

Российская академия наук
Институт психологии

И. О. Александров

ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ЗНАНИЯ



Издательство
«Институт психологии РАН»
Москва — 2006

УДК 159.9
ББК 88
А 46

Рецензенты:

Т.М. Марютина — докт. психол. наук

М.А. Холодная — докт. психол. наук

Научный редактор

Н. Е. Максимова — канд. психол. наук

Все права защищены. Любое использование материалов данной книги полностью или частично без разрешения правообладателя запрещается

Александров И.О.

А 46 Формирование структуры индивидуального знания — М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2006. — 560 с.

УДК 159.9
ББК 88

В монографии рассмотрены проблемы организации и формирования психологических структур с позиций системно-эволюционного подхода П.К. Анохина — В.Б. Швыркова на примере структуры индивидуального знания (СИЗ) в позиционной стратегической игре. Для реконструкции СИЗ разработано формальное описание предметной области игры, использованы результаты изучения временных и содержательных характеристик поведения игроков разного возраста и их индивидуально-психологических особенностей, медленных потенциалов мозга, активности специализированных корковых нейронов у животных. Описаны процессы формирования компонентов СИЗ, их суборганизация, типология отношений между ними, образование групп компонентов, возрастные особенности СИЗ. Книга предназначена для психологов, психофизиологов, специалистов в области искусственного интеллекта, — исследователей, преподавателей, аспирантов и студентов.

© Институт психологии Российской академии наук, 2006

ISBN 5-9270-0089-4

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	9
ГЛАВА 1. КОНЦЕПЦИЯ ЭВОЛЮЦИИ	13
1.1. Синтетическая теория эволюции	17
1.2. Принцип взаимодействия/развития	24
1.3. Описание эволюционного процесса	24
1.4. Дифференциация	29
1.4.1. Описание процесса дифференциации	32
1.5. Эволюция и онтогенез	35
1.5.1. Эпигенез	35
1.5.2. Биогенетический закон	46
1.5.3. Системогенез	49
1.6. Заключение	52
ГЛАВА 2. ПРИНЦИП СИСТЕМНОСТИ	57
2.1. Принцип целостности и принцип системности	57
2.2. Конкретно-синкретическая и абстрактно-аналитическая версии принципа системности	59
2.3. Принцип системности и концепция эволюции	60
2.4. Принцип системности и принцип взаимодействия/развития	61
2.5. Принцип системности и принцип активности	63
2.6. Заключение	64
ГЛАВА 3. ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ СТРУКТУРЫ	66
3.1. Категория «структура» в психологии	66
3.2. Формальное определение и основные характеристики структуры	68
3.2.1. Анализ принципа иерархического строения структур	69
3.2.2. Компоненты структуры	74
3.2.3. Семантические сети, отношения между компонентами, неоднородные семантические сети	77
3.2.4. Активность, актуализация, актуалгенез	80
3.2.5. Амодальность структуры	84
3.2.6. Психологические структуры и процессы	86
3.3. Проблемы эмпирического изучения психологических структур	87

3.3.1. Принцип реконструкции	88
3.3.2. Общие черты методических приемов изучения психологических структур	94
3.3.3. Проблема онтологического статуса психологических структур	95
3.4. СТРУКТУРА ОПЫТА И СТРУКТУРА ЗНАНИЯ: ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОНЯТИЙ И ИХ СООТНОШЕНИЕ	99
ГЛАВА 4. НАУЧЕНИЕ	105
4.1. Основные определения	105
4.1.1. Научение, обучение, учение	106
4.2. НАУЧЕНИЕ В КОНТЕКСТЕ ОБЩЕПСИХОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ	108
4.2.1. Научение и развитие	110
4.3. КЛАССИЧЕСКИЕ КОНЦЕПЦИИ НАУЧЕНИЯ	112
4.3.1. Научение с позиций учения об условных рефлексах	112
4.3.2. Бихевиоризм	114
4.3.3. Представления о научении в когнитивной психологии	118
4.3.4. Феноменология и типология научения	121
4.3.5. Модели научения	133
4.3.6. Селективная концепция научения	136
4.4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ	140
ГЛАВА 5. СИСТЕМНО-ЭВОЛЮЦИОННЫЙ ПОДХОД	142
5.1. Основные положения классической ТФС (КТФС)	142
5.2. Формирование и основные положения неклассической ТФС (НТФС)	147
5.3. ПЕРЕХОД К СИСТЕМНО-ЭВОЛЮЦИОННОМУ ПОДХОДУ (СЭП); ЕГО ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ	154
5.4. Организация и формирование новых структур с позиции системно-эволюционного подхода	163
ГЛАВА 6. СТРАТЕГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СТРУКТУРЫ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ОПЫТА/ЗНАНИЯ	170
ГЛАВА 7. ФОРМАЛЬНОЕ ОПИСАНИЕ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ	176
7.1. Основные свойства позиционных игр	177
7.2. Правила позиционных игр	179
7.3. Формальные свойства игры «крестики-нолики» на поле 15x15 ...	181
7.4. Основы описания позиционной стратегической игры	183
7.5. Геометрическая классификация позиций в игре «крестики-нолики» на поле 15x15	187
7.6. ФОРМАЛЬНОЕ ОПИСАНИЕ ИГРЫ	191

7.6.1. Описание позиций на игровом поле	191
7.6.2. От описания позиций к описанию процесса игры	195
7.6.3. Основные характеристики графа, описывающего игру	205
7.6.4. Структура графа игры	209

ГЛАВА 8. ОТ ГРАФА ИГРЫ К СТРУКТУРЕ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ЗНАНИЯ	220
8.0. ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ ГИПОТЕЗЫ	220
8.1. МЕТОДИКА	224
8.2. РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ	227
8.2.1. Существование актов игры	227
8.2.2. Существование компонентов СИЗ и фиксация моделей взаимодействий в компонентах СИЗ	237
8.2.3. Характеристики ситуации выбора хода	238
8.2.4. Различия ситуации выбора альтернативных актов на разных стадиях игры	245
8.2.5. Соответствие составляющих СИЗ компонентам связности графа игры	246
8.3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ	252
ГЛАВА 9. ЗАКОНОМЕРНОСТИ АКТУАЛИЗАЦИИ	254
9.0. ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ ГИПОТЕЗЫ	254
9.1. АКТУАЛИЗАЦИЯ КОМПОНЕНТОВ СИО ПРИ РАЗНЫХ ИСХОДАХ ОБНАРУЖЕНИЯ СИГНАЛА	256
9.1.1. Методика	256
9.1.2. Результаты	259
9.1.3. Обсуждение результатов I	268
9.2. КОНКУРЕНЦИЯ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ПОВЕДЕНЧЕСКИХ АКТОВ, ВРЕМЯ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИХ РЕАЛИЗАЦИИ	271
9.2.1. Методика	271
9.2.2. Результаты	275
9.2.3. Заключение	293
9.2.4. Обсуждение результатов II	294
9.3. ДИНАМИКА НАБОРОВ КОМПОНЕНТОВ СИЗ НА ПРОТЯЖЕНИИ АКТА ИГРЫ И ПРИ СМЕНЕ АКТОВ	297

ГЛАВА 10. РЕКОНСТРУКЦИЯ СТРУКТУРЫ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ОПЫТА	302
10.0. СПЕЦИАЛИЗАЦИЯ НЕЙРОНОВ	303
10.1. МЕТОДИКА	308
10.1.1. Экспериментальные животные	308
10.1.2. Контролируемое формирование индивидуального опыта	309
10.1.3. Единицы анализа поведения и описание репертуара	310

10.1.4.	Регистрация активности нейронов	310
10.1.5.	Анализ активности нейронов	311
10.1.6.	Временные характеристики поведения	314
10.1.7.	Статистическая обработка данных	314
10.2.	РЕЗУЛЬТАТЫ	315
10.2.1.	Временные характеристики поведения	315
10.2.2.	Компоненты СИО, представляющие акты репертуара и их группы	317
10.2.3.	Взаимоотношения между компонентами СИО, представляющими акты репертуара	318
10.2.4.	Связность СИО I	320
10.2.5.	Организация групп специализированных нейронов	324
10.3.	ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ	355
10.3.1.	Компоненты СИО, представляющие акты репертуара, и их группы	355
10.3.2.	Взаимоотношения между компонентами СИО	361
10.3.3.	Связность СИО II	363
10.3.4.	Структура СИО	364
ГЛАВА 11. ОРГАНИЗАЦИЯ СТРУКТУРЫ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ЗНАНИЯ		
11.1.	МЕТОДИКА	375
11.1.1.	Участники исследования	375
11.1.2.	Процедура исследования	376
11.1.3.	Реконструкция СИЗ	376
11.1.4.	Оценка временных интервалов	381
11.1.5.	Индивидуально-психологические характеристики	382
11.1.6.	Организация данных	384
11.1.7.	Кривые научения	384
11.1.8.	Статистические процедуры и критерии	385
11.2.	РЕЗУЛЬТАТЫ	386
11.2.1.	Общая организация СИЗ	386
11.2.2.	Компонентный состав СИЗ	394
11.2.3.	Формирование отношений между компонентами; группы компонентов	403
11.2.4.	К эволюционному описанию формирования СИЗ	432
11.2.5.	Анализ временных характеристик процесса выбора хода	439
11.3.	ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ	443
11.3.1.	Соотношение составляющих СИЗ: САС и СПС, их актуализация	443
11.3.2.	Компонентный состав СИЗ; типы компонентов и их формирование	445

11.3.3.	Отношения между компонентами и их группы	449
11.3.4.	Описание формирования СИЗ в семи возрастных группах ветвящимися траекториями	456
11.3.5.	Время выбора хода как показатель актуализации наборов составляющих СИЗ	459

ГЛАВА 12. ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПОНЕНТА СТРУКТУРЫ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ЗНАНИЯ		
12.1.	МЕТОДИКА	462
12.2.	РЕЗУЛЬТАТЫ	474
12.2.1.	Соотношение ВВХ и количества актуализированных компонентов СИЗ	474
12.2.2.	Формирование новых компонентов СИЗ у испытуемых разных возрастных групп	475
12.2.3.	Динамика ВВХ в последовательности актов игры, предшествующих первой реализации нового акта	475
12.2.4.	Факторный анализ переменных, характеризующих актуализацию СИЗ	478
12.2.5.	Динамика дескрипторов СИЗ в последовательности актов игры, предшествующих первой реализации нового акта	480
12.2.6.	Связь гВВХ и факторных оценок дескрипторов СИЗ	484
12.2.7.	Моделирование-1: положение коэффициентов коррекции в последовательности актов, предшествующих первой реализации нового акта	485
12.2.8.	Моделирование-2: уточнение значений коэффициентов коррекции для лучшей модели гВВХ; контрольные модели гВВХ	489
12.2.9.	Анализ связанных с событиями потенциалов мозга	492
12.2.10.	Анализ невербальных составляющих поведения	497
12.3.	ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ	500
12.3.1.	Закономерности изменения ВВХ и его связь с составом актуализированных составляющих СИЗ	500
12.3.2.	Условия инициации формирования нового компонента СИЗ	501
12.3.3.	Динамика вероятности и степени актуализации нового компонента СИЗ	502
12.3.4.	Особенности латентного этапа формирования нового компонента СИЗ	503
12.3.5.	Порождение новых компонентов СИЗ и протокомпоненты	506
12.4.	Выводы	513

ГЛАВА 13. ЗАКЛЮЧЕНИЕ. РЕКОНСТРУКЦИЯ СИЗ И ПРОЦЕССОВ ЕЕ ФОРМИРОВАНИЯ	515
13.1. Основания сопоставления результатов различных серий исследований	515
13.1.1. Общность организации функциональных систем	515
13.1.2. Основания логического сопоставления описаний СИЗ человека и СИО кролика	517
13.2. Обобщенное описание организации и формирования структуры индивидуального знания	518
13.2.1. Компоненты СИЗ	518
13.2.2. Отношения	519
13.2.3. Группы компонентов	521
13.2.4. Актуализация	523
13.2.5. Множественность СИЗ	524
13.3. К пересмотру «законов научения»	524
13.4. Принципы организации и формирования СИЗ	526
13.4.1. Системность	526
13.4.2. Системогенез	527
13.4.3. Селективность	527
13.4.4. Дифференциация	528
13.4.5. Актуалгенез	529
13.5. Психологические структуры и процессы	529
13.6. Эволюция и системы	530
ЛИТЕРАТУРА	532
УКАЗАТЕЛЬ ОСНОВНЫХ ТЕРМИНОВ	558

ПРЕДИСЛОВИЕ

В данной монографии представлено исследование, которое посвящено изучению закономерностей организации и формирования психологических структур. Такая формулировка одного из фундаментальных вопросов психологии наметилась сравнительно недавно. Известные в истории психологии попытки его решения главным образом связаны с проблематикой научения и памяти. Осмысление проблем этого круга привело к кризису бихевиоризма, отрицающего саму возможность существования психологических структур и их доступность для изучения, и к зарождению когнитивной науки (см., например: Найссер, 1981; Толман, 1980; Холодная, 2002а; Chomsky, 1994; Skinner, 1985).

