭМГ-активности на интервале, предшествующем предъявлению сигнала и микроактиваций ЭМГ, предшествующих началу интерференционной ЭМГ при полном нажатии кнопки.

Оценивали вероятности исходов распознавания, значения и динамику коэффициентов  $d'$  и  $Z$ , а также времени распознавания в последовательностях одноименных сигналов, включавших  $1 \div 4 D$  и  $1 \div 9 S$ .

Основные результаты, описанные в этой главе, показывают, что в процессе по-

ведения одновременно актуализируются компоненты СИО, обеспечивающие множества альтернативных поведенческих актов, в том числе актов, находящихся в отношениях конкуренции. Установлено, что существует связь между соотношением уровней актуализации альтернативных наборов компонентов СИО с временными характеристиками и эффективностью исполнения поведения. Обсуждение этих результатов в контексте закономерностей активности нейронов в ситуации обнаружения кроликами пороговых сигналов [Александров, 1985, 1986 Aleksandrov, Maksimova, 1987], позволило сформулировать **основные свойства процесса актуализации компонентов структуры индивидуального знания/опыта:**

1. Актуализация компонентов СИО происходит не по принципу «все или ничего»; уровни актуализации изменяются градуально.

2. В процессе поведения одновременно актуализируются компоненты СИО, обеспечивающие множества альтернативных поведенческих актов, в том числе актов, находящихся в отношениях конкуренции.

3. Уровни актуализации компонентов СИО, представляющих альтернативные поведенческие акты, соотносятся реципрокно.

4. Процесс актуализации проявляется в операциональных составляющих поведенческих актов, их временных характеристиках и продуктивности, а также в эффектах последовательности.

5. Чем выше вероятность реализации акта в поведении, тем выше уровень актуализации компонентов СИО, лежащих в его основе. Поэтому частота использования акта может служить мерой актуализации компонентов СИО, связанных с данным актом.

6. На протяжении реализации поведенческого акта уровни актуализации совокупностей компонентов СИО, необходимых для достижения результата данного акта, возрастает, а компонентов, представляющих конкурентные акты, снижается.

7. В основе феномена антиципации событий, ключевых в последовательности поведенческих актов, лежит актуализация наборов компонентов СИО, позволяющих реализовать различные поведенческие акты, возможные в антиципируемых ситуациях.

Глава 3 завершается обоснованием схемы, описывающей последовательность актуализации наборов компонентов СИО и селекции этих наборов при реализации последовательности актов игры. Эта схема основана на результатах исследования характеристик медленных электрических потенциалов мозга, сопровождающих акты игры.

#### **Глава 4. Реконструкция и верификация описания структуры индивидуального опыта**

В данной главе представлены результаты исследования структуры индивидуального опыта (СИО), основанного на сопоставлении активности корковых нейронов с характеристиками сложного пищедобывательного поведения у животных, обученных его выполнению различными способами.

*Исследования, описанные в данной главе, выполнены совместно с А.Г. Горкиным и Д.Г. Шевченко, авторами оригинальной методики исследования СИО, сформированной при различных вариантах обучения животных, ими же проведены опыты. Здесь представлены результаты применения оригинальных способов выполненной мною обработки этих данных.*

Опыты проведены на 11 кроликах, которых в течение 3–5 дней обучали циклическому инструментальному поведению в экспериментальной клетке, оборудованной двумя кормушками (К и К') и двумя педалями (П и П') по углам. Дефинитивное поведение было представлено двумя циклами на левой и правой сторонах клетки: Ц (П–К) и Ц' (П'–К'). Достижению таких этапных результатов, как захват пищи в кормушке (Р1 и Р1'), поворот головы от кормушки в сторону педали до середины стенки клетки (Р2 и Р2'), подход к педали (Р3 и Р3') и нажатие на педаль (Р4 и Р4'), животных обучали специально, в то время как подходу к кормушке (Р5 и Р5') они научались самостоятельно. Первую группу (из 4 кроликов) обучали получать пищу сначала на одной, а затем на другой стороне клетки. В этом случае порядок обучения достижению этапных результатов (Р1, Р5, Р2, Р3, Р4; Р1', Р5', Р2', Р3', Р4') совпадал с порядком их достижения в дефинитивном поведении. Вторую группу (из 3 кроликов) обучали сначала получать пищу из обеих кормушек, а затем нажимать на педали для получения пищи в кормушках. Порядок обучения достижению этапных результатов был таким: Р1, Р5, Р1', Р5', Р2', Р3', Р4', Р2, Р3, Р4. Третью группу (из 4 кроликов) также обучали сначала использованию обеих кормушек, а затем обеих педалей, но порядок обучения был иным: Р1, Р5, Р1', Р5', Р2, Р3, Р4, Р2', Р3', Р4'.

У обученных животных регистрировали активность нейронов лимбической коры.  $P = 8-10$ ;  $L = 2-3$  по атласу (Gangloff, Monnier, 1961) при реализации ими дефинитивного поведения. В данной работе рассмотрена активность 483 нейронов, 226 из них были зарегистрированы у животных I группы, 124 – II и 133 – III. Специализацию нейронов определяли в соответствии с критериями, описанными в [Горкин, Шевченко, 1990; 1991; 1995].

Для описания субструктуры групп нейронов использовали иерархический кластерный анализ: кластеризовали вектора, описывающие активность отдельных нейронов во всех актах циклов Ц и Ц'. Каждый выделенный кластер характеризовали по

связи активаций с различными актами циклов Ц и Ц'. Для построения геометрического отображения разнообразия специализаций групп нейронов и субструктуры этих групп применяли метод многомерного шкалирования (процедура PROXSCAL). Шкалировали массив тех же векторов, представляющих активность нейронов в 10 актах циклов Ц и Ц' ( $N = 483$ , 10 переменных), которые классифицировали при помощи кластерного анализа.

Для проанализированной выборки нейронов выделено 19 кластеров. Часть этих кластеров имела общую поведенческую специализацию, так, что по специализации выборка разделилась на 10 групп. В эти группы вошло от одного до трех кластеров, различающихся по связи с разными поведенческими актами, причем вероятность появления активности в этих актах не достигала 100%, но была существенно устойчивой – от 70 до 98%. Эта форма связи активности нейрона с определенным поведенческим актом, в отличие от специализации, рассматривали как дополнительную специализацию.

Анализ геометрической пространственной модели организации нейрональной активности показал, что нейроны, проявившие различные варианты специализации и дополнительных специализаций, занимают различающиеся области пространства в модели. Наилучшая модель оказалась трехмерной. Конфигурация облака точек, представляющих нейроны, была близка к сфере. В верхней полусфере (положительные значения оси 1) расположены нейроны, имеющие только основную специализацию, в нижней полусфере (отрицательные значения оси 1) – нейроны, обладающие как основной, так и дополнительными специализациями. Установлено, что энтропийные оценки разнообразия дополнительных специализаций нейронов тесно связаны со значениями оси 1 ( $R_s = -0.889$ ,  $p = 9.9 \cdot 10^{-7}$ ), но не со значениями осей 2 и 3 (коэффициенты корреляции Спирмена 0.085,  $p = 0.061$  и  $-0.024$ ,  $p = 0.596$ ). Группы нейронов с общей основной специализацией занимают локальные области пространства, они растянуты вдоль оси 1 в соответствии с количеством дополнительных специализаций на отдельных нейронах. Для осей 2 и 3 самый важный фактор разделения нейронов – специализация по отношению к актам, связанным с кормушкой или с педалью. Эти группы разделяется по их связи с циклами Ц или Ц'.