До 1960-х годов в психологии существовало представление о том, что формирование новых психологических структур — специальная, «локальная» проблема обособленной области психологии — научения. Затем в связи с изменением статуса категории развития положение начало изменяться, проблема стала преобразовываться не только в общепсихологическую, но и в междисциплинарную, комплексную. Однако комплексность подхода интегрирует частные проблемы в междисциплинарную лишь в инструментальном плане. Так, проблема научения в рамках нейронаук трансформировалась в новую область исследований научения/памяти и использует широчайший спектр методик, разработанных как в нейрофизиологии, так и в психологии, психиатрии, генетике, иммунологии и других науках, однако в теоретическом отношении эта область остается преимущественно эклектичным собранием частных дисциплинарных концепций.

Учитывая современное состояние психологии, наук о познании, а также наук о поведении и мозге, по нашему мнению, проблему организации психологических структур и их формирования невозможно ни разрешить, ни корректно сформулировать даже в собственно психологическом контексте, если не учитывать положения приобретающей общенаучный статус концепции

универсального эволюционизма. «Если кратко охарактеризовать современные тенденции синтеза научных знаний, то они выражаются в стремлении построить общенаучную картину мира на основе принципов универсального эволюционизма, объединяющих в единое целое идеи системного и эволюционного подходов» (Степин, 2003, с. 641).

Основная идея этой книги состоит в том, что концепции системности и эволюционизма открывают новые возможности в решении наиболее фундаментальных проблем психологии при условии, что формулировки этих концепций будут, во-первых, согласованы друг с другом, а во-вторых, переведены с метатеоретического языка на язык конкретного эмпирического исследования.

Такие исследовательские возможности разработаны в рамках *системно-эволюционного подхода* (СЭП), который сформировался в результате развития *теории функциональных систем* (ТФС) П.К. Анохина (Швырков, 1988). Основу этих парадигм составляет представление об *эволюции систем*. Это базовое положение сформулировано не в результате объединения и согласования эволюционного и системного принципов. Версия системного подхода, разрабатываемая П.К. Анохиным и его сотрудниками с 1935 г., изначально складывалась как *эволюционная* и описывала развитие и формирование нового в терминах *систем*. Неразрывность системного и эволюционного в описании развития получила выражение в концепции *системогенеза*, которая составляет важнейшую часть концептуального ядра ТФС и СЭП и в высокой степени операционализована.

Цель данного исследования — установление закономерностей организации и формирования структуры индивидуального опыта/знания (СИО/СИЗ) — гипотетической психологической структуры, которая образуется в процессе приобретения компетенции в определенной предметной области, фиксирует новое знание и лежит в основе его использования и совершенствования.

Гипотезы, исследовательские приемы, понятийный аппарат исследования определяются основными парадигмальными положениями СЭП. Важность решения задач описания структуры индивидуального опыта/знания, построения «алгебры отношений» компонентов этой структуры, изучения организации компонентов структуры в их отношении к носителю (совокупностям поведенчески специализированных нейронов) и к строению окружения была обоснована в работах В.Б. Швыркова, сформулировавшего основы СЭП (Швырков, 1988, 1995).

СЭП *эксплицитно* вводит понятие **структуры** как *фиксированного этапа развития*, что согласуется с законом ЭУС Я.А. Пономарева (1983). Приведенное положение позволяет дать *обоснование онтологического статуса психологических структур* (Швырков, 1995). Заметим, что эти моменты — ключевые для организации конкретного эмпирического исследования.

Решение перечисленных задач требует обращения к методикам регистрации активности нейронов, электрической активности мозга и мышечной активности, к методикам формирования компетенции в определенных предметных областях, — к исследованию поведения животных и деятельности человека.

Психологические структуры, сформированные у человека и животных, в различающихся предметных областях, реконструированные с помощью разных методических приемов, могут быть сопоставлены только в том случае, если их описания построены на основании формальных критериев, т.е. если эти описания **формальны**. Преимущества формальных описаний состоят в том, что они, будучи построены в терминах переменных, позволяют формулировать точные гипотезы, доступные для фальсификации, выявлять логические и содержательные ошибки в построении вывода, обоснованно применять закономерности, установленные при исследовании определенного объекта, к другим, аналогичным ему. Заметим, что формальное описание структуры индивидуального знания, построенное в данной работе, не сводится к «формально-динамическим» характеристикам, так как учитывает содержательную специфику поведения и деятельности.

Работа состоит из двух частей.

В главах первой части исследования обсуждаются основы, возможности и ограничения современной эволюционной концепции (*глава 1*), принцип системности (*глава 2*), проводится анализ категории «структура» в психологии (*глава 3*), концепций научения как моделей формирования нового в психологических исследованиях (*глава 4*), основ системно-эволюционного подхода (*глава 5*). Задачи второй части — формальное описание предметной области, относительно которой формируют компетенцию участники исследования (*глава 7*), установление соотношения основных составляющих этого формального описания с содержательными и временными характеристиками поведения (*глава 8*), описание закономерностей актуализации компонентов СИО у испытуемых при решении задач обнаружения и распознавания сигналов, а у животных — при обнаружении сигнала с использованием методики регистрации активности нейронов (*глава 9*). Специальные главы посвящены изучению суборганизации компонентов СИО на основе анализа специализации активности нейронов (*глава 10*), организации СИЗ и ее составляющих, формирования компонентов и отношений между ними, а также соотношения дескрипторов СИЗ с индивидуально-психологическими характеристиками (*глава 11*) и процесса формирования компонентов СИЗ (*глава 12*). Основные результаты исследования — описание организации СИЗ и принципов ее формирования представлены в *заключительной главе 13*.

Исследования, результаты которых включены в книгу, 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. № НИШ — 4455.2006.6, Госконтракт от 9.06.06 № 02.445.11.74.41.

Автор признателен всем коллегам, без исследований и личного заинтересованного участия которых было бы невозможно возникновение и развитие системно-эволюционного подхода. Я прошу рассматривать текст 5 главы как развернутое выражение любви и благодарности каждому из них. Я особенно благодарен сотрудникам Лаборатории нейрофизиологических основ психики им. В.Б. Швыркова ИПРАН, аспирантам и студентам, с которыми я имел счастье проводить совместные исследования, обсуждения и дискуссии на протяжении многих лет.

Я благодарен М.Е. Рубиной, И.В. Тихомировой, Е.В. Филипповой, Л.Ф. Фомичевой, В.В. Матюшенкову, Ю.Б. Никитину за многолетнее творческое сотрудничество и дружбу.

Неоценимый вклад в написание этой книги внесла Н.Е. Максимова, без которой само исследование не могло бы состояться. В особенности я благодарен ей за научное редактирование рукописи.

ГЛАВА 1

КОНЦЕПЦИЯ ЭВОЛЮЦИИ

Наиболее общая концепция, объясняющая формирование нового, в том числе феномены научения и развития, — эволюционная теория. В настоящее время эволюционная теория приобрела общенаучный, наддисциплинарный статус и применяется во всех дисциплинах естественнонаучного цикла: физике, химии, биологии, геологии, космологии и др., а также в гуманитарных дисциплинах: лингвистике, истории (см.: Хорд, 2001), текстологии, например, методы выявления оригинала среди множества списков.

Признаки зарождения эволюционизма обнаруживаются уже в XVII в. — при доминировании креационистских представлений — в форме *научного креационизма* (см.: Чайковский, 2003, с. 33–40). Собственно эволюционное учение зарождалось в XVIII в. как «эволюционная философия» (Чайковский, 2003, с. 40), например, в философской системе Г.-В. Лейбница, в зарождающихся новых дисциплинах — культурологии, этнографии — у И.Г. Гердера¹ (1744–1803), (Гердер, 1977), в лингвистике — в работах Э. Кондильяка (1715–1780) (Алпатов, 1998, с. 55). Эволюционизм складывался, в частности, как исторический подход: для объяснения явлений и свойств объектов обращались к истории, к проблемам зарождения, становления, развития. Поэтому исследования природных объектов и явлений этого времени получили общее название «естественная **история**». Упомянем Ж.Л. Бюффона (1707–1788), автора 36 томов «Естественной истории»; противника эволюционной идеи, креациониста Ж. Кювье (1769–1832), зоолога, анатома, палеонтолога, автора «Рассуждения о переворотах на поверхности земного шара»; Ж.-Б. Ламарка (1744–1829), ботаника, зоолога, геолога, гидролога

¹ «Гердер едва ли не первый заявил, что эволюция — процесс экологический» (Чайковский, 2003, с. 55).

и метеоролога, автора первой целостной эволюционной концепции. В естественной истории отдельные дисциплины еще не оформились, не дифференцировались, поэтому первые эволюционные идеи складывались в применении к самым различным аспектам истории Земли и жизни на Земле и оказались общими для нескольких дисциплин.

Дарвинизм, непосредственный предшественник современной эволюционной концепции, сформировался не как собственно биологический вариант эволюционизма. С самых ранних стадий разработки он был междисциплинарным, а не исключительно биологическим, так как значительная часть аргументов, использованных Дарвиным, была заимствована из геологии, например, была развитием идей его учителя Ч. Лайелла. В основополагающем труде Ч. Дарвина «Происхождение видов путем естественного отбора, или сохранение избранных пород в борьбе за жизнь»¹ четыре главы из четырнадцати полностью посвящены рассмотрению геологических явлений. В кратком обзоре, предваряющем исследование, почти треть рассмотренных точек зрения принадлежит геологам (ср. примечание Ч. Дарвина к «Историческому очерку»: «Я могу добавить, что из тридцати четырех писателей, упоминаемых в этом историческом очерке и высказавших свое убеждение в изменчивости видов..., двадцать семь были в то же время авторами специальных исследований в различных областях естественной истории и геологии» (Дарвин, 1896, с. 8). Существенное влияние на Дарвина оказала также социологическая доктрина Т.Р. Мальтуса, обоснованная в книге «Опыт о законе народонаселения», вышедшей в 1798 г. Заметим, что сходные формы эволюционизма были сформированы независимо от Дарвина биологом-натуралистом А.Р. Уоллесом² (1823–1913) (см.: Воронцов, 1999, с. 277–279), а также сравнительным лингвистом А. Шлейхером (1821–1868) (Алпатов, 1998, с. 78–83), но с появлением «Происхождения видов» они придерживались дарвинистской точки зрения, особенно Шлейхер, который стремился описывать эволюцию языка в точном соответствии с точкой зрения Дарвина. Уоллес же впоследствии разошелся с дарвинизмом. Он считал, что принцип естественного отбора не может служить объяснением возникновения сознания человека.

Представляется, что формирование эволюционных взглядов составляет одну из основ перехода от классической науки к неклассической и постклассической науке (Степин, 1989; 2003). Согласно представлениям И. Пригожина, классическая наука, построенная на принципах и идеалах классической механики, принципиально неспособна к объяснению процессов порождения нового (Пригожин, Стенгерс, 1994).

¹ Перевод К.А. Тимирязева (1896).

² По воспоминаниям самого Уоллеса, его, так же, как и Дарвина, навели на мысль о выживании наиболее приспособленных положения работы Мальтуса (см. Уоллес, 1975, с. 8).