В основе концепции поведенческой специализации нейронов, составляющей одну из основ системно-эволюционного подхода, лежит представление о том, что каждый нейрон может иметь только одну специализацию. С этой точки зрения, группа нейронов, обладающих одинаковой специализацией, представляется атомарным образованием, не имеющим субструктуры. Проведенный анализ показал, что группы нейронов, выделенные по общей специализации, представляют также и множества дополнительных специализаций. Предположения о неоднородности

групп нейронов, имеющих общую специализацию, высказывались ранее [Alexandrov Yu., Grinchenko, et al., 1991]. Группа нейронов с общей основной специализацией, представленная одной или несколькими подгруппами нейронов, различающихся дополнительными специализациями, может быть сопоставлена с компонентом СИО. Любая из таких подгрупп не может быть соотнесена с целостным компонентом СИО в силу дублирования их основной специализации. С другой стороны, во множество подгрупп, составляющих компонент, невозможно включить группы и подгруппы нейронов с другими основными специализациями. Таким образом, термину «группа нейронов, имеющих общую специализацию», можно поставить в соответствие понятие «компонент СИО». Это соответствие является следствием системно-эволюционного решения психофизиологической проблемы, при этом снимается противопоставление двух описаний: нейрофизиологического (в терминах активности нейронов) и психологического (в терминах организации психологических структур, представляющих собой модели взаимодействий индивида с предметной областью) [Пономарев, 1983; Швырков, 2006].

Компонент СИО соотносится с конкретным актом только «основной» специализацией, но его дополнительные специализации могут относить его к другим актам поведения, даже из другого цикла, даже не гомологичным актам. Группа поведенчески специализированных нейронов «реализует» только тот акт, которому соответствует основная специализация группы, а подгруппы, обладающие общей основной специализацией, через свои дополнительные специализации соотносят данный компонент с другими компонентами, и тем самым связывают множество актов репертуара различными отношениями. Результаты показывают, что согласованность активности нейронов, их «взаимовлияние», является внешним выражением *отношений* между компонентами, в основе которого лежат дополнительные специализации. Таким образом, отношения между компонентами СИО формируются в процессе становления структуры и точно соответствуют степени дифференцированности отношений с предметной областью.

Заключительная часть главы 4 содержит описание графической схемы структуры индивидуального опыта. Проведенное картирование показало, что в структуре выделяются группы компонентов, актуализирующиеся одновременно (они представляют объединения, аналогичные доменам СИЗ, см. главу 2) и группы компонентов, актуализирующихся в последовательности, им можно поставить в соответствие стратегии (см. главу 2). Компоненты связаны отношениями, которые соответствуют особенностям суборганизации компонентов. Установлено, что организация СИО у животных, по-разному обученных "дефинитивному" поведению, различна – за счет суборганизации компонентов и отношений между ними.

## **Глава 5. Организация структуры индивидуального знания**

Цель этой, центральной части диссертационного исследования, состояла в том, чтобы построить описание организации СИЗ в терминах компонентов и их отношений, которые связывают компоненты в группы. Это описание может быть основано на общих принципах организации СИЗ, которые сформулированы при исследовании графа игры (см. [Александров, 2006, гл. 7]), соотношения структуры графа игры с содержательными и временными характеристиками поведения, электрической активности мозга игроков в процессе стратегической игры (см. гл. 2), закономерностей актуализации составляющих структур индивидуального опыта у человека и животных (гл. 3), а также при анализе соответствия активности специализированных корковых нейронов и организации СИО у животных (см. гл. 4). Во введении сформулированы разветвленные системы гипотез об организации и процессах формирования СИЗ.

В опытах принимали участие 287 человек девяти возрастных групп (медианы возрастов составили 7.0, 8.8, 10.3, 16.1, 17.4, 19.0, 22.0 лет). Участникам исследования предлагали освоить игру в «крестики и нолики» на поле 15x15 в компьютерном варианте: два партнера играли друг с другом, используя два устройства "мышь", при этом ход игры в графической форме отображался на дисплее. Опыт продолжался 1 – 1.5 ч; за это время игроки успевали сыграть от 7 до 36 игр, от 5 до 66 ходов в каждой, так, чтобы каждый игрок совершил всего 300 ходов.

Для реконструкции СИЗ использовали специально разработанные алгоритмы, которые позволяли перечислить компоненты СИЗ, описать отношения между ними, группы компонентов, а также охарактеризовать наборы актуализирующихся компонентов СИЗ (см. подробно [Александров, 2006]). Состав компонентов, отношений между ними и групп компонентов оценивали для каждого акта игры на протяжении всего контролируемого интервала формирования компетенции.

Описывали процесс формирования различных типов СИЗ в терминах траекторий, их ветвления, общности происхождения. Для этого использовали специально построенный алгоритм "ретроитеративной рекурсивной кластерной классификации".

Оценивали время выбора хода – как интервал между нажатием кнопки мыши при постановке знака оппонентом и нажатием кнопки игроком.

У испытуемых оценивали выраженность когнитивных стилей: импульсивности – рефлексивности и поле(не)зависимости. Уровень общего интеллекта у испытуемых разных возрастных групп оценивали, используя родственные тесты, шкалы которых аналогичны. У детей I – III возрастных групп (82 ребенка) оценивали уровень развития интеллекта, используя задачи Ж. Пиаже. У 96 участников исследования возрастных групп IV – VII оценивали характеристики социального интеллекта по адаптированному тесту Дж. Гилфорда и М. Салливена.

Для аппроксимации кривых, описывающих процесс формирования различных составляющих СИЗ, использовали комбинированное выражение:

$$Y = b * N^c + e^{(d + \frac{f}{N})},$$

где  $Y$  – моделируемый параметр,  $N$  – время, оцененное в совершенных актах игры,  $e$  – основание натуральных логарифмов. Использование комбинации этих функций позволяет отдельно оценить вклад степенной и S-образной составляющих в форму кривой научения.

### **I. Соотношение составляющих СИЗ, семантическая ассоциативная (САС) и пропозициональная сети (СПС).**

Наиболее крупномасштабные составляющие СИЗ выделяются при рассмотрении целостной структуры как семантической неоднородной сети, определенной на множестве компонентов синхроническими и диахроническими отношениями между компонентами. Многообразие типов отношений определяет неоднородность сетевой структуры [Осипов, 1997]. Анализ показал, что ассоциативная и пропозициональная составляющие неоднородной сети (САС и СПС) сами обладают свойством неоднородности, поскольку САС образуют отношения трех, а СПС – четырех типов. Но все типы диахронических отношений обладают общим свойством определять порядок актуализации наборов компонентов СИЗ, а все типы синхронических – определять состав одновременно актуализированных компонентов. Именно это различие составляет основание для выделения САС и СПС при их внутренней неоднородности.

Важный аргумент в пользу независимости САС и СПС – временные сдвиги формирования САС по отношению к СПС при синхронных изменениях как в рамках состава САС, так и СПС. На независимость этих структурных образований указывает также расхождение в наборах индивидуально-психологических характеристик испытуемых, связанных с характеристиками САС и СПС. Отмечая *относительную* независимость САС и СПС, в первую очередь следует указать на то обстоятельство, что эти структуры реализуются на одних и тех же компонентах СИЗ, но представляют разные *принципы организации* одних и тех же компонентов. Во-первых, неоднородность структуры лежит в основе образования групп компонентов различного типа. Во-вторых, неоднородность СИЗ как сетевой структуры обеспечивает возможность перехода в актуализированное состояние лишь части ее составляющих, *избирательность* актуализации.

**II. Компонентный состав СИЗ.** Формирование множеств протокомпонентов и компонентов описывается гладкими степенными функциями, без значимого вклада S-образной составляющей или при полном ее отсутствии. Обнаружены достоверные



различия в количестве формирующихся протокомпонентов и компонентов: их меньше в младших группах (I – III) и больше в старших (IV – VII). Сходство формы этих кривых состоит в градуальном *снижении скорости* формирования протокомпонентов и компонентов СИЗ. Снижение скорости формирования протокомпонентов и компонентов СИЗ, более выраженное в старших возрастных группах, может быть интерпретировано как проявление ограниченности ресурса, из которого рекрутируются составляющие протокомпонентов. Если соотносить протокомпонент с группой преспециализированных нейронов (см.: [Александров, 2004, 2005]), а компонент рассматривать как результат дифференциации протокомпонента в группы специализированных нейронов, то именно количество преспециализированных нейронов и их потенциал специализации представляются факторами, ограничивающими возможности формирования протокомпонентов и их дальнейшую дифференциацию. Согласно нашим оценкам, ограничения ресурса увеличиваются с возрастом испытуемых. Это хорошо соответствует многочисленным результатам исследований неонейрогенеза, в которых показано, что темп образования новых нейронов при обучении падает с возрастом (см., например: [Barnea, Nottebohm, 1996; Gould, Reeves, et al., 1999]). Именно снижение общего объема наборов преспециализированных нейронов может проявиться в падении количества образующихся протокомпонентов. Полученные нами результаты показывают, что количество компонентов, порождаемое одним протокомпонентом, не превышает шести. Эта оценка указывает на ограниченность объема протокомпонента, что в принципе соответствует определению протокомпонента как набора преспециализированных нейронов. Важно, что, судя по полученным оценкам, количество компонентов, которые формируются на основе одного протокомпонента, повышается в возрастном диапазоне 6 – 16 лет, признаков дальнейшего увеличения не обнаружено. Учитывая выявленные тенденции изменения количества формирующихся протокомпонентов и их дифференциации в возрастном ряду, можно отметить, что с 6 до 14 лет, когда количество протокомпонентов не изменяется, возможности их дифференциации увеличиваются, они продолжают расти до 16 лет, когда количество протокомпонентов снижается. Затем, начиная с 16 лет, значения этих параметров остаются стабильными – при меньшем количестве протокомпонентов с высоким потенциалом дифференциации. Отметим закономерность: чем меньше формируется протокомпонентов, тем большим потенциалом дифференциации они обладают. Это соотношение позволяет предположить, что снижению количества преспециализированных нейронов в возрастном ряду сопутствует увеличение разнообразия их преспециализаций.

### III. Отношения между компонентами и их группы

Три типа синхронических отношений диагностируются по их принадлежности к различным областям пересекающихся множеств одновременно актуализированных компонентов СИЗ и поэтому обозначены логическими операторами AND, XOR и IOR. Показано, что отношение AND по его свойствам и проявлениям отличается от XOR и IOR. Так, дескрипторы отношения AND выделились в фактор, отдельный от общего для дескрипторов XOR и IOR; роль отношений AND отличается от роли XOR и IOR в организации доменных структур. Отношения XOR и IOR обеспечивают расчлененность доменов на субдомены, их связность, сложность организации. Формирование именно этих типов отношений ведет к увеличению дифференцированности доменной организации при сохранении количества компонентов, составляющих субдомены.

Выделено 4 типа диахронических отношений, которым можно поставить в соответствие разные формы организации графа игры. Эти отношения организуют компоненты в группы – стратегии трех типов: линейные (образованные отношениями B1), циклические (включающие сложные циклы, образованные отношениями B3 и линейные участки, связанные отношениями B1), и особый тип стратегий, сходных с линейными (поскольку их компоненты связаны отношениями B1, но осложненных петлями, образованными отношениями B2).

**Таблица. 1.**

**Свойства отношений между компонентами СИЗ**

Отношения		Свойства		
Синхронические	AND	транзитивно	рефлексивно	антисимметрично
	XOR	нетранзитивно	антирефлексивно	симметрично
	IOR	нетранзитивно	рефлексивно	несимметрично
Диахронические	A1	нетранзитивно	нерефлексивно	несимметрично
	B1	нетранзитивно	нерефлексивно	несимметрично
	B2	нетранзитивно	рефлексивно	симметрично
	B3	антитранзитивно	нерефлексивно	симметрично

*Примечание:* подробные объяснения свойств отношений даны в [Осипов, 1997], см. также [Александров, 2006, с. 212 – 215].

Проведенный анализ показывает ограниченность представления о том, что свойства рефлексивности и симметрии являются родовым признаком группы син-

хронических отношений (см. табл. 1). Диахронические отношения В2 и В3 рефлексивны и симметричны; при этом они, как и другие отношения этого типа (А1 и В1), обеспечивают *преемственность в последовательности актуализированных наборов компонентов СИЗ*. Следует заметить, что отношения В2 и В3 лежат в основе циклических стратегий, при реализации которых возможны повторы и изменение порядка реализации компонентов. Эти свойства циклических стратегий определяют отношения В2 и В3: они вносят в организацию последовательности синхроничность.

СИЗ представляет собой неоднородную сеть, поскольку компоненты этой структуры вступают одновременно в отношения нескольких типов. Так, каждый компонент реализует отношения следования (А1) с одним или несколькими компонентами. Некоторые компоненты при этом связаны с другими в линейные стратегии отношениями В1, и/или в циклические стратегии (отношения В3), и/или образуют "петли" (отношения В2). Часть этих компонентов, связанных отношениями AND и/или IOR, образуют домены. Если такие компоненты входят в состав разных стратегий, то между ними могут образоваться отношения XOR, а их положение в организации домена увеличивает его сложность и дифференцированность. Принадлежность одних и тех же компонентов СИЗ различным группам обеспечивает СИЗ как единому системному образованию *свойство связности*. Связность как понятие теории множеств характеризует невозможность представить какую-либо структуру "в виде суммы непустых непересекающихся открытых множеств" [Микиша, Орлов, 1988]. Понятие связности позволяет операционализовать одну из наиболее существенных сторон системной организации СИЗ – целостность.

**III.1. Стратегии.** *Линейные стратегии* образованы диахроническими отношениями В1 (см. табл. 1). Количество образующихся за 260 актов игры линейных стратегий не связано с возрастом испытуемых, оно составляет от 3 до 40 линейных стратегий (*med* = 17), длина которых составила от 2 до 7 актов (*med* = 4). Процесс формирования стратегий этого типа описывается степенной функцией. *Циклические стратегии* образованы диахроническими отношениями В3, а их линейные участки отношениями В1 (см. табл. 1). За 260 актов игры у игроков всех возрастных групп сформировано от 0 до 20 циклических стратегий (*med* = 7), длина этих стратегий составила от 2 до 8 актов (*med* = 3). Количество циклических стратегий, сформированных за 260 ходов игры, и их длина возрастают резко при достижении 14-летнего возраста. Процесс формирования стратегий этого типа описывается S-образной функцией.

**III.2. Домены.** Доменные организации образуются за счет связи компонентов синхроническими отношениями, XOR и IOR, причем отношения AND образуют наиболее глубокие, далее не расчлняемые области доменов, а XOR и IOR разделя-

ют множество компонентов, составляющих домен, на субдомены. На интервале начального формирования компетенции (0 – 120 актов игры) темп образования доменов выше у старших групп испытуемых, затем у них темп образования доменов снижается градуально, а у испытуемых младших групп снижается в меньшей степени, так что у испытуемых младше 14 лет к 260 ходу игры образуется больше доменов, чем у старших. Иначе происходит формирование суборганизации доменов: на исследованном интервале приобретения компетенции количество субдоменов увеличивается с возрастом испытуемых, хотя тенденция к большему снижению скорости их образования у старших групп также выражена.

#### **IV. Соотношение свойств составляющих СИЗ с индивидуально-психологическими характеристиками**

Важное свойство методик измерения индивидуально-психологических характеристик – внешняя валидность. Они строятся таким образом, чтобы оценки были валидны (в пределе – инвариантны) в возможно более широком круге ситуаций. Поэтому можно полагать, что связи между индивидуально-психологическими оценками и характеристиками СИЗ в стратегической игре характеризуют не эту частную психологическую структуру, а все множество других психологических структур, обеспечивающих взаимодействие индивида с множеством соответствующих предметных областей. Специально следует заметить, что выявленная сопряженность дескрипторов СИЗ и "формально-динамических" по определению индивидуально-психологических характеристик соответствует предполагаемому свойству "амодальности" структуры индивидуального знания [Артемьева, 1999]. Именно когнитивные стили, как проявления "метакогнитивных способностей" [Холодная, 2002, с. 279], показали большее количество достоверных связей с дескрипторами САС и СПС, чем другие индивидуально-психологические характеристики (например, оценки психометрического и социального интеллекта). При этом САС, которая образуется на протяжении приобретения компетенции у испытуемых старших групп с опережением относительно формирования СПС (как и в возрастном ряду) (см.: [Максимова и др., 2001]), имеет менее дифференцированный характер, чем СПС. Поэтому составляющие САС связаны как с оценками поле(не)зависимости, так и импульсивности-рефлексивности, в то время как СПС – только с импульсивностью-рефлексивностью.