Современный, постклассический статус эволюционного учения косвенно выражен И. Пригожиным: «Эволюционная парадигма охватывает всю химию, а также существенные части биологии и социальных наук» (Пригожин, Стенгерс, 1986, с. 61). Это утверждение выглядит парадоксальным, поскольку оценивает биологию как дисциплину, менее проникнутую принципами эволюции, чем химия, хотя, с точки зрения неспециалиста (не химика), химия имеет отношение к исследованиям развития и эволюции гораздо меньшее, чем биология. Глубоки традиции эволюционизма и в языкознании. Приведем описание некоторых закономерностей формирования языка, которые являются обобщениями достаточно высокого уровня, поскольку рассматриваются как социолингвистические универсалии: «Эволюционные процессы в языке представляют собой... форму связи языка и внеязыковой реальности... Совершенство сложодинамических систем, к которым относится язык, заключается в углублении адаптации системы к среде, что достигается *усложнением* ее строения (структуры)... выражается в увеличении числа элементов, в количественном росте и специализации функций элементов, в формировании новых уровней и подсистем... В языке возникает и углубляется функциональная (стилистическая) дифференциация языковых средств...» (Мечковская, 2001, с. 270). Астрофизика расширила представление об эволюции до масштабов Вселенной (Вайнберг, 1981). Выделяются специализированные дисциплины, направленные на изучение эволюции как таковой, обобщающие самые различные ее проявления. Так, «физика эволюции» рассматривает физические основы эволюции космической, химической, геологической, возникновения и эволюцию жизни, социальных структур, культуры (Эбелинг, Энгель, Файстель, 2001). Сложилась и развивается эволюционная теория познания — «эволюционная эпистемология» (Меркулов, 1996, Поппер, 2000а, 2000б). Формируются эволюционные концепции истории (Бентли, 2001), социологии (например, Луман, 2005, 2006). Нельзя не упомянуть концепцию «глобального» или универсального эволюционизма — попытку дать единое эволюционное объяснение процессам развития Вселенной — от Большого Взрыва до развития человека и социальных структур (Глобальный эволюционизм, ИФ РАН, 1994; Степин, 2003). Согласно глобально-эволюционной точке зрения, эволюционируют физические, биологические и социальные системы, биогеоценозы, планетные системы, галактики и Вселенная в целом.

Заметим, что психология уже на ранних этапах своего становления в качестве самостоятельной дисциплины восприняла эволюционные идеи как фундаментальные. По оценке С.Л. Рубинштейна, принцип эволюции «проник в психологию под двойным влиянием: с одной стороны, отчасти философии классического немецкого идеализма (Шеллинга, Гегеля), с другой — главным образом — эволюционной теории Дарвина», и далее «эволюционная теория... ввела в изучение психических явлений новую, очень плодотворную

точку зрения, связывающую изучение психики и ее развития не только с физиологическими механизмами, но и с развитием организмов в процессе приспособления к среде» (Рубинштейн, 1973, с. 73). Принцип адаптации, входящий в концептуальное ядро эволюционизма, был введен в психологический тезаурус уже в середине XIX в., в системе психологических взглядов Г. Спенсера он занял одно из центральных мест (Спенсер, 1897). Глубоко проникнута идеями эволюционизма была программа психологических исследований И.М. Сеченова (Сеченов, 1947; Чуприкова, 1997). Под влиянием эволюционных идей складываются две линии психологических исследований — филогенетическая (сравнительная психология, зоопсихология) и онтогенетическая (в первую очередь исследования развития детей — работы И. Тэна, В. Прейера, Э. Клапареда), (см.: Ярошевский, Анцыферова, 1974). Эволюционный подход был реализован в разработке вопросов, наиболее критических для психологической науки — проблемы происхождения психики и сознания (Северцов, 1922; Леонтьев, 1975, 1981), в формулировке и вариантах решения психофизиологической проблемы (Сеченов, 1947; Пономарев, 1983). Именно эволюционный подход позволил П.К. Анохину, разрешив временной парадокс цели¹, преодолеть телеологические интерпретации феноменов целенаправленности поведения (Анохин, 1978).

Хотя эволюционная теория приобрела меж- и наддисциплинарный статус², к настоящему времени наибольшие успехи в ее разработке достигнуты в биологии. Прямое заимствование этих результатов другими дисциплинами невозможно. Развитие представлений об эволюции само подчиняется эволюционным законам. Эволюционные взгляды должны не быть «адаптированы» к специфическим дисциплинарным принципам, нормам и требованиям, а пройти эволюционный путь формирования в этих особых дисциплинарных условиях и, возможно, трансформироваться. В истории науки некоторые варианты применения эволюционного учения были неудачными, в частности, редуccionистскими, напр., в случаях прямого применения биогенетического закона к психическому развитию ребенка (Ст. Холл, см. подробнее: Баттерворт, Харрис, 2000; Обухова, 1995) или *социал-дарвинизма*, но суще-

ствование и неизбежность таких проб вытекает из самих эволюционных принципов.

Эволюционный подход предлагает объяснение происхождения новых форм, их единства и разнообразия. Согласно современным представлениям, эволюционный процесс совершается «шагами», содержащими два этапа: (1) формирование нового многообразия (новообразований) и его фиксация (мутации, рекомбинации); (2) селекция новообразований — их элиминация или формирование на их основе следующих поколений. Очевидно, что эволюция возможна лишь в том случае, если изменения в объектах фиксируются, т.е. происходит фиксация новообразований в каких-либо структурах.

1.1. СИНТЕТИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ ЭВОЛЮЦИИ

Основа анализа эволюционных представлений в данном обзоре — синтетическая теория эволюции (СТЭ), которая сформировалась как синтез микроэволюционной и макроэволюционной теории¹.

В настоящее время сосуществуют несколько вариантов эволюционизма. Как это характерно для концепций высокого уровня, они находятся в отношениях конкуренции: СТЭ противостоят различные версии неоламаркизма, финализм, сальтационизм и др. (см. обзор, написанный с позиций, отличных от СТЭ: Назаров, 2005). Сопоставление СТЭ и концепций такого рода не входит в задачи данного обзора, но можно заметить следующее. *Неоламаркизм* представлен тремя основными направлениями. Основное положение первого из них — *механоламаркизма* — «эктогенез», утверждает всецелое подчинение организма внешним условиям (Назаров, 2005, с. 153). Оценку концепций такого рода (инструктивных) см. подробнее в разделе 1.5.1. *Ортоламаркизм* — ортогенетическая версия эволюционизма (см. комментарий к 11 постулату СТЭ). *Психоламаркизм* рассматривает «в качестве ведущей и даже единственной причины эволюции» «психику и память» (Назаров, 2005, с. 168). В цитируемом обзоре психоламаркизму дается оценка как учению в корне виталистическому; заметим, что автор обзора, исходя из логики, противостоящей СТЭ, пишет: «Свободный же от предвзятости ум, отталкиваясь

¹ «Временной парадокс цели» основан на представлении о цели поведения или деятельности, как *будущем*, еще *не существующем* состоянии объекта. При этом оказывается, что будущее (еще не существующее) детерминирует настоящее (поведение). Анохин разрешил этот парадокс, введя представление об «акцепторе результатов действия», который содержит параметры необходимого результата, представляющие информационный эквивалент цели (см. подробнее: Александров, 2001, с. 268).

² Один из самых ярких примеров — «эволюционная эпистемология» К. Поппера, которая имеет собственно философское значение, а также представляет важное направление в разработке методологии научных исследований (Поппер, 2000а, 2000б).

¹ Микроэволюция — совокупность эволюционных преобразований, протекающих в популяциях вида и приводящих к изменениям генофондов этих популяций и образованию новых видов; макроэволюция — эволюционное формирование таксонов более высокого порядка, чем вид (родов, семейств, отрядов, классов) (Гиляров, 1989, с. 337, 361).

от подобных фактов (возвращения людей к жизни после клинической смерти. — И.А.), мог бы задаться вопросом: раз «сила жизни» способна оживить только что умершего, то почему она не смогла сделать некогда косную материю живой? Пора перестать отрешиваться от нематериальных сил и начать их изучать, как это делают в засекреченных лабораториях» (Назаров, 2005, с. 169). Комментарии излишни.

Наиболее современная форма, в которой выражены неоламаркистские идеи, связана с открытием сплайсинга информационной РНК и обратной транскрипции — процессов, которые, как предполагается, могут переносить ДНК из соматических клеток в половые, что, как полагают, лежит в основе увеличения репертуара антител (Стил, Линдли, Бландэн, 2002). Однако само порождение антител происходит как селективный процесс. Порождение антител, способных к связыванию с «целевым» антигеном, нельзя считать проявлением финализма эволюционного процесса: закономерности порождения и отбора антител противоречат принципу ортогенеза (см. комментарий к 11 постулату СТЭ). Отбор основан на проверке мутантного антитела на связывание с целевым антигеном и продолжается до достижения адаптивно значимого результата — высокой степени сродства (аффинности) «антигенсвязывающего центра» (Стил, Линдли, Бландэн, 2002, с. 83, 113). Заметим, что аналогия между «упражнением органа» (центральное понятие ламаркизма) и «формированием мутантных антител, оцениваемым по эффективности связывания с антигеном» весьма приближительна. Так что открытие возможности наследования приобретенного иммунного ответа не означает возвращения ламаркизма, а скорее открывает для СТЭ новые возможности.

Финализм имеет длительную историю становления. Отметим, что строго финалистские варианты эволюционной концепции реализуют принцип ортогенеза (см. комментарий к 11 постулату СТЭ). В мягкой форме — как усечение, запрет на некоторые траектории развития, идея направленности эволюции органично включена в СТЭ (см. комментарий к 11 постулату СТЭ). *Сальтационизм* («течение эволюционной мысли, постулирующее скачкообразный характер изменчивости» (Назаров, 2005, с. 517)), по нашему мнению, не вступает в антагонистическое противоречие с пятым постулатом СТЭ, который, строго говоря, не определяет меру постепенности эволюционного процесса (см. постулаты СТЭ). Возможность трактовки сальтационных (катастрофических) событий в эволюции с позиции СТЭ отмечает и В.И. Назаров (2005, с. 249). С нашей точки зрения, проблему СТЭ составляет 10 постулат, утверждающий строгую монофилию эволюционных новообразований. Однако представление о «сетчатой», «ретикулярной» эволюции, как нам представляется, составляет не столько «камень преткновения» для СТЭ, сколько ее «зону ближайшего развития» (см. комментарий к постулатам 4 и 10, а также разделы 1.3, 1.5.1, 1.5.2, 1.5.3). Учитывая приведенные определения и комментарии

к ним, мы считаем возможным «принять за основу» анализа эволюционного подхода современную формулировку СТЭ, не только допуская, но и считая неизбежным его дальнейшее эволюционное изменение и замещение иной эволюционной теорией (маловероятно, что это будет неоламаркистский, финалистский, сальтационный, ортогенетический и, тем более, креационистский вариант).

Н.Н. Воронцов выделил 11 постулатов¹, лежащих в основе СТЭ (Воронцов, 1999, с. 457–463). Приведем те из постулатов (сохраняя их нумерацию), которые могут быть применены к эволюции небиологических объектов, а также прокомментируем их применимость к процессам индивидуального развития (см. 1.5).

Собственно формулировку постулатов, их ядро, Н.Н. Воронцов выделил курсивом, наши комментарии к каждому из них даны в квадратных скобках.

1. *Материалом для эволюции служат, как правило, очень мелкие, но дискретные изменения наследственности — мутации.... Мутационная изменчивость* — поставщик материала для естественного отбора — *носит случайный характер*. [В онтогенезе в основе формирования новых типов антител также лежат мутации, и эти мутации происходят случайно. В онтогенетических процессах в последовательных поколениях дифференцирующихся структур наборы активных генов изменяются за счет процессов экспрессии и репрессии генов, так что состав этих наборов в последующих поколениях новообразований все больше и больше различается. Следует учитывать возможность применения клонально-селекционной теории иммунитета к процессам нейрогенеза (Эдельмен, 1981) и, что особенно важно, к процессам поведенческой специализации нейронов (Александров, 2004а, 2004б; Сварник, Анохин, Александров, 2001). В качестве аналогичных генам единиц наследования в эволюции культуры, обладающих способностью к мутациям, рассматриваются, напр., «мимы» и «культургены» (Докинз, 1993; Меркулов, 1996; Lumsden, Wilson, 1980)].
2. *Основным или даже единственным движущим фактором эволюции является естественный отбор*, основанный на отборе, (селекции) случайных и мелких мутаций. Отсюда наименование этой теории — «селектогенез» (развитие на основе отбора). [Гибель

¹ Постулат (от лат. *postulatum* — требуемое) — предложение (условие, допущение, правило), в силу каких-либо соображений принимаемое без строгого доказательства, но, как правило, обоснованное (Кондаков, 1971).