Выявленная избирательность связей между индивидуально-психологическими характеристиками и дескрипторами СПС и САС, позволяет высказать предположение о существовании образований, аналогичных СИЗ, в психологических структурах, сформированных во взаимодействии индивида с другими предметными областями. В пользу такого предположения свидетельствует связь между характери-

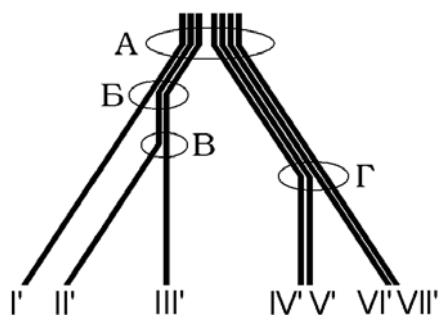
ками СПС и САС и комплексами признаков, на основании которых Э.А. Голубевой и ее сотрудниками "намечена самая общая классификация и типология способностей, склонностей, некоторых особенностей личности и стилей индивидуальности и их задатков" [Голубева, 2005, с. 459 – 460]. Соотношения САС и СПС с выделенными в работе Э.А. Голубевой группами индивидуальных признаков характеризуют интуитивный и рациональный типы взаимодействия субъекта с миром [Максимова, Александров, Тихомирова и др., 2001]. Задачи на сохранение (с которыми проявили связь характеристики составляющих СПС – циклических стратегий) начинают успешно решаться детьми, когда логические операции приобретают свойства обратимости [Давыдов, 1972]. Можно предположительно связать появление свойства обратимости логических операций с формированием структур, в основе которых лежат обратимые отношения – рефлексивные и/или симметричные, аналогичные выявленным нами отношениям типов В2 и В3, которые образуют петли и циклические стратегии (см. табл. 1). Реализация стратегий, как циклических, так и линейных, повышает вероятность выигрыша игрока, а циклические стратегии связаны со снижением вероятности выигрыша противника. Так, Crowley и Siegler [1993] определяют стратегии как структуры, гибко формирующиеся для того, чтобы учитывать и преодолевать изменяющиеся обстоятельства. В этих свойствах проявляется активно антиципирующая роль стратегий, особенно – циклических. Можно предположить, что эти составляющие СИЗ аналогичны "антиципирующим обратимым операторным структурам", представление о которых сформулировал Ж. Пиаже для объяснения уровня развития мышления на III стадии. Именно формирование структур этого типа могут вести к появлению и развитию "антиципации трансформаций" (начиная с 7 – 8 лет) [Пиаже, Инельдер, 2002, с. 394, 400].

С организацией САС (характеристиками сложности организации доменов) проявили связь результаты решения задач на мультипликацию отношений. Само наименование логической операции, выполнение которой требуется для решения задачи ("мультипликация асимметричных транзитивных отношений") [Пиаже, Инельдер, 2002, с. 372], включение в число операций, необходимых для этого, *несовместимости* и *дизъюнкции* [Пиаже, 2001, с. 149], а также указание на возраст 11 – 15 лет, когда они формируются, заставляют обратиться к свойствам синхронических отношений, лежащих в основе доменной организации (см. табл. 1). Действительно, отношение AND транзитивно, а IOR – несимметрично. Отношение XOR фиксирует несовместимость компонентов структуры, а IOR – их дизъюнкции. Важное условие решения задач на мультипликацию – переход от "соположений" классов к их соподчинению, к противопоставлению [Пиаже, 1994]. Отображение таких отношений объектов и явлений возможно структурами типа описанных нами доменов. В примитив-

ных доменных организациях, характерных для детей 6 – 8 лет, мало субдоменов, области их пересечения содержат мало компонентов, отношения XOR играют незначительную роль в их образовании. Такие структуры по определению "сополагают" содержание субдоменов, в то время как в сложно организованных доменах, с большим количеством областей пересечения, образованных отношениями XOR (а также и IOR), содержание субдоменов противопоставлено друг другу.

### V. Описание формирования СИЗ ветвящимися траекториями

Применение "ретроитеративной рекурсивной кластерной классификации" дескрипторов СИЗ для испытуемых семи возрастных групп позволило построить дерево траекторий формирования СИЗ в разных возрастных группах (см. рис. 3). Корень этого дерева представлен двумя «зачатками» дальнейшего ветвления траекторий. На рис. 3 это показано расщеплением корневой части дерева.



**Рис. 3.** Ветвление траекторий формирования СИЗ в возрастных группах испытуемых I - VII. Овалами А, Б, В и Г помечены бифуркации траекторий

Можно предположить, что в основе "расщепления" корня дерева лежат различающиеся в младших и старших возрастных группах свойства компонентов СИЗ. Как в случае существования единого корня дерева формирования СИЗ, так и в случае его разделения на две ветви, в результате бифуркации А (см. рисунок 3) образуются (или продолжают) две ветви, соответствующие вариантам организации СИЗ, характерным для младших и старших возрастных групп. Бифуркация А (с 11 по 20 акты) обусловлена усложнением организации доменов, стратегий и диахронических отношений в старших группах. Разделению Б (интервал с 31 по 40 акт) соответствует возрастание у детей 8-14 лет (по сравнению с шести - семилетками) количества компонентов СИЗ, синхронических отношений между ними, увеличение количества компонентов, составляющих домены. Группы II и III разделяются на интервале между 61 и 70 актами (см. рисунок 3, овал В). В этой бифуркации проявляется более высокая скорость увеличения сложности суборганизации доменов в группе III, а также формирование более длинных стратегий в группе II. В основе бифуркации Г лежит более интенсивное увеличение в группах VI и VII, чем в группах IV и V, количества отношений IOR, циклических стратегий и диахронических отношений типа В2 при снижении темпа формирования отношений, связывающих линейные стратегии (тип В1, таблица 1). Более поздней бифуркации траекторий старших групп

(рисунок 3, Г) соответствуют изменения в организации СИЗ достоверно меньшего объема (6 переменных из 59), чем при бифуркации А (33 из 58 переменных). Снижение объема различий в ряду последовательных бифуркаций обнаруживается и для младших возрастных групп (ветвление А – 33, Б – 35, В – 4 из 58 переменных). Поэтому можно полагать, что вероятность разделения траекторий, образовавшихся после бифуркации Г, общих для групп IV' – V' и VI' – VII', весьма мала. На это указывает показанная нами более высокая степень сходства организации СИЗ у испытуемых старших групп по сравнению с младшими: в этом проявляется снижение темпа дифференциации формирующихся структур в возрастном ряду, причем резкое изменение этого темпа происходит в интервале между 13 и 14 годами.

## **Глава 6. Закономерности формирования компонента СИЗ**

Предполагали, что новый компонент структуры опыта/знания формируется на интервале, *предшествующем* реализации этого компонента в составе актуализированной совокупности компонентов, представляющей новый акт репертуара как способ разрешения неопределенности ситуации выбора, когда ни один из сформированных ранее компонентов СИЗ и ассоциированных с ним стратегий не имеет преимущества при селекции альтернативных вариантов. В процессе формирования на латентном этапе новый компонент проходит несколько стадий дифференциации: от неопределенного состояния к определенному. Особенности латентного процесса формирования нового компонента СИЗ проявляются во временных и содержательных характеристиках актуалгенеза СИЗ на интервале акта поведения и континуума поведения.

**Цель исследования** состояла в том, чтобы установить характеристики латентного этапа формирования нового компонента СИЗ: длительности, условий его инициации, особенностей стадий этого процесса, динамики состава актуализированного набора составляющих СИЗ на его протяжении.

**Методика.** Использован материал, полученный при участии тех же испытуемых, что описаны в главе 5. Процедура исследования, реконструкции СИЗ, регистрации времени выбора хода описаны там же.