индивидов или популяций в результате отбора представляет собой не побочный продукт, а именно основной движущий фактор эволюционного процесса, поскольку «возникновение и исчезновение, т. е. временность существования, является необходимой предпосылкой любой самоорганизации, ... а также предпосылкой возникновения информации», определяет «селективную ценность» информации (Эйген, Винклер, 1979). Для процессов онтогенетического развития аналогом эволюционной элиминации может служить процесс апоптоза — программированной, не некротической гибели клеток (Александров, 2004 б; Nijhawan, Honarpour, Wang, 2000; Roth, D'Sa, 2001). При рассмотрении смены и формирования составов актуализированных наборов компонентов структур, как эволюционного процесса отбора на множестве альтернативных вариантов, аналогом элиминации может служить исключение определенных групп компонентов (альтернатив) из данного набора (см. 3.2.4). В отличие от устранения в процессе отбора биологического вида, это «обратимая» элиминация].

3. *Наименьшая эволюирующая единица эволюции — популяция*, а не особь, как это допускалось, исходя из представлений о возможности «наследования благоприятных признаков». [Этот постулат пытался применить Л. Больцман для описания физических объектов. Подобно Дарвину, принявшему положение, что отбор как движущая сила эволюции релевантен не отдельной особи, а популяции, Л. Больцман описывал эволюцию физических систем не на уровне индивидуальных молекул и их траекторий, а на уровне ансамбля молекул; «Больцман избрал подход, адекватный замыслу повторить то, что Дарвин свершил в биологии» (Пригожин, Стенгерс, 1986, с. 307). По-видимому, при применении эволюционной концепции для описания любых процессов индивидуального развития следует рассматривать не отдельное формирующееся новообразование и его непосредственного предшественника, а очерчивать множество предковых форм и разнообразие новообразований. С позиций концепции Пригожина этот постулат связан с необратимостью эволюционного процесса: «Симметрия между прошлым и будущим нарушается на глобальном уровне — на уровне популяций» (Пригожин, 2001, с. 45). Важно, что популяция рассматривается не как *механический набор* индивидов, а как «*полиморфное единство*» (Луман, 2005, с. 30)].

4. *Эволюция носит дивергентный характер*, т.е. один таксон может стать предком нескольких дочерних таксонов, но *каждый вид имеет* единственный предковый тип, а в конечном итоге и *единст-*

венную предковую популяцию. [Этот постулат обосновывает возможность формального описания развивающихся объектов при помощи ветвящихся структур, позволяет эксплицитно ввести понятие «траектория развития». (См. комментарии к постулату 10)].

5. *Эволюция носит постепенный (градуалистический) и длительный характер*. [Этот принцип противостоит «катастрофизму» и «сальтационизму» — представлениям о быстрых изменениях, подчиняющихся в большей или меньшей степени иным закономерностям, чем «обычный» эволюционный процесс. Этот постулат (хорошо обоснованный данными исследований) не позволяет также противопоставлять эволюционные и «революционные» изменения, поскольку изменения темпа эволюции не сопровождаются изменением закономерностей. Из этого постулата следует, напр., что в период кризисов, так же как и в интервалах между кризисами, происходит формирование разнообразий и селекция на этих разнообразиях, однако в случае «быстрой эволюции» новообразования могут формироваться за счет симбиогенеза, трансдукции и т.п. (см. комментарий к постулату 10).

Представления о постепенности, непрерывности и относительном постоянстве скорости эволюции к настоящему времени верифицированы при работе с гипотезой о «белковых часах» (согласно которой частота аминокислотных замен в течение длительного эволюционного периода относительно постоянна для родственных белков, а количество замен может быть использовано для оценки времени, прошедшего с начала расхождения эволюционных ветвей) (Картель, Макеева, Мезенко, 1999, с. 49), а также в глоттохронологических исследованиях эволюции языка, в основе которых лежит предположение о постоянстве и непрерывности изменения части словаря, который необходим «для обслуживания наиболее частых ситуаций общения» или корневых морфем; так определяют время дивергенции языков «в той мере, в какой это время в макроэволюции сказывается в словаре» (Иванов, 1998)].

10. *Любой реальный, а не сборный¹ таксон имеет однокорневое, монофилетическое происхождение* (следствие из п. 4). Монофилетическое происхождение — обязательное условие самого права таксона на существование. Многие сторонники СТЭ вслед за Геккелем считают, что принцип монофилии должен быть распространен и на происхождение всего мира живой природы. [Постулаты 4 и 10,

¹ Таксон (от греч. τάξις — расположение, порядок, упорядоченность) — группа объектов, связанных той или иной степенью родства, представляющая категорию в классификации. В биологической систематике — вид, род, семейство и т.п.

вводящие принцип монофилии, требуют специальных разъяснений и введения ограничений (см. 1.3). Здесь заметим, что согласно наиболее современным взглядам, «в эволюции наряду с монофилией широко распространена и парафилия¹», (Воронцов, 1999, с. 607), реализуется симгенез, синтезогенез, симбиогенез, трансдукция (горизонтальный перенос) генетического материала (Воронцов, 1999; Кордюм, 1982; Jain, Rivera, Lake, 1999). К процессам этого класса можно отнести межкультурные взаимодействия, играющие сходную роль в культурной (см.: Бентли, 2001; Мэннинг, 2001), а также в биологической эволюции человечества (Деренко, Малярчук, 2002).

Монофилия как основание общности происхождения — первое необходимое условие самой возможности симгенеза, синтезогенеза, симбиогенеза, трансдукции; вторым условием является одновременность множества филетических линий (траекторий развития). Между линиями происходит не просто перенос информации, а обмен материалом, лежащим в основе эволюции, возобновление (воспроизводство) общности эволюционного процесса. Это означает, что мутации, происшедшие в одной популяции, имеют эволюционное значение не только для данной популяции, но и для тех популяций, в которые этот новый ген может быть перенесен.

Гибридизация, в которой проявляется «сетчатость», «ретикулярность» эволюционного процесса, обеспечивающая горизонтальный перенос генов (Воронцов, 1999, с. 459; Makarenkov, Legendre, 2003, 2004), не может быть принята для обоснования идеи полифилии: «...поскольку гибридизация систематически далеких видов невозможна, а происхождение надвидового таксона от исходного вида, возникшего путем аллополиплоидизации, не есть полифилия» (Северцов, 2004, с. 312). Следует заметить, что представление о «конвергентной эволюции» также не может служить для обоснования идеи полифилии, поскольку конвергирующие таксоны определяются по **сходству признаков** (см. Гиляров, 1989, с. 276) и не представляют собой надвидовой таксон. Кроме того: «Конвергенции... всегда поверхностны. Они всегда затрагивают лишь немногие черты организации конвергирующих групп» (Северцов, 2004, с. 308). Эти положения требуют изменения представлений о соотношении дифференциации и интеграции.

Выбор одного из трех вариантов отношения к постулату 10 предполагает определенное отношение к принципам таксономии. Концеп-

ции полифилии (строгой или ограниченной) «принимают правомочность построения биологической системы по сходству» (Северцов, 2004, с. 310). Таким образом, с точки зрения, принимающей полифилетический принцип, непротиворечива классификация, в которой таксоны могут объединять группы различного происхождения на основании общности признаков; с монофилетической позиции «доказательство полифилетичности любого таксона служит поводом для его разделения» (Северцов, 2004, с. 310)].

11. Исходя из всех упомянутых постулатов ясно, что *эволюция непредсказуема, имеет не направленный к некоей конечной цели, т.е. нефиналистический, характер*. [Этот постулат тесно связан с постулатами 1, 2 и 4. Никакая канализация развития, даже самая жесткая, не может привести к точно запрограммированному результату. Фенотипическая вариация даже для группы генетически идентичных организмов отлична от нуля (см. раздел 1.5). Этот постулат в сочетании с пятым (о постепенности и непрерывности) указывает на **непрекращающийся** характер эволюции. Постулат 11 подчеркивает противостояние СТЭ и концепции ортогенеза, которая представляет эволюцию как прямолинейное развитие. Строгая формулировка ортогенеза отрицает дивергенцию, что предполагает изначальное существование числа видов, не меньшего, чем в настоящее время, что противоречит данным палеонтологии (Северцов, 2004, с. 309). Ортогенез отвергает роль отбора как фактора, порождающего новые адаптивные формы, и придает воздействиям внешней среды роль фактора, формирующего многообразие (Картель, Макеева, Мезенко, 1999, с. 252; Попов, 2005; Яблоков, Юсуфов, 2004, с. 266). Таким образом, ортогенез находится в противоречии с постулатами 1, 2 и 11. В пример можно привести весьма своеобразную религиозную, эволюционную и финалистскую теорию Тейяра де Шардена, согласно которой все траектории эволюционного процесса сходятся в точке Омега, в которой происходит «сверхсинтез» и эволюция завершается (Тейяр де Шарден, 1987, 1992)].

Важно заметить, что постулаты 1, 2, 3, 5, 11 имеют значительно более высокий статус доказательности, чем требуется от собственно постулата: содержание этих утверждений приведено Н.Н. Воронцовым в главе с характерным названием «О чем не спорят эволюционисты» (Воронцов, 1999, с. 470), (см. также Попов, 2005). Это согласие достигнуто в результате многочисленных исследований. Дискуссии вокруг постулатов 4 и 10 продолжаются, но при этом уже четко намечены варианты и перспективы разрешения споров.

¹ По определению монофилии и парафилии, данному Дж. Симпсоном, между этими вариантами происхождения таксонов нет абсолютной несовместимости (Гиляров, 1989, с. 376 б).

1.2. ПРИНЦИП ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ/РАЗВИТИЯ

Положения эволюционной концепции представлены в методологии психологии принципом взаимодействия/развития (Пономарев, 1983). Неразделимость взаимодействия и развития проявляется в том, что взаимодействие возможно только как развитие, а «развитие — способ существования системы взаимодействующих систем, связанный с образованием качественно новых... структур... за счет развивающего эффекта взаимодействия» (Пономарев, 1983, с. 14).

Взаимодействие объектов приводит к их видоизменению; происшедшие взаимодействия фиксируются в структурах взаимодействующих объектов. Это положение точно соответствует СТЭ, поскольку именно в процессе взаимодействий новообразования могут формироваться не только в соответствии с окружением, но и адаптивно соотносить с ним индивида как представителя популяции, а эволюция может реализовываться как адаптациогенез (см. Яблоков, Юсуфов, 2004). Этот принцип предполагает также, что процессы формирования нового возможны только в рамках популяций, групп, наборов организмов, индивидов, компонентов структур, морфологических единиц и т.п., между которыми могут происходить взаимодействия (ср. постулат 3 СТЭ).

Принцип взаимодействия/развития распространяет применение эволюционных закономерностей с таких аспектов онтогенетического развития как морфогенез и функциональная организация на формирование психологических образований. Введенное на основе принципа взаимодействия/развития понимание структур как фиксированных этапов развития дает возможность описания и процессов формирования психологических образований, и важных для описания развития свойств структур — их соотношения с предковыми формами, общности, разнообразия, таксономии, траекторий их формирования (см. гл. 3).

1.3. ОПИСАНИЕ ЭВОЛЮЦИОННОГО ПРОЦЕССА

2, 4, 10 и 11 положения (постулаты) СТЭ выделяют как одну из важнейших черт эволюционного процесса — ветвление. Возможность применения ветвящихся графов (деревьев) для описания эволюции была обнаружена еще в XVIII в. К. Линней, П.С. Паллас, Ж. Кювье признали некорректным представление системы органических тел в виде лестницы и предложили для этого структуру родословного древа. Однако это было древо сходства, а не происхождения (некоторые догадки об этом были высказаны Ж.-Б. Ламарком) (Воронцов, 1999, с. 183, 207, 214, 311). Классификационные деревья фик-

сируют соотношения свойств у различных классов объектов или устанавливают иерархические отношения классов, но не описывают родство и историю формирования. Древоподобный график как древо филогенеза стал инструментом изучения эволюционного процесса в работах последователей Дарвина, начиная с Э. Геккеля («монофилетическое родословное древо организмов», 1866 г.). В настоящее время описание эволюции при помощи деревьев применяется для самых различных классов объектов, в том числе и небиологических — от происхождения языка, культур и цивилизаций до галактик (см., например: Колесник, 1976; Хорд, 2001; Белвуд, 1991).

Дерево, как ветвящаяся структура, соответствует основным требованиям к описанию эволюционного процесса, сформулированным И. Пригожиным (Пригожин, Стенгерс, 1994, с. 53–54): (1) **необратимость**, выражающаяся в нарушении симметрии между прошлым и будущим; (2) введение понятия **события**; (3) некоторые события должны обладать способностью **изменять ход эволюции**, они служат исходными пунктами нового развития. В этих требованиях содержатся указания на ветвления траектории процесса как на критические моменты (события) в порождении новых форм.

Формальное описание ветвящихся процессов дается в терминах теории графов (Евстигнеев, Касьянов, 1999; Харари, 1973; Харари, Палмер, 1977). Ориентированный граф (этот вид графов используется для описания процессов эволюции) — множество вершин, упорядоченные пары которых — дуги; дуги изображаются стрелками, соединяющими вершины. В теории графов корневое дерево определяется как ориентированный граф без циклов, такой, что в нем существует единственная вершина, в которую не входит ни одна дуга («корень дерева»); в каждую из оставшихся вершин входит ровно одна дуга, и существует единственный путь из корня в любую другую вершину (Евстигнеев, Касьянов, 1999, с. 65). Достижимость любой вершины из корневой означает, что корневое дерево — связный граф (Евстигнеев, Касьянов, 1999).

Приведенное определение дерева позволяет отобразить характеристики эволюционного процесса, содержащиеся в 4 и 10 постулатах СТЭ, но не дает возможности объяснить хорошо известные феномены межвидового «горизонтального переноса генов», симбиогенеза и гибридизации в видообразовании даже у высших позвоночных (Воронцов, 1999; Кордюм, 1982; Koopin, Makarova, Arvind, 2001), (см. комментарий к постулату 10). Существование этого класса процессов показано для эволюции языка — от лексических заимствований до формирования креольских языков (Бикертон, 1983), или «пиджинов» — языков, формирующихся в результате вторичного преобразования исходных языков в условиях массовых этноязыковых контактов (Виноградов, 1998). Эти явления могут быть отображены на графе слиянием дуг, так что в любую из вершин может входить более одной дуги. Такой ориентированный граф в строгом смысле не является деревом. Свойства его вершин дополняются «степенью

захода» и «степенью исхода» — количеством непосредственных предков и потомков соответственно (некоторые формальные положения теории графов даны в 7.6.3. и 7.6.4). По-видимому, Ф.Г. Добржанский первым дал такое описание эволюции и назвал ее «ретикулярной», т.е. сетчатой (см.: Воронцов, 1999, с. 459, 485, рисунок на с. 487). В отличие от плоскостного изображения эволюционных деревьев, сетевая структура эволюции была представлена Добржанским в трехмерном пространстве. Действительно, теория графов вводит понятие непланарных графов, в которых, если уложить их на плоскость, дуги пересекаются не только в вершинах и поэтому они располагаются в **пространстве, имеющем более двух измерений** (Харари, 1973, гл. 11). Планарность эволюционного древа нарушают дополнительные, «горизонтальные» связи между вершинами (Вос, Makarenkov, 2003; ср. рисунки 4а и 5). В настоящее время разрабатываются формальные приемы описания эволюции с помощью не деревьев, а ретикулярных, сетевых (но ориентированных) структур (Makarenkov, Legendre, 2004).

Сопоставление свойств ориентированного графа с основными положениями СТЭ показывает, что в таком графе (1) вершины соответствуют моментам порождения новых форм (событиям); (2) существование корня — «крупномасштабной» монофилии, т.е. принципу существования единого предка для всех форм, порожденных в процессе эволюции; (3) ветвления (бифуркации) — дифференциациям непосредственно предковых форм; (4) ориентация дуг — необратимости процесса; (5) «горизонтальные» связи (дуги, превращающие дерево в ориентированный граф) — переносу важной информации между объектами, проходящими разные эволюционные траектории.

Рассмотренный граф обладает свойством самоподобия. «Если каждая из частей некоторой формы геометрически (топологически — И.А.) подобна целому, то и форма, и порождающий ее каскад называются “самоподобными” (Мандельброт, 2002, с. 59) Это означает, что процессы образования таксона любого уровня описываются принципиально одинаково. Структуры, части которых подобны целому, согласно определению Б. Мандельброта, являются фрактальными (Федер, 1991, с. 19). Несколько упрощая, можно уточнить это определение: фрактал — структура с дробной размерностью. Фрактальная размерность описывает не форму структуры, а заполнение ею пространства. Напр., каждый отрезок, соединяющий последовательные положения частицы при броуновском движении — одномерная линия, но в пределе множество этих линий существенно заполняет плоскость, так что траектория в целом не одномерна, но и не двумерна. Фрактальная размерность траектории броуновского движения — 1.5. Для различных древовидных структур (деревьев в строгом смысле) фрактальная размерность изменяется от 1.22 (русло реки с притоками) до 1.71 (дендритоподобные кластеры) (Мандельброт, 2002; Федер, 1991). Учитывая, что типичный корневой ори-

ентированный граф, описывающий эволюцию, самоподобен и непланарен, можно полагать, что его фрактальная размерность превысит величину 2. Можно предположить, что высокая размерность отражает сложность такой структуры, ее эффективность в порождении новых форм, нарастающий темп эволюции (Яблоков, 2004).

В предельном случае ветвления представляют собой бифуркации — образование двух дуг. Представление о том, что формируются две, а не три или большее количество дуг, соответствует первому постулату СТЭ: демаркацию между формой-предшественником и новообразованием образует **единичное дискретное эволюционное событие** — мутация, или иное аналогичное изменение формы-предшественника. Для графов, обобщенно отображающих индивидуальные актуалгенетические процессы (см. 3.2.4), количество ветвлений может быть неограниченным. Такие наборы альтернативных вариантов называют «информационным множеством» (Козелецкий, 1979; см. также 7.6.4.1 и 8.2.3.1).

Ветвление графа вводит стрелу времени, необратимость, определяет хронологию процесса, этапы процесса развития, не просто упорядочивает процесс во времени, но определяет время процесса. «Эволюцию приходится описывать в пространстве, которое зависит от динамики», т.е. порождается, «и это пространство темпорализовано, т.к. прошлое и будущее играет разную роль» (Пригожин, Стенгерс, 1994, с. 17).

В основе объяснения необратимости развития (как фило-, так и онтогенетического) лежит формирование новых структур через дифференциацию, отображаемое ветвлениями (бифуркациями), и отбор на множестве порожденных структур. Г. Кастлер характеризует сохранение новообразований в процессе отбора как «запоминание случайного выбора»; таким образом, фактор отбора порождает информацию, а возможность пройти или не пройти отбор придает информации ценность (напр., адаптивную ценность) (Кастлер, 1967; Эйген, 1973, с. 200; Эйген, Винклер, 1979, с. 35–69). Эволюция — не только реализация уже существующей информации, но и ее порождение, причем представление об этом процессе соответствует постулатам СТЭ (см.: Мелик-Гайказян, 1997, с.12).

Таким образом, необратимость для процессов эволюционного развития можно интерпретировать как невозможность «избавиться» от созданной информации; однажды пройденное ветвление нельзя отменить. На обращение эволюционного процесса, как и любого процесса развития, накладывает запрет второе начало термодинамики (Пригожин, 1994; Пригожин, Кондепуди, 2002). Необратимость как результат отбора и создающейся в процессе селекции информации — неотъемлемая черта любого процесса развития — филогенетического, онтогенетического, актуалгенетического. «Необратимость существует либо на всех уровнях, либо не существует ни на одном уровне. Она не может

возникнуть, словно чудо, при переходе с одного уровня на другой» (Пригожин, Стенгерс, 1986, с. 355). Заметим, что в этом высказывании выражено отношение к эмерджентным теориям «возникновения новых качеств»¹.

Принципиально вероятностный характер описания процесса развития (см. 1 постулат СТЭ) определяется тем, что дифференциации происходят как разрешения неустойчивых, неравновесных состояний, ситуаций, когда любые флуктуации (аналоги мутаций) способны привести к тому или иному исходу (Пригожин, 2001; Пригожин, Стенгерс, 1986, 1994). Неустойчивости, играют конструктивную роль как источник порядка, организации, когерентности, поскольку их разрешение ведет к образованию новой информации (Пригожин, Стенгерс, 1994, с. 66). Чтобы охарактеризовать эволюционирующий объект, необходимо дать описание не единичного исхода, а всего многообразия возможностей, часть из которых может быть реализована, а часть остается потенциально возможной.

Одиночная траектория — чрезмерная идеализация, следует рассматривать ансамбль траекторий, реализующихся с разными вероятностями. Процесс развития существует как целое, смысл отдельной траектории определяется ее местом среди других траекторий. Поскольку вероятностное описание не применимо к отдельной траектории, И. Пригожин называет его *несводимым* (Пригожин, Стенгерс, 1994). Оно может быть дано в категориях информации, организации, энтропии, в понятиях теории хаоса, фрактальных структур (Мандельброт, 2002; Пригожин, Кондепуди, 2002; Федер, 1991; Эбелинг, Энгель, Файстель, 2001).

¹ Представление об эмерджентном происхождении новых свойств сформулировал Дж.Г. Льюис (английский философ-позитивист, методолог, 1817–1878). С этой точки зрения новые свойства («эмердженты») возникают внезапно, скачкообразно и непредсказуемо, их появление не связано с количественными или структурными результатами развития («результатами»); происхождение жизни, полового размножения, психики, социальных организаций — примеры эмерджентных событий в эволюции (см.: Гиляров, 1989, с. 734 в). Концепция эмерджентности с неизбежностью предполагает, что движущая сила эволюции (как и любого процесса формирования нового) — внутренняя устремленность к предначертанной цели (ср. с 11 постулатом СТЭ). Заметим также близость идеи эмерджентного происхождения нового и ортогенеза. Эмерджентность как объяснительный принцип — «только метафора, которая ничего не объясняет и возвращает нас к логическим парадоксам» (Луман, 2005, с. 7). Представления об эмерджентности сыграли важную роль в формировании принципа целостности, системности. Показательно, что феномен эмерджентности психического получил «неэмерджентное» объяснение с позиций теории функциональных систем как системное решение психофизиологической проблемы (Александров, 2001, с. 291; Швырков, 1978, 1995).

1.4. ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ

Ветвления траекторий обозначают порождение новых форм как дифференциацию. *Дифференциация* (от лат. *differentia* — разность, различие) — один из важнейших аспектов рассмотрения процесса развития систем. Дифференциация протекает как процесс формирования в целостной системе новых компонентов, имеющих общие предковые формы. В процессе дифференциации нарастает разнообразие и количество компонентов системы. Поскольку компоненты, образовавшиеся в результате дифференциации общего предка, обладают генетическим родством и между собой, и с другими компонентами системы, целостность системы не нарушается; она поддерживается также процессами реорганизации целого при формировании нового.