Основной прием обработки данных в этом исследовании – моделирование. Строили регрессионную модель времени выбора хода (ВВХ) на основании эмпирически определенных характеристик. В эту модель вводили коэффициенты коррекции, исходя из системы альтернативных гипотез о латентной актуализации формирующегося компонента СИЗ на протяжении последовательности актов, предшествующих первой реализации нового акта игры и определяли такое расположение этих коэффициентов, которое позволяет достигнуть наивысшего качества модели

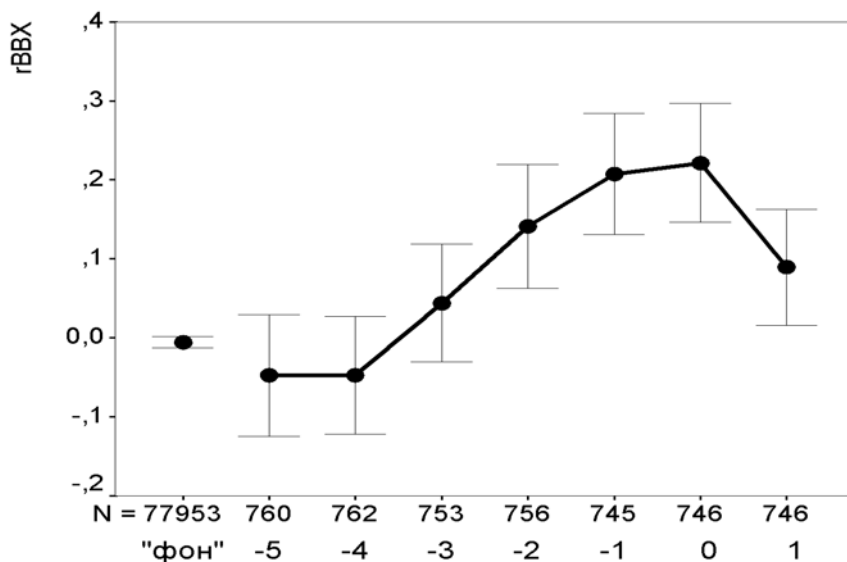
ВВХ. Анализировали последовательности из семи актов игры, включающие реализацию нового акта, пять предшествующих и один последующий. Эту последовательность обозначали: «-5, -4, -3, -2, -1, 0, 1», где «0» обозначает новый акт, знаки «-» – акты, предшествующие новому, а «1» – акт, следующий за новым. У 256 испытуемых было выделено 783 такие последовательности (от 1 до 10 у каждого).

**Результаты и их обсуждение.** Показано, что ВВХ на протяжении последовательности актов «-5, -4, -3, -2, -1, 0, 1» изменялась достоверно. Характер этих изменений показан на рис. 4: ВВХ плавно нарастает, начиная с акта «-4» до первой реализации нового акта игры, а затем возвращается к «фоновому» уровню.

Установлена тесная сопряженность ВВХ и количества актуализированных компонентов СИЗ. Эта связь составила основу способа верификации гипотезы о том, что новый компонент СИЗ формируется на интервале, *предшествующем* первой реализации этого компонента в составе актуализированной совокупности компонентов, представляющей новый акт репертуара игрока. На этом основании для моделирования были использованы такие дескрипторы СИЗ, значения которых могут быть скорректированы в соответствии с гипотезами об актуализации формирующегося компонента СИЗ в актах игры, предшествующих первой реализации нового акта.

Моделирование показало, что формирующийся компонент включается во множество актуализированных компонентов СИЗ на интервале, начинающемся за 3 акта до его первой реализации в наборе компонентов, реализующих новый акт игры. В последовательности актов, предшествующей первой реализации нового акта, выделяется особый интервал – окрестности акта «-3». Специфика этого интервала проявляется в динамике ВВХ (рисунок 4) и факторных оценок дескрипторов СИЗ, в характеристиках актуализации компонентов СИЗ и стратегий, в изменении разнообразия актуализирующихся наборов компонентов. В окрестностях акта «-3» выявлено начало резкого снижения длины стратегий, особенно выраженное для стратегий, отобранных при выборе хода. Количество же актуализированных компонентов СИЗ к этому моменту достигает максимума и на протяжении актов «-2», «-1», «0» сохраняется относительно постоянным. Таким образом, для акта «-3» характерна актуализация большого количества компонентов СИЗ, ассоциированных с короткими стратегиями, т.е. все альтернативные варианты выбора хода эквивалентны. Ситуации с эквивалентными альтернативами сложнее для принятия решения, чем ситуации, в которых некоторые (единичные) альтернативы обладают преимуществом [Luce, 1986]. Для акта «-3» отмечена не только равная селективная ценность альтернатив, но актуализированы короткие стратегии; причем на протяжении последовательности «-3 ÷ 0» отмечена тенденция сокращения длины стратегий. Поэтому саму ситуацию можно охарактеризовать как *проблемную*. Именно прогрессирующее усложнение выбора хода, развитие проблемной ситуации проявляется в градуальном увеличении ВВХ (рисунок 4).





**Рис. 4.** Изменение нормализованных значений BVX в последовательности актов игры, предшествующих первой реализации нового акта

Полученные результаты хорошо соответствуют представлению о том, что моменты порождения нового характеризуются состоянием неравновесности, неустойчивости (см., например, [Пригожин, 2001; Эбелинг, Энгель, Файстель, 2001]): в актах «-3» и «-2» отмечены максимальные значения энтропийных оценок разнообразия актуализированных компонентов СИЗ. Важно, что к моменту первой реализации нового акта значения энтропии снижаются. И. Пригожин отмечает: «В равновесном состоянии производство энтропии достигает минимального значения, в неравновесном – максимального. Неравновесная система может спонтанно эволюционировать к состоянию более высокой сложности» [Пригожин, 2001, с. 61]. Действительно, состояние СИЗ после образования нового компонента, связанного отношениями различного типа с другими компонентами, следует оценивать как более сложное, чем исходное.

Неопределенность, неравновесность состояния СИЗ в интервале инициации формирования нового компонента указывает на дифференциацию как способ его порождения [Пригожин, 2001; Эбелинг с соавт., 2001; Germana, Lancaster, 1995]. Исходя из того, что протокомпонент представляет собой группу преспециализированных нейронов, а компоненты – группы нейронов со сформированными специализациями, можно полагать, что в количестве сформированных групп компонентов проявляются общие свойства нейрогенеза. Так, наши результаты показывают, что количество групп протокомпонентов и компонентов, формирующихся у испытуемых, снижается в возрастном ряду; это соответствует данным о более интенсивном нейрогенезе у молодых животных, чем у взрослых [Barnea, Nottebohm, 1996; Gould, et al., 1999]. Проанализированные нами ситуации, в которых происходит процесс формирования компонента, завершающийся его актуализацией в форме реализации нового акта игры, можно охарактеризовать не в терминах новизны, а как локальную

проблемную ситуацию. Она *локальна*, поскольку ее развитие и разрешение занимает интервал в 2–4 хода игры, оперативное поле для игрока включает, как правило, лишь несколько линий построенных знаков. Ее следует охарактеризовать как *проблемную*, потому что в ее основе лежит сокращение длины стратегий, доступных для актуализации в данной ситуации, и их количества, а также актуализация большого количества эквивалентных наборов компонентов СИЗ, что выражается в развитии состояния неопределенности. В связи с формированием локальной проблемной ситуации, которая обладает также свойством новизны, инициируется селекция набора клеток из множества нейронов, у которых экспрессия ранних генов началась при экспозиции общей ситуации. Множество преспециализированных нейронов, отобранных на этой стадии, можно обозначить как *протокомпонент*. В дальнейшем из него последовательно дифференцируются все группы нейронов, которые специализируются относительно определенных актов игры; они составляют основу группы новых компонентов СИЗ.

**Заключение** работы посвящено построению обобщенной концептуальной модели организации и формирования структуры индивидуального знания. Для этого дано доказательство возможности сопоставления результатов, полученных в разных сериях исследования, проведенных на животных и человеке, с применением широкого спектра методических средств. Для концептуального обоснования использован принцип общности организации функциональных систем, сформулированный П.К. Анохиным. Применены единые критерии членения поведенческого континуума при изучении процесса актуализации компонентов СИО на модели распознавания сигнала человеком, при анализе СИО у животных, выполняющих сложное пищедобывательное поведение, при установлении соответствия характеристик графа игры и СИЗ, при изучении организации и формирования СИЗ в стратегической игре.

*Методика контролируемого формирования компетенции в позиционной стратегической игре с полной информацией*, разработанная нами, оригинальна и занимает одно из центральных мест в данной работе. В позиционной игре с полной информацией последовательные шаги (ходы) фиксируются в позициях, в форме, доступной для игроков, а, следовательно, могут быть зафиксированы в протоколе исследования. Эта информация обеспечивает формальное вычленение поведенческих актов, предоставляет средства определения их типологии, указания на моменты первой реализации актов нового типа, перечисления полного репертуара актов. Приведенные возможности являются решающими для применения этой методики в психофизиологическом исследовании с регистрацией электрической активности мозга и анализом потенциалов, связанных с событиями (ССП).