Эволюционное понимание дифференциации тесно связано с принципом системности (см. 2.1, 2.3). «Принцип системной дифференциации <предполагает>, что развитие всегда идет внутри некоторого исходного целого, которое, усложняясь, развивает внутри себя свои составные элементы и уровни, становится все более расчлененным и дифференцированным» (Чуприкова, 1997, с. 441). Н. Луман замечает: «Все прочие дифференциации являются следствиями дифференциаций системных, т.е. могут быть объяснены последними» (Луман, 2006, с. 8). В определение дифференциации, которое предлагает Н. Луман, включено понимание системы, вполне соответствующее системно-эволюционному (см. гл. 5): «Системная дифференциация является ничем иным, как рекурсивным образованием систем, использованием образования систем ради достижения собственного результата» (Луман, 2006, с. 9). Специально отметим, что приведенные определения даны с позиций психологии (Н.И. Чуприкова) и социологии (Н. Луман); в то же время они в высокой степени согласованы с пониманием дифференциационных процессов в СТЭ (см. 1.1).

Дифференциация рассматривается как процесс, дополнительный к интеграции и не отделимый от нее. Сопоставляя эти процессы, во-первых, следует отметить, что продукты этих процессов — **новые** формы. Это означает, что дифференциация — не расщепление исходного (целого) объекта на части¹, а интеграция — не объединение двух или нескольких объектов в один. Такая интерпретация соответствует элементаристской трактовке принципа целостности (см. 2.1). И в том, и в другом случае происходит порождение новых форм. В основе дифференциации лежат изменения в наборе единиц

¹ Так, в эмбриологии процессы дифференциации и деления клеток строго разделяются (см. Карлсон, 1983, т. 2, с. 21)

наследования (для филогенетического развития) или изменения в их экспрессии (актуализации компонентов целого) — для онтогенетического развития (см. комментарий к постулату 1 СТЭ). Дифференциация может быть понята как точка бифуркации траекторий, одна из которых — продолжение траектории предковой формы, а другая — дочерней, новой формы, либо обе (все) расходящиеся траектории принадлежат новым формам (см. гл. 12, рисунки 136, в, г.). В соответствие интеграции можно поставить слияние траекторий параллельно существующих форм. В плане реорганизации целого, происходящей синхронно с формированием новых составляющих (Пономарев, 1983), дифференциация как образование новых демаркаций в рамках целостных структур и интеграция как снятие или смещение демаркаций могут быть рассмотрены как аспекты единого процесса развития (Чуприкова, 1997). Заметим, что интеграцию не следует смешивать с явлениями конвергенции (см. комментарий к постулату 10 СТЭ).

Понятие дифференциации зародилось в эмбриологии и означало «процесс, в результате которого клетка становится специализированной» (Карлсон, 1983, т. 1, с. 26). В современной нейрогенетике формирование нервной ткани (нейронов и глиальных клеток) описывается как последовательность дифференциаций — от тотипотентных (эмбриональных стволовых клеток) и мультипотентных клеток, обладающих потенциальными возможностями пройти любую траекторию специализации, дающих начало всем тканям организма, через клетки-предшественники собственно нервной ткани, которые могут дифференцироваться в нейробласты либо глиобласты (клетки, утратившие способность к митотическим делениям), — в дифференцированные нейроны и глиальные клетки (Викторов, 2001; Корочкин, Михайлов, 2001). Клетки, образующиеся при каждой дифференциации, морфологически и функционально своеобразны, при этом они утрачивают свойства, которыми обладали исходно (напр., возможности неограниченной пролиферации присущи стволовым клеткам и снижены у дифференцированных нейронов¹). При прохождении точки бифуркации клетки приобретают новую специализацию, и возвращение к исходной специализации или выбор альтернативной специализации невозможны. Таким образом, процесс дифференциации необратим. Поэтому в контексте эмбриологии термином «дифференциация» обозначают утрату клетками проспективных потенциалов к образованию новых структур в процессе развития, причем клетку, неспособную к дальнейшей дифференциации, называют «детерминированной», т.е. достигшей предела (Туманиш-

¹ Согласно классической точке зрения дифференцированные нейроны полностью утрачивают возможность пролиферации (см.: Карлсон, 1983, т. 2), однако в настоящее время показано, что она сохраняется даже у нейронов неокортекса у взрослых индивидов (Kornack, Rakich, 2001).

вили, 1982). Используя термин Г.Д. Туманишвили, в последовательных дифференциациях происходит уточнение «диапазона компетенции клеток», так что чем выше степень дифференцированности клетки, тем более узок диапазон ее компетенции¹.

Данные литературы позволяют предполагать, что на этом формирование специализации нейронов (а значит, и процесса дифференциации) не завершаются: формируется специализация по отношению к «конфигурации сигналов» (Эдельмен, 1981) или к определенным поведенческим актам (Александров и др. 1997, 1999).

Процессы дифференциации протекают в группах «клеток-предшественников», связанных «адгезией и сигнальными отношениями» (Britten, 1998), (см. 3 постулат СТЭ, а также принцип взаимодействия/развития в 1.2).

Одним из первых распространил понятие дифференциации за пределы морфогенеза Дж.Э. Когхилл — анатом и исследователь поведения, который, впрочем, исходил из психологической проблематики (Когхилл, 1934, с. 6). Одна из целей его исследований состояла в том, чтобы установить соответствие между процессами дифференциации нейронов и поведения. С его точки зрения, поведение в онтогенезе формируется по принципу дифференциации: из первичных, более общих актов поведения дифференцируются все более локальные и специфические акты.

Заметим, однако, что как показал анализ, проведенный Н.И. Чуприковой, принцип дифференциации достаточно эксплицитно был включен в концепцию И.М. Сеченова, составил одно из оснований психологических исследований Т. Рибо и Э. Клапареда, генетической психологии Ж. Пиаже (Чуприкова, 1997). Значимость, которую придавали эти исследователи процессам дифференциации, не удивительна, поскольку они придерживались последовательно эволюционистских взглядов. Они творчески заимствовали самые современные представления о процессах развития из биологических дисциплин. Так, Т. Рибо применил концепцию органогенеза к описанию развития языка, поскольку полагал, что процессы специализации тканей и эволюции языка, закономерности их дифференциации принципиально аналогичны. Заметим, что путем таких междисциплинарных переносов эволюционистских понятий в их дальнейшем отборе и адаптации формировался наддисциплинарный статус эволюционной концепции.

Принцип дифференциации положен Н.Н. Ланге в основу сформулированного им закона перцепции: «процесс всякого восприятия состоит в чрезвычайно быстрой смене целого ряда моментов или ступеней, причем каждая

¹ Из возможности достижения клеткой «детерминированного» состояния, в котором диапазон компетенции сжат до предела, следует, что ресурс развития ограничен.

предыдущая ступень представляет психическое состояние менее конкретного, более общего характера, а каждая следующая — более частного и дифференцированного» (Н.Н. Ланге. Психологические исследования. Одесса, 1896. Цит. по: Шехтер, 1982, с. 312). Представления о дифференциации лежат в основе микрогенетических исследований восприятия (см.; Барабанщиков, 1990, 2000; Величковский, 1982; Зинченко, Величковский, Вучетич, 1980; Чуприкова, 1997). Последовательность событий в процессе принятия решения описывается в терминах дифференциации альтернатив (Svenson, 1992). Формирование и обогащение репертуара поведения у ребенка также связывается с дифференциацией и селекцией возможных вариантов локомоции (Adolph, 1997). Специально следует упомянуть представления о роли дифференциации в процессах развития, сформулированные в лейпцигской школе гештальтпсихологии (Чуприкова, 1997, с. 51–4), которые оказываются органически связанными с предложенной этой группой исследователей концепцией **актуалгенеза** (см. 3.2.4). Эта система понятий вводит единую систему объяснения и развития и «текущего поведения», поскольку и генез новых структур (гештальтов), и актуализация структур, сформированных ранее, совершаются как дифференциация исходного диффузного целостного переживания, в котором эмоциональные, волевые, чувственные и интеллектуальные компоненты слиты воедино.

1.4.1. ОПИСАНИЕ ПРОЦЕССА ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ

Формальные описания процесса дифференциации содержат **теория катастроф** (Арнольд, 1990; Том, 2002) и **неравновесная динамика** (термодинамика неравновесных систем) (Пригожин, Стенгерс, 1986; 1994). И та, и другая концепция основываются на общей теории устойчивости, сформулированной А.М. Ляпуновым и А. Пуанкаре, и хорошо согласованы друг с другом. Теория катастроф в версии Р. Тома направлена на описание процесса морфогенеза, а концепция И. Пригожина построена для описания развития физических и химических систем. Тем не менее, высокая степень формальности позволяет применять их к широкому спектру развивающихся объектов. Иногда эти теории рассматривают как составляющие или версии более общей дисциплины — синергетики, однако, в контексте их применения для описания эволюционного процесса они достаточно различны.

Катастрофа — скачкообразное изменение системы «в виде внезапного ответа системы на плавное изменение внешних условий» (Арнольд, 1990, с. 8). Момент катастрофы может соответствовать бифуркации траектории (Арнольд, 1990, с. 16–21), что и следует рассматривать как дифференциацию. Для процесса дифференциации Том выделил три типа катастроф, которые различаются

размерностью аттракторов¹, которые соответствуют расходящимся в точке бифуркации траекториям развития. Для случая увеличения размерности — это «тихая катастрофа»; она не ведет к утрате компетенции (возможности последующих специализаций) и поэтому Том считает, что этот тип катастроф обратим (ср. с утверждением Пригожина об абсолютной необратимости ветвлений). Другие типы катастроф характеризуются снижением размерности аттрактора и потерей «компетентности» (Том, 2002, с. 209–210). Таким образом, в теории катастроф дифференциация описывается как переход от одних относительно устойчивых состояний («предбифуркационных» аттракторов) к другим, определяющим новые формы дифференцированного объекта. Попадание на ту или иную ветвь развилки соответствует также и истории предшествующих дифференциаций объекта.

Заметим, что, наделяя аттракторы особой и даже решающей ролью (они придают направление процессу развития), Том, во-первых, не анализирует особенности процесса, предшествующего бифуркации, а во-вторых, имплицитно вводит предсуществующее формообразующее начало. Он считает, что такая схема хорошо описывает развитие эмбрионов, которое воспроизводимо, а поэтому происходит по достаточно жесткому плану (эпигенетическому ландшафту Уоддингтона). Обсуждая применимость теории к эволюции, Том утверждает, что «притяжение форм» — один из важнейших факторов эволюционного процесса (Том, 2002, с. 216) и тем самым вводит представление о «филогенетической карте», «плане» эволюции, что противоречит одиннадцатому постулату СТЭ.

В концепции И. Пригожина в качестве эволюционирующих объектов рассматриваются не индивиды, а группы или популяции, образующие системы, т.е. даже не единичную систему, а популяцию систем — ансамбль (что соответствует 3 постулату СТЭ) (Пригожин, 2001, с. 33). Бифуркация — «проявление внутренней дифференциации между частями самой системы и системы с окружающей средой» (Пригожин, 2001, с. 66). Результат бифуркации с этой точки зрения представляется как переход от состояния неустойчивости к новым, устойчивым состояниям. Точки бифуркации — моменты, когда состояние неустойчивости системы относительно собственных флуктуаций и в ее окружении достигает критической величины. В такой ситуации флуктуации перестают быть просто шумом и становятся фактором, направляющим эволюцию системы к альтернативным состояниям, которые соответствуют устойчивым модам (Пригожин, Стенгерс, 1994, с. 69–70). Заметим дискретность исходов разрешения неустойчивости, которая хорошо соответствует 1 и 4 постулатам СТЭ. Таких

¹ Аттрактор (от лат. *attractio* — привлекать, притягивать) — точка или траектория, соответствующая устойчивым состояниям динамического процесса, которая «притягивает» к себе все множество траекторий системы.

альтернативных стационарных состояний может быть больше двух, поскольку возможна эволюция к стационарным, но неустойчивым состояниям, напр., к такому, которое «соответствует порогу между двумя устойчивыми стационарными состояниями» (Пригожин, Стенгерс, 1986, с. 223). Таким образом, разрешение неустойчивости — это процесс порождения альтернативных устойчивых систем (ср. 4 постулат СТЭ) и отбор на их множестве, напр., по степени устойчивости (2 постулат СТЭ) (Пригожин, Стенгерс, 1986, с. 221). Развитие, таким образом, представляет собой спонтанную эволюцию неравновесной системы к состоянию более высокой сложности (Пригожин, 2001, с. 61), которое достигается в процессе дифференциации.