Стратегические игры, в отличие от случайных (например, рулетки), требуют от игроков содержательных решений о будущих действиях и фиксации в памяти стратегий (как конструктивных, так и не ведущих к успеху). Поскольку формальное описание игр содержит указания на моменты первой реализации актов нового типа и всей истории их актуализации, методика контролируемого формирования компетенции открывает возможность исследования процессов формирования знания в данной предметной области.

Принципиально важной для исследования является возможность использования результатов анализа активности групп специализированных нейронов – как для построения обобщенного описания СИЗ, так и для доказательства статуса существования СИЗ, ее компонентов, отношений между ними, различных типов групп компонентов, при этом регистрация активности нейронов применялась только в опытах на животных. В основе эмпирического доказательства сопоставимости результатов, полученных в опытах с животными и с человеком, – *универсальность конфигурации паттерна медленного электрического потенциала, сопровождающего поведенческие акты у человека и животных и акт игры – у человека* (см. рис. 1 и 2). Именно показанная в исследовании универсальность паттерна многокомпонентного потенциала, открывает возможность сопоставления динамики актуализации наборов компонентов СИЗ (у человека) и активации групп поведенчески специализированных нейронов (у животных), интеграцию результатов, полученных в разных сериях исследования и построение обобщенного психофизиологического описания СИЗ. Специально сформулированы основания логического сопоставления описаний СИЗ человека и СИО кролика, в их числе: формальный характер этих описаний, использование временных характеристик поведения и истории формирования структуры, единые приемы реконструкции компонентного состава и отношений между компонентами.

Далее формируется **обобщенное описание организации и формирования структуры индивидуального знания**. Показано, что компонент СИЗ представлен группой нейронов с общей поведенческой специализацией. Впервые вводится представление о сложной организации компонента СИЗ; при исследовании *активности групп специализированных нейронов* установлены *характеристики суборганизации компонентов СИЗ*. Обосновывается отказ от взгляда на компоненты и отношения между ними как на отдельные и независимые факторы строения структуры; именно суборганизация компонентов, формирующаяся в процессе взаимодействия компонентов, служит объяснением самого явления установления отношений между компонентами; отношения рассматриваются как основания формирования групп компонентов (таких, как стратегии и домены).

Выдвинуто положение о генетических предшественниках компонентов СИЗ – протокомпонентах. Показано, что компоненты формируются в результате дифференциации протокомпонентов, при этом инициация их порождения связана с возникновением проблемной ситуации (что сопровождается развитием неравновесного состояния СИЗ – это проявляется в повышении энтропийных оценок разнообразия актуализированных компонентов) и ее разрешением. Установлено, что с возрастом количество формирующихся протокомпонентов снижается, а потенциал их дифференциации увеличивается. Усложняется в возрастном ряду и суборганизация компонентов.

Сформулировано положение о том, что особенности суборганизации компонентов СИЗ являются важным фактором, определяющими возрастные черты организации процессов становления СИЗ. Выявленные характеристики процесса формирования компонента СИЗ, включая его латентные стадии, а через это – и другие аспекты формирования СИЗ, оказываются точно увязанными с самыми современными представлениями о неонейрогенезе как глубокой нейрофизиологической основе научения. Это показывает, что построенная концепция содержит также внутренне согласованную *собственно психофизиологическую теорию научения*.

Построена классификация отношений между компонентами СИЗ – выделены четыре типа диахронических и три типа синхронических отношений, определено, как эти типы придают СИЗ свойства неоднородной семантической сети. Установлено, что диахронические отношения связывают компоненты в группы – стратегии (обеспечивающие антиципацию изменения ситуации в предметной области и достижение отдаленных целей), а синхронические – домены (фиксирующие совместимость/противоречивость альтернативных вариантов развития ситуаций). Процессы формирования стратегий и доменов обладают возрастной спецификой. Дескрипторы СИЗ проявили достаточно тесные и избирательные связи с индивидуально-психологическими характеристиками. Существование таких сопряженностей дает основание для заключения о том, что свойства СИЗ, как психологической структуры универсальны, они согласованы со свойствами других психологических структур в рамках целостной индивидуальности, которые формируются во взаимодействии индивида с другими предметными областями и обладают аналогичными характеристиками организации.

*Построенное в исследовании обобщенное описание СИЗ является психофизиологическим*, поскольку непротиворечиво связывает нейрональные и нейрогенетические основания организации этой структуры, электрофизиологические проявления актуализации и изменения состава групп компонентов, поведенческие и индивидуально-психологические характеристики. Продемонстрировано, как в выявленных характеристиках процессов организации и становления СИЗ проявляются такие

принципы, как системность, системогенез, селективность, дифференциация, актуал-генез. Показано соответствие разработанного описания СИЗ этим принципам. Подчеркнуто, что структура индивидуального опыта/знания обладает основными атрибутами психологической структуры, а процессы организации и становления СИЗ можно рассматривать как обобщенное описание психологических процессов.

### **Выводы**

1. Сформулированы, обоснованы и верифицированы основные положения нового направления исследований организации и становления психологических структур – таких образований, которые фиксируют индивидуальное знание/опыт относительно определенных предметных областей, развитое на основе концепции поведенческой специализации нейронов. Операционализованы конструкты, которые до настоящего исследования применялись как логические и были недоступны для эмпирических оценок в психофизиологических исследованиях.

2. Установлено соответствие между группами нейронов, обладающих общей специализацией, и компонентами структуры индивидуального опыта животных.

3. Индивидуальному репертуару актов игры соответствует конечный репертуар компонентов СИЗ. Количество компонентов, составляющих СИЗ, снижается с возрастом испытуемых. Компоненты дифференцируются из предшественников – протокомпонентов. Количество возможных дифференциаций протокомпонента увеличивается с возрастом испытуемых и не превышает семи.

4. Процесс порождения нового компонента инициируется возникновением проблемной ситуации в предметной области, он сопровождается развитием неопределенности, неравновесности в состоянии актуализированной совокупности составляющих СИЗ, которое разрешается при первой реализации нового компонента в составе нового акта игры. Латентный процесс порождения нового компонента проявляется в закономерном изменении времени выбора хода, а также в характеристиках медленных потенциалов мозга, сопровождающих акты игры (в том числе в амплитуде колебаний, аналогичных  $N_2$  и  $P_{300}$ , а также в количестве субкомпонентов медленного негативного отклонения).

5. Компоненты СИЗ связывают отношения семи типов, различия которых проявляются в свойствах транзитивности, рефлексивности и симметричности, сопряженности с характерными изменениями времени выбора хода, вариации составов актуализированных компонентов СИЗ, соотношения частот выигрышей и проигрышей. Формирование отношений разных типов описывается кривыми научения различной конфигурации. Темп формирования отношений различного типа изменяется в возрастном ряду.

6. Показано, что в стратегической позиционной игре между характеристиками поведения игроков (репертуаром актов игры, их последовательностями, составом альтернатив при выборе ходов, совместимостью актов, составляющих репертуар, вероятностными, временными и содержательными характеристиками выбора ходов, устойчивыми последовательностями актов игры), и характеристиками графа, представляющего игру (его ветвлением, отношениями, определенными на множестве вершин, весом и ориентацией дуг, компонентами связности, свойствами информационных множеств), существует отношение сходства (гомоморфизм).

7. Показано сходство между конфигурацией медленного электрического потенциала, сопровождающего акт игры, и конфигурацией универсального потенциала, сопровождающего поведенческие акты у животных и человека, независимо от их содержательных характеристик. Компоненты конфигурации медленного потенциала, соответствуют ключевым событиям развития акта игры: разрешению неопределенности при постановке знака противником, актуализации альтернатив, составляющих выбор, устранению некоторых альтернатив, постановке собственного знака игроком, актуализации альтернатив, возможных в последующих актах игры.

8. Конфигурация медленного электрического потенциала мозга на протяжении реализации поведенческого акта и суборганизация акта соответствует динамике актуализации наборов компонентов структуры индивидуального знания, представляющих различные (последовательные и альтернативные) поведенческие акты.

9. В группе нейронов, обладающих общей специализацией относительно определенного поведенческого акта сложного циклического пищедобывательного поведения, может выделяться несколько подмножеств нейронов, активность которых проявляет устойчивую связь с другими поведенческими актами, то есть обладает дополнительными специализациями относительно этих актов. Геометрическая пространственная модель, сконструированная при помощи процедуры многомерного шкалирования (PROXSCAL), показывает, что основными факторами организации активности нейронов, обладающих основными и дополнительными специализациями относительно актов двух циклов сложного пищедобывательного поведения, являются: сложность организации группы нейронов с общей основной специализацией, выраженная в энтропии распределения дополнительных специализаций (ось 1), принадлежность к определенному циклу поведения (оси 2 и 3), причем нейроны, имеющие дополнительные специализации относительно обоих циклов, тяготеют к центральной области, а относительно только одного из циклов – к периферической области пространства построенной модели.

10. СИЗ обладает свойствами сетевой структуры. Отношения, связывающие компоненты СИЗ в последовательность их актуализации – диахронические – образуют пропозициональную структуру сети; они связывают компоненты в группы, которые, по их соответствию условиям достижения цели игры (выигрыша), идентифицированы как стратегии. Синхронические отношения образуют ассоциативную составляющую сети, они связывают группы одновременно актуализирующихся компонентов СИЗ независимо от расстояния между ними на графе игры и порядка их реализации при решении игровых задач. Эти отношения связывают компоненты в группы, которые по их соответствию содержательным свойствам предметной области идентифицированы как доменные организации. Темп формирования стратегий и доменов и сложность их организации увеличиваются как в возрастном ряду, так и при возрастании уровня компетенции. Пропозициональная и ассоциативная составляющие СИЗ формируются гетерохронно, с тенденцией ассоциативной сети опережать формирование пропозициональной. Компонент СИЗ может вступать в отношения разных типов с множеством компонентов, одновременно входить в несколько групп компонентов различного типа. Эти возможности лежат в основе связности СИЗ. Даны оценки связности СИЗ в терминах энтропии распределений вхождения компонентов СИЗ в различные группы. Оценки связности СИЗ увеличиваются на протяжении приобретения компетенции и в возрастном ряду.

12. Показано, что процессы порождения протокомпонентов, дифференциации компонентов СИЗ из протокомпонентов, образование суборганизации компонентов СИЗ, процесс отбора состава компонентов СИЗ при выборе хода и при реализации акта игры, формирование структур индивидуального знания, обладающих возрастной спецификой, описываются ветвящимися структурами.

13. Процесс актуализации составляющих СИЗ проявляется во временных характеристиках и продуктивности поведенческих актов, а также в эффектах последовательности. Установлено соответствие вероятности реализации акта в поведении и уровня актуализации компонентов СИЗ, лежащих в его основе. Показано, что уровень актуализации компонентов СИЗ изменяется градуально.

14. Показано соответствие основных характеристик организации СИЗ человека в стратегической игре и СИО кролика в сложном пищедобывательном поведении.

15. Дескрипторы СИЗ избирательно связаны с несколькими группами индивидуально-психологических характеристик. Показано соответствие сформированности стратегий, обладающих циклической организацией, успешности решения задач Пиаже на сохранение, а доменных структур – задач на мультипликацию отношений.

Для ассоциативной составляющей СИЗ (САС) установлены связи с оценками когнитивных стилей "импульсивность-рефлексивность" и "поле(не)зависимость"; для более дифференцированной составляющей СИЗ – пропозициональной (СПС), выявлена связь только с оценками "импульсивности-рефлексивности". В этих соответствиях дескрипторов СИЗ, сформированной для определенной предметной области, и индивидуально-психологических характеристик, не связанных с какой-либо определенной предметной областью, проявляется общность строения психологических структур, сформированных во взаимодействии индивида с различными предметными областями.

Основное содержание диссертации отражено в следующих публикациях автора:

**Монография:**

1. Формирование структуры индивидуального знания. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2006. (35,0 усл. печ. л.; 560 с.)

**Статьи в научных журналах, рекомендованных ВАК**

2. Поведенческие акты у человека и животных: вариативность времени системных процессов// Психол. журн. 1983. Т.4. № 6. С. 73 – 76. (Совместно с Н.Е. Максимовой, Ю.И. Александровым, Ю.В. Гринченко).

3. Функциональное значение колебания P300 с точки зрения психофизиологического анализа структуры поведения// Психол. журн. 1985. Т.6. № 3. С. 86 – 95. (Совместно с Н.Е. Максимовой).

4. P300 and the validity of psychophysiological description of behavior // The Behavioral and Brain Sciences. 1988. № 3. P. 374 – 375. (Совместно с Н.Е. Максимовой).

5. Соотношение грамматики и семантики высказываний со структурой индивидуального знания (к проблеме рационального-интуитивного) // Психол. журн. 1998. Т. 19. № 3. С. 63 – 83. (Совместно с Н.Е. Максимовой, И.В. Тихомировой, Е.В. Филипповой, Ю.Б. Никитиным).

6. Комплексное исследование структуры индивидуального знания // Психол. журн. 1999. Т. 20. № 1. С. 49 – 69. (Совместно с Н.Е. Максимовой, А.Г. Горкиным, Д.Г. Шевченко, И.В. Тихомировой, Е.В. Филипповой, Ю.Б. Никитиным).

7. Типология интуитивного-рационального и формирование структуры индивидуального знания // Психол. журн. 2001. Т. 22. № 1. С. 43 – 60. (Совместно с Н.Е. Максимовой, И.В. Тихомировой, Е.В. Филипповой).

8. Закономерности формирования нового компонента структуры индивидуального знания// Психол. журн. 2003. Т. 24. № 6. С. 55 – 76. (Совместно с Н.Е. Максимовой).



### Статьи в научных журналах и сборниках:

9. Изменение активности корковых нейронов, соответствующее обнаружению порогового сигнала // Системный подход к психофизиологической проблеме. М., «Наука», 1982. С. 188 – 192.
10. P300 and psychophysiological analysis of the structure of behavior // *Electroenc. and Clinical Neurophysiol.* 1985. V. 61. P. 548 – 558. Elsevier, North-Holland. (Совместно с Н.Е. Максимовой).
11. Психофизиологическое исследование поведения человека и животных при обнаружении сигнала // *Психофизика дискретных и непрерывных задач.* М.: Наука, 1985. С. 195 – 228.
12. Типология медленных потенциалов, нейрональная активность и системная организация поведения // *ЭЭГ и нейрональная активность в психофизиологических исследованиях.* М. Наука. 1987. С. 44–72. (Совместно с Н.Е. Максимовой).
13. Slow brain potentials and their relation to the structure of behavior: Data on cortical unit activity// *EEG Supplement.* 1987. V. 40. P. 3 – 7. (Совместно с Н.Е. Максимовой).
14. Познание, субъективный опыт и медленные потенциалы мозга: предварительные результаты// *Психофизиология познавательных процессов. Материалы III Советско-Финского симпозиума по психофизиологии.* М. 1988. С. 32 – 38. (Совместно с Н.Е. Максимовой).
15. Regularities of Actualization of Templates for Standard and Deviant Stimuli in Recognition Task// *Psychometric Methodology. Proceedings of the 7th European Meeting of the Psychometric Society in Trier;* R. Steyer, K. F. Wender, & K. F. Widaman (Eds.). Stuttgart and New York: Gustav Fischer Verlag, 1993. P. 1 – 6. (Совместно с Н.Е. Максимовой, P. Paavilainen, K. Reinikkainen, R. Näätänen, M. Sams).
16. Психофизиологические основы детерминации поведения// *Труды Института психологии РАН.* М. Институт психологии РАН, 1995. Т. 1. Кн. 2. С. 216 – 224. (Совместно с В.Б. Швырковым, А.Г. Горкиным, Д.Г. Шевченко, А.В. Корпусовой, Н.Е. Максимовой).
17. Assessment of the acquisition rate of procedural and declarative components of individual knowledge// *European Journal of Psychological Assessment.* V.11., Supplement. №1. 1995. P. 66 – 67. (Совместно с Н.Е. Максимовой).
18. Закономерности формирования и реализации индивидуального опыта // *Журнал высшей нервной деятельности.* 1997. Т. 47. № 2. С. 243 – 260. (Совместно с Ю.И. Александровым, Т.Н. Греченко, В.В. Гавриловым, А.Г. Горкиным, Д.Г. Шевченко, Ю.В. Гринченко, Н.Е. Максимовой, Б.Н. Безденежных, М.В. Бодуновым).