Чувствительность системы к случайным, слабым факторам, которые могут привести к разрешению неравновесного состояния, определяется составом системы, ее отношениями с внешней средой, взаимодействиями компонентов. Когда в динамике системы достигается порог неустойчивости и появляется возможность перехода в другие, устойчивые состояния, тогда и происходит расхождение траекторий развития, образуется точка бифуркации. Степень неравновесности состояний, их развитие Пригожин характеризует через когерентность¹ поведения компонентов системы. В равновесных состояниях все возможные варианты поведения компонентов равновероятны, когерентность поведения индивидов низка. По мере удаления от равновесия становится выраженным когерентное коллективное поведение (Пригожин, Стенгерс, 1994, с. 59–73). Контраст между равновесными и неравновесными состояниями проявляется в понятии корреляции² между поведением компонентов. Пригожин специально оговаривает, что корреляции следует отличать от взаимодействий между компонентами: в процессе роста неравновесности, замечает он, взаимодействия остаются теми же, а корреляции увеличиваются. Связи становятся теснее, а пространство, которое охвачено корреляцией, возрастает. Для сильно неравновесных ситуаций характерны «дальние» корреляции, охватывающие макроскопические объемы. Связи действуют как ограничение степеней свободы, которое «определяет отклонение системы от равновесия» (Пригожин, Стенгерс, 1994, с. 64). Переход из равновесного состояния в неравновесное можно охарактеризовать по энтропийным оценкам распределений состояний компонентов системы: «в равновесном состоянии производство энтропии достигает минимального значения, в неравновесном — максимального» (Пригожин, 2001, с. 61).

С позиций представления о порождении нового как зарождении, развитии и разрешении неравновесных состояний процесс дифференциации не «сводит-

ся» в точку бифуркации. Момент бифуркации лишь отмечает достижение состоянием неравновесности порогового значения, а начало дифференциации можно отнести к моменту зарождения локального неустойчивого состояния, которое, развиваясь, охватывает все больший объем эволюционирующей популяции и разрешается порождением новых систем. Можно полагать, что процесс дифференциации не завершается при прохождении точки бифуркации. Дифференциация как расхождение порожденных систем может углубляться за счет элиминации промежуточных форм. В качестве «морфогенетического» примера можно привести формирование конечности у эмбриона, когда пространственное разделение пальцев, компонентов суставов происходит за счет гибели клеток (Карлсон, 1983, т. 2, с. 17). Возможно, что фактор апоптоза играет весьма значимую роль в процессах формирования групп специализированных нейронов, которые протекают по принципу дифференциации (Александров, 2004а, 2004б). Дифференциация групп нейронов, в результате которой они становятся специализированными, обеспечивается также экспрессией поздних генов, которая «в процессе аккомодационной реконсолидации модифицирует ранее специализированные клетки» (Александров, 2004б, с. 42). Таким образом, бифуркационная схема отмечает важное событие, но лишь одно из множества событий, происходящих последовательно или одновременно, которые составляют процесс дифференциации, и приводят к формированию двух (или большего количества) новых образований из исходно единой популяции.

1.5. ЭВОЛЮЦИЯ И ОНТОГЕНЕЗ

В истории становления эволюционных представлений об индивидуальном развитии, о возможности применения эволюционных закономерностей для его изучения особое значение имеют представление об эпигенезе, биогенетический закон и концепция системогенеза.

1.5.1. ЭПИГЕНЕЗ

Эпигенез — учение, которое, хотя и было известно с античных времен (см. подробно: Харламенкова, 2004), получило распространение после его введения в эмбриологию У. Гарвеем (1578–1657). Согласно этому принципу новое **формируется** из форм-предшественников, а не является результатом развертывания преформированной, скрытой в зародыше формы. В таком понимании эпигенез противостоит **преформизму**.

¹ Когерентность — согласованное протекание во времени и пространстве нескольких процессов (обычно колебательных).

² Пригожин применяет термин «корреляция», мы также используем его, хотя понятия «согласованность», «сопряженность» более точно описывают это состояние.

Преформизм (от лат. *praefor* — предварять, *praeformo* — заранее образовывать, заготавливать образец) — в основе этой концепции лежало представление о наличии в половых клетках организмов структур, полностью предопределяющих развитие, признаки и характеристики организма на всем протяжении онтогенеза. Возникновение нового в рамках преформистского учения трактуется буквально как развертывание сформированного заранее. Заметим, что в XVIII в. термин «эволюция» также был преформистским. Он обозначал буквально «развертывание». По сути, учение преформизма отрицает понимание развития как формирования нового. Преформизм исходит из глобальной идеи креационизма — изначального творения всего живого — и находится в строгой оппозиции с идеей эволюционизма. В психологии преформистские концепции исходят из учения Р. Декарта о врожденных идеях, которые не зависят от какого-либо опыта, но изначально даны человеку. На преформистском представлении о врожденности индивидуальных психологических свойств основываются **нативистские** психологические теории, в которых предполагается, что овладение знанием, умением, любыми функциями предопределяется генетическими факторами, протекает как реализация врожденных программ. Уже в XVIII в. было замечено, что преформизм сталкивается с непреодолимым препятствием — проблемой «гомункулюса». Гомункулюс (от лат. *homunculus* — «маленький» человек) — точная миниатюрная копия взрослого организма, заключенная в половые клетки, который развивается, лишь увеличиваясь в размерах. Некоторые биологи, напр., А. Левенгук, придерживались идеи анималькулизма (от лат. *animalculum* — зверек, маленькое животное), согласно которой гомункулюс содержится в сперматозоиде, другие — овизма (от лат. *ovus* — яйцо), напр., Ш. Бонне, считал, что гомункулюс содержится в женской половой клетке. Очевидно, что каждый гомункулюс как уменьшенная копия взрослого организма должен обладать половыми клетками, заключающимися гомункулюсов, которые... и так далее до бесконечности¹. Следует заметить, что преформистские положения сохранились до XX в. Так, в рабо-

¹ Гомункулюс в психологии — персонификация «внутреннего наблюдателя», рассматривающего образы, которые создаются органами чувств. Эта метафора предложена Д. Юмом как вариант решения проблемы субъекта активности (Юм, 1995), но основная идея гомункулюса состоит в том, чтобы придать индивиду непредусмотренные логикой преформизма новые свойства, которые нельзя объяснить «развертыванием». Очевидно, что последовательное проведение идеи гомункулюса ведет к признанию гомункулюса внутри гомункулюса и так далее до бесконечности, однако попытки ввести представление о гомункулюсе продолжают, приведем характерное название статьи Ф. Этнива: «В защиту гомункулюсов» («In defence of homunculi», цит. по: Величковский, 1982, с. 56). Вне последовательного проведения принципа активности решение проблемы «субъекта активности» не может быть достигнуто, даже если заменить единую персону гомункулюса множеством отрядов «демонов» (Линдсей, Норман, 1974).

те 1931 г. итальянский зоолог Д. де Роза утверждал, что каждый вид преддетерминирован в предшествующем так же, как и особь преддетерминирована в яйце (цит. по: Попов, 2005, с. 52) — версия филогенетического видового гомункулюса.

К концу XVIII в. эпигенез становится доминирующим принципом сначала в эмбриологии, особенно в работах К.Ф. Вольфа (1734—1794), а затем и в других исследованиях развития. В более поздней формулировке эпигенез понимался как развитие новых форм из форм предшественников на основе взаимодействия с окружением. В этой интерпретации концепция эпигенеза противостояла не только преформизму, но и такой концепции, как *tabula rasa*.

Tabula rasa (от лат. — «чистая доска», выскобленная дощечка для письма, на которой еще ничего не написано) — концепция развития, сформулированная Дж. Локком (1632—1704), противостоящая преформизму. В первоначальном виде эта концепция отрицала врожденный характер идей и объясняла происхождение абсолютно всех идей и личностных черт из опыта. Эта концепция восходит к античным предвосхищениям идей сенсуализма. Еще Аристотель, характеризуя ум новорожденного, применил термин «*tabula rasa*». С точки зрения Локка, новорожденный ребенок — «*tabula rasa*» и приобретает все психологические характеристики исключительно в опыте. Столкновение концепций преформизма и *tabula rasa* точно выражено в «вопросе В. Молино», который в 1688 г. он задал Дж. Локку: «Сможет ли человек, слепой от рождения, обретя зрение, различить шар и куб, не прикасаясь к ним?» Локк как автор наиболее развитой версии идеи *tabula rasa* ответил на этот вопрос отрицательно.

Соотношение представления процессов развития с позиций преформизма и *tabula rasa* и эволюционной концепции демонстрирует их отображение в виде ориентированного графа. Траектория преформированного развития в строгом понимании не ветвится, вершины на этой траектории нет возможности идентифицировать как «события» (см. выше). Такая траектория — предельно вырожденное дерево. Она указывает на порядок смены форм развивающегося объекта, но не может объяснить разнообразие этих форм. Это противоречит 4 и 10 постулатам СТЭ. Изображение формирования нового в соответствии с принципом *tabula rasa* разрывает единый связный граф, отображающий дифференциацию целого из единой формы-предшественника, монофилетическое происхождение всех его компонентов, на несвязные подграфы с «висячими вершинами». Каждой такой вершине можно поставить в соответствие специфическое событие — воздействие извне, «инструктирующий» стимул. Таким образом, *tabula rasa* оказывается логически связанной с концепциями, которые принято обозначать как **инструктивистские**.

Инструктивными называют теории, которые предполагают, что внешнее воздействие, стимул, является основным фактором, определяющим

формирование новой формы. Нейрофизиологические инструктивные концепции научения именно так объясняют возникновение объединения нейронов, лежащего в основе приобретенного рефлекса, навыка, поведенческого акта и т.п. (см.: Эдельмен, 1981; Eccles, 1977). Методологическая неудовлетворительность основного положения инструкционизма, как точно отметили У. Матурана и Ф. Варела, не снимается даже при замене представления о стимулах на концепт взаимодействия: «взаимодействие не инструктивно, поскольку оно не диктует, какие должны быть производимые им эффекты. Поэтому мы предпочитаем говорить, что взаимодействие «запускает» тот или иной эффект» (Матурана, Варела, 2001, с. 85). Важно, что выраженными признаками инструктивизма обладают ортогенетические представления об эволюционном процессе (Попов, 2005), а ортогенез находится в строгом противоречии с 1, 2 и 11 постулатами СТЭ (см. комментарий к 11 постулату).

Инструктивные теории не идентичны концепции *tabula rasa*, но, как правило, реализуют ее установки, поскольку новые формы поведения формируются извне, создаются в результате воздействия среды. Такой взгляд на научение характерен, например, для всех версий бихевиоризма и в качестве своеобразной эклектической добавки входит во многие современные психологические концепции, предметом рассмотрения которых являются научение, развитие, формирование новых психологических структур.

Селективные теории формирования нового противопоставлены инструктивным. Они сложились в рамках современной эволюционной теории (*селектогенеза*: Воронцов, 1999, с. 457–463), молекулярной биологии, биохимии, иммунологии, нейрофизиологии. Развитые селективные представления сложились на материале исследований формирования иммунитета (клонально-селекционные теории иммунитета (см.: Стил, Линдли, Бланден, 2002, с. 93–116). Селективистская концепция научения, сформулированная Дж. Эдельменом, исходит из предположения, что в основе мозгового обеспечения навыков, умений, знаний, формирующихся в ходе научения, лежит активность нейронов, отобранных из множества клеток по их характеристикам, сформированным в ходе онтогенеза. События в окружающей среде не формируют эти свойства, а способствуют отбору групп нейронов, которые могут обеспечить новую для индивида форму поведения и тем самым оказывают влияние на возможности следующих селекций (см. 4.3.6).

Селектогенетическая теория с необходимостью опирается на представления о структурах, фиксирующих вновь возникшие адаптивные соотношения индивида со средой. Эти структуры — группы нейронов, прошедших селекцию на основании их свойства быть выбранными определенным сигналом, увеличиваются (Эдельмен, 1981, с. 80). В результате процессов отбора формируется сначала (в раннем онтогенезе) первичный репертуар клеток; клетки, не прошедшие отбор, гибнут. В процессе научения из набора первичного

ассортимента клеток отбираются нейроны вторичного ассортимента, лежащие в основе нового поведения.