19. Связанные с событиями потенциалы мозга (ССП) в психофизиологическом исследовании// Основы психофизиологии / Под ред. Ю.И. Александрова. М.: Инфра-М, 1997. С. 332 – 352. (2-е изд.: СПб.: Питер, 2001. С. 342 – 362). (Совместно с Н.Е. Максимовой).

20. Formation and realization of individual experience// Journal of Higher Nervous Activity. 1997. V. 47(2). P. 34 – 45. Translation of Russian original version. (Совместно с Yu.I. Alexandrov, T.N. Grechenko, V.V. Gavrilov, A.G. Gorkin, D.G. Shevchenko, Yu.V. Grinchenko, N.E. Maksimova, B.N. Bezdenezhnykh, M.V. Bodunov)

21. Структурные уровни организации познания и проблема специфичности научной картины мира // Модели мира / Под ред. Д.А. Поспелова. М., Российская ассоциация искусственного интеллекта, 1997. С.49 – 66.

22. Formation and realization of individual experience// Neuroscience and behavioral physiology. V. 27. N. 4. 1997. P. 441 – 454. (Совместно с Yu.I. Alexandrov, T.N. Grechenko, V.V. Gavrilov, A.G. Gorkin, D.G. Shevchenko, Yu.V. Grinchenko, N.E. Maksimova, B.N. Bezdenezhnykh, M.V. Bodunov)

23. О виртуальности компонентов индивидуального знания на ранних стадиях их формирования// Виртуальная реальность в психологии и искусственном интеллекте. Сост. Н.В.Чудова. М.: Российская ассоциация искусственного интеллекта, 1998. С. 61 – 82. (Совместно с Н.Е. Максимовой.).

24. Научение // Современная психология / Под ред. В.Н.Дружинина. М.: ИНФРА-М, 1999. С. 201 – 217. (Совместно с Н.Е. Максимовой).

25. Formation and realization of individual experience in humans and animals: A psychophysiological approach// Conceptual advances in brain research. V. 2. Complex Brain functions. Conceptual advances in Russian neuroscience. P. 181 – 200. Harwood Academic Publishers, 2000. (Совместно с Yu.I. Alexandrov, T.N. Grechenko, V.V. Gavrilov, A.G. Gorkin, D.G. Shevchenko, Yu.V. Grinchenko, N.E. Maksimova, B.N. Bezdenezhnykh, M.V. Bodunov).

26. Научение // Психология XXI века / Под ред. В.Н.Дружинина. М.: Пер СЭ, 2003. С. 238 – 267. (Совместно с Н.Е. Максимовой).

27. Экспериментальная методология Я.А.Пономарева и принцип реконструкции // Психология творчества: школа Я.А.Пономарева. Под ред. Д.В.Ушакова. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2006. С. 329 – 351. (Совместно с Н.Е. Максимовой).

#### **Тезисы докладов:**

28. Slow brain potentials and their relation to the structure of behavior: data on cortical unit activity// Eight international conference on event-related potentials of the brain (EPIC VIII). Ed.: John W.Rohrbaugh, Ray Johnson, Jr., Raja Parasuraman. Stanford University Press, 1986. P. 263 – 265. (Совместно с Н.Е. Максимовой).

29. Decision-making in the tic-tac-toe: psychophysiological research // *Psychophysiology-1988*. Praga. P. 7.
30. Context of behavioral performance, movements and brain potentials // 6th International Symposium "Motor Control". Albena, 1989. P. 248. (Совместно с Н.Е. Максимовой).
31. Waveform and variation of ERPs pattern manifest the dynamics of the set of activated units // *Transactions of 31th International Congress of Physiological Sciences*. Helsinki, 1989. V.17, № 3503. (Совместно с Н.Е. Максимовой).
32. ERPs accompanied the selection of variants of behavioral performance: a preliminary findings// 9th international conference on event-related potentials of the brain (EPIC IX). P. 65. (Совместно с Н.Е. Максимовой).
33. Психофизиологическое исследование структуры деятельности в проблемной ситуации // *Труды 7-го съезда Общества психологов СССР. Дефектология, психофизиология, дифференциальная психофизиология*. М.: 1989. С. 79. (Совместно с Н.Е. Максимовой).
34. N2 component of ERPs and preparatory activity // V International Congress on psychophysiology. 1990. Budapest. P. 193. (Совместно с Н.Е. Максимовой).
35. Моделирование структуры индивидуальной памяти, основанные на экспериментальных данных // *Материалы Международного семинара «Технологические, психологические, образовательные программы создания и использования автоматизированных систем»*. М.: 1990. С. 178. (Совместно с Н.Е. Максимовой).
36. Phenomenology of human activity and its determinants in the structure of subjective experience // *Proceedings of the 2nd International Congress on The Theory of Activity*. Lahty, Finland. 1990. V. 2. P. 115. (Совместно с Н.Е. Максимовой).
37. Model of decision-making time inferred from quantitative description of the individual knowledge // *Proceedings of the European conference on educational research*. Twente, The Netherlands. 1992. P. 65. (Совместно с Н.Е. Максимовой).
38. Modeling of the knowledge structure in tic-tac-toe // *Труды Международной конференции по проблемам моделирования в бионике «Биомод 1992»*. Санкт-Петербург. С. 82 – 83. (Совместно с Н.Е. Максимовой).
39. Correlation of ERPs' amplitude with quantitative estimation of the mental load // *Proceedings of the International Symposium "Psychophysiology"*. Berlin, Germany. 1992. P. 72.
40. Modeling of ERP amplitude in humans using parameters of the individual knowledge structure// *Abstracts of the 8-th World Congress of International Organization of Psychophysiology University of Tampere, Finland*. 1996. P. 112. (Совместно с Н.Е. Максимовой).
41. Отображение эпигенетических траекторий в кривых научения // *Ежегодник Российского психологического общества. Материалы III Всероссийского съезда психологов*. 25 – 28 июня 2003г. Т. 4. С. 322 – 326. (Совместно с М.В. Коломеец, Н.Е. Максимовой).

42. Соотношение игровых стратегий и компонентов структуры индивидуального знания // Первая Российская конференция по когнитивной науке. Тезисы докладов. Казань: Изд-во КГУ, 2004. С. 11 – 12. (Совместно с Н.Е. Максимовой, И.В. Тихомировой, Е.В. Филипповой).

43. Формальное описание структуры индивидуального знания //IEEE AIS'04, CAD-2004. «Интеллектуальные системы», «Интеллектуальные САПР». Труды конференции. М.: Физматлит, 2004. Т. 1. С. 147 – 148. (Совместно с Н.Е. Максимовой, И.В. Тихомировой, Е.В. Филипповой, Л.Ф. Фомичевой, М.В. Коломеец, А.А. Молотковой, Н.А. Живовой).

44. Состав альтернатив при выборе хода в стратегической игре // Вторая Российская конференция по когнитивной науке. 9 – 13 июня 2006 г. Тезисы докладов. Т. 1. СПб.: Филологический факультет СПбГУ, 2006. С. 186 – 188. (Совместно с Н.Е. Максимовой).

45. Медленные потенциалы мозга: от типологии к непрерывному спектру вариаций потенциала универсальной конфигурации // Тенденции развития современной психологической науки. Тезисы конференции (Москва, 31 января – 1 февраля 2007 г.). Отв. ред. А.Л. Журавлев, В.А. Кольцова. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2007. Ч. II. С. 301 – 306. (Совместно с Н.Е. Максимовой, М.Ю. Шепилевым).

#### **Учебные пособия:**

Основы теории психологического исследования (экспериментальная психология). Программа учебного курса. М.: Издательство «Институт психологии РАН», 1998. (88 с.) (Совместно с Н.Е. Максимовой).