Эдельмен описывает порождение новой группы нейронов как процесс эпигенеза (Edelman, 1989, р. 6), однако, как показывает анализ, характеристики этого процесса находятся в точном соответствии с основными постулатами СТЭ. Разнообразие нейронов (материал для последующей селекции), как это предполагается в клонально-селекционной теории иммунитета, «теории-образце» для селективной концепции научения, порождается в определенной ситуации (новизны, *surprise*) (Edelman, 1989, р. 319) за счет случайного, ненаправленного процесса (ср.: Стил, Линдли, Бландэн, 2002), как это предполагается постулатом 1. Соответствие постулатам 2 и 3 отмечено в самом наименовании концепции — «теория **селекции групп** нейронов». Селекция происходит за счет гибели некоторых групп нейронов (Edelman, 1989, р. 5). Эдельмен уделяет особое внимание обоснованию того, что все процессы, которые он рассматривает, касаются не отдельных клеток, но их популяций, специально рассматривает как основу концепции «популяционное мышление в нейробиологии» (Edelman, 1989, р. 8–10). Дивергентный характер процесса порождения групп выражается в процессах перехода от первичного репертуара клеток к вторичному, в дифференциации групп, в переходе от невырожденных групп к выродившимся (ср. постулаты 4 и 10). Поскольку эти процессы проходят множество стадий, их можно рассматривать как «градуалистические» (см. постулат 5). Весь процесс порождения и селекции групп монофилетический, все группы находятся в некоторых отношениях родства, фиксирующих историю дифференциации исходной клеточной популяции, которая в свою очередь имеет общее происхождение — как это и характеризует любой эволюционный процесс постулат 10. Важная характеристика селектогенеза групп нейронов — его характер, не направленный к определенному финалу (ср. постулат 11), не только в том смысле, что степень сформированной вырожденности групп не предопределена, но и в том, что селектогенез — гибкий процесс, который инициируется в связи с фактором новизны ситуации (*surprise*) и достигает адаптивного эффекта в связи с конкретными формами реализующегося и формирующегося поведения.

Сам Дж. Эдельмен указывает на несколько отличий его концепции от теории эволюции (хотя и не поясняет, от какой именно из различных теорий). Первое из них — «теория селекции групп имеет дело не с конечными причинами, как теория эволюции, а только с ближайшими»; она, разделяя общие принципы с другими селективистскими теориями в биологии, отличается от них в представлении конкретных механизмов и их эволюционных эффектов (Edelman, 1989, р. 9). Представляется, что эти различия несущественны, они указывают на специфику предмета изучения селективной концепции научения, но не на ее отклонения от основных эволюционных положений, достаточно указать на общую согласованность с постулатами СТЭ.

Важно отметить, что теория селекции групп нейронов построена именно для описания процесса онтогенеза и при этом столь точно соответствует постулатам СТЭ. Сама возможность такой высокой согласованности эволюционного и онтогенетического описаний говорит о единстве закономерностей фило- и онтогенеза, о применимости общих принципов теории эволюции к описанию индивидуального развития.

Заметим, что весьма важная сторона эволюционного процесса — «горизонтальные связи» на эволюционном древе, его «ретикулярная структура» (см.: Makarencov, Legendre, 2004), которую, как представляется нам, можно обозначить как «эпигенетическую ситуацию» (см. заключение 1.5.1), — не представлена в концепции Эдельмена.

Селективные теории научения преодолевают тупиковые представления как преформизма, так и концепции *tabula rasa* даже в их современных адаптированных формах, а также их эклектические смешанные формы. Примером последовательно селективных представлений о научении может служить системно-эволюционный подход (Александров, 2001; Горкин, 2001; Швырков, 1995). Следует обратить внимание на то, что в рамках этой концепции процессы научения и развития рассматриваются как единый процесс генеза функциональных систем, системогенеза (Анохин, 1978).

Представление об эпигенезе как формировании нового на основе генетических предшественников при взаимодействии с окружением получило оформление в виде теорий конвергенции двух факторов (основоположник этой теории — В. Штерн), (см.: Обухова, 1995). В «двухфакторной» формулировке легко могли быть замаскированы как преформистские, так и *tabula rasa*-представления. Так, Т.Д. Лысенко, ярчайший представитель концепций *tabula rasa* и инстинктивизма, утверждал: «любое живое тело строит себя из условий внешней среды... согласно своей наследственности» (Лысенко, 1946, с. 331). Заметим, что в современной психогенетике «двухфакторная» модель эпигенеза принимается с оговорками, поскольку генетические и средовые факторы оказываются не независимыми. Их связь проявляется, напр., в ассортативности (неслучайном подборе родительских пар), в выраженных генотип-средовых корреляциях, неслучайном характере усыновлений (Бирюков, 2003; Малых, Егорова, Мешкова, 1998; Равич-Цербо, Марютина, Григоренко, 2000). На учет связи эти факторы направлена эпигенетическая концепция Дж. Брауна (см.: Равич-Цербо, Марютина, Григоренко, 2000, с. 364). Следует отметить также, что выделение двух самостоятельных факторов (один из которых — «прямое влияние среды») характерно для ортогенетических концепций, которые в той или иной степени отклоняют или нарушают важные постулаты СТЭ (1, 2, 4, 10 и 11) (Попов, 2005).

Принципиальное изменение в понимании эпигенеза было связано с формированием на границе XIX—XX вв. концепции гена как структурного носи-

теля наследственности. Понятие «эпигенетический» в этом контексте интерпретировалось буквально: «эпи» — *над*, «генетический» — *наследственный*, т.е. *наследственность над той, что зафиксирована в генах*. В обзоре Ю.В. Чайковского возникновение этой точки зрения связывается с именем Дж. Болдуина (1895), который предположил, что «полезное свойство возникает в ненаследственной форме» (Чайковский, 2003, с. 185). И.П. Ашмарин поясняет: термины «эпигенез», «эпигенетическая наследственность», «эпигенетическая память», «эпигенетические процессы» обозначают наследование признаков, которое либо не зависит от генома, либо зависит не только от генома, причем, с его точки зрения, «более строгими представляются выражения “эпигеномная наследственность” и “эпигеномные процессы”» (Ашмарин, 1975, с. 30). Такое понимание принципиально отлично от эпигенеза как принципа зародышевого развития, сложившегося в XVIII в. Так, энциклопедический словарь «Генетика» дает два определения термина — в толковании У. Гарвея (1761 г.) и современное: эпигенез — «в генетике развития в н. вр. сумма всех взаимодействий между генами и средой их функционирования, проявляющихся в процессе онтогенеза и в ряду дифференцированных клеток» (Картель, Макеева, Мезенко, 1999, с. 392). С.-т. Wu и J. R. Morris, последовательно уточняя понятие эпигенетического процесса и связывая его с работами Уоддингтона, (см. далее), дают следующие определения: (1) эпигенетика изучает процессы, посредством которых генотип порождает фенотип; (2) изменения в активности генов на протяжении развития в общем относятся к эпигенетическим процессам; (3) эпигенетика — изучение изменения экспрессии генов, которые происходят в организме с дифференцирующимися клетками...; (4) дополнительное определение эпигенетики включает передачу информации от одного поколения другому иначе, чем через последовательности ДНК (Wu, Morris, 2001).

Эпигенетическая информация представлена в части генома, не кодирующей белки, но определяющей условия экспрессии структурных генов (кодирующих белки) (см. Гиббс, 2004). «Эпигенетические» (операциональные) гены не только решают задачи «домашнего хозяйства» генома, они вовлекаются в процессы горизонтального переноса генетической информации, причем даже в межвидовой перенос (Jain, Rivera, Lake, 1999). Можно полагать, что они участвуют в формировании общей ситуации экспрессии генов, соотнося активность различных генов со всеми онтогенетическими процессами, а также и с некоторыми аспектами «наиндивидуальной» ситуации, так что это выглядит как «влияние среды». В приведенной статье Гиббса важность, которая придается эпигенетическим процессам, их качественное своеобразие, отражено в аннотации: «На смену генетике приходит эпигенетика». На графе, отображающем эволюционное (онтогенетическое) развитие, такие эпигенетические влияния могут быть представлены горизонтальными стрелками, которые превращают

собственно «дерево» развития в сетевую («ретикулярную») структуру (Makarenkov, Legendre, 2004).

Концепция эпигенеза формировалась как основа описания процессов морфогенеза. Эта линия получила принципиально новое продолжение в работах К. Уоддингтона (см.: Баттерворт, Харрис, 2000; Яблоков, Юсуфов, 2004). По Уоддингтону формирование фенотипа может быть представлено в виде **эпигенетической траектории**. Эта траектория ветвится и в целом имеет вид дерева (ср. 4 и 10 постулаты СТЭ). Выбор определенного пути на дереве происходит в точках ветвления в результате взаимодействия двух групп факторов: (1) — генов, групп генов, влияний уже сформировавшихся органов и (2) — влияний внешней среды. Все множество возможных траекторий Уоддингтон представлял метафорически как «**эпигенетический ландшафт**» наклонной поверхности, организованной в складки-долины, расходящиеся как ветви дерева (Бауэр, 1979; Яблоков, Юсуфов, 2004). Наиболее глубокая долина, «притягивающая» другие траектории (траектория-аттрактор), которая канализирует развитие, получила название «**креода**». Участки, допускающие выбор одного из нескольких путей развития, соответствуют критическим периодам развития, в которые особое значение приобретает соотношение «внутренних» и «внешних» факторов, они разделяют относительно стабильные периоды развития, которым соответствует движение по креодам. Согласно метафоре Уоддингтона, креоды ветвятся и усложняют эпигенетический ландшафт, в то время как гены представляются «канатами, его стягивающими» (Том, 2001, с. 169). Существование креодов, их взаимодействие служит для объяснения формирования «стандартного фенотипа», а также вариаций соотношения фенотипа и генотипа. Понятие креода вводит понятия направленности¹ и необратимости развития (Том, 2001, с. 88), которые не могли быть поставлены в соответствие классическому понятию «морфогенетическое поле», градиент которого служил объяснительным принципом для направленности морфогенеза. В то же время система креодов дает обобщенную картину ветвления. Как замечает Том, замена действительной (ветвящейся) эволюции ее усредненной траекторией ведет к сложно устранимой, а с точки зрения И. Пригожина — к принципиально неустраимой ошибке (Том, 2001, с. 85; Пригожин, Стенгерс, 1994, с. 253).

Заметим, что метафора эпигенетического ландшафта при сравнении с представлениями СТЭ сталкивается с несколькими трудностями. Одну из них отметил Р. Том: «Долины, которые спускаются с гор, сливаются, тогда как развитие демонстрирует в основном разделение, бифуркации» (Том, 2001, с. 156). Другая сложность имеет более общий характер — эпигенетический ландшафт

имеет некоторые черты преформированной структуры, а ветвление представлено как результат взаимодействия двух отдельных факторов. Можно полагать, что в этом проявляется отмеченная нами выше возможность сочетанной интерпретации эпигенеза как «примиренных» преформизма и инструктивизма (или даже *tabula rasa*). Важной чертой эпигенетической концепции Уоддингтона является взаимодействие креодов (Яблоков, Юсуфов, 2004), фиксация в сложившихся формах траектории развития, зависимость переходов из одного состояния в другое от взаимодействий между сформированными компонентами целого. В соотношении эпигенетических траекторий, креодов, компонентов развивающегося целого важную роль играют **организаторы**, факторы, которые координируют различные линии развития, определяют их общность и конвергенции (Чайлд, 1948). Из этого следует неизбежность представления процесса эпигенеза, всего множества эпигенетических траекторий как сложной сети (Васильев, Романовский, Черновский, 1982), а не как дерева (см. комментарий к 4 и 10 постулатам СТЭ).

В интерпретации К. Уоддингтона идея эпигенеза приобрела основные черты эволюционной концепции. В силу своего обобщенного характера она могла быть использована для объяснения развития за пределами области морфогенеза и получила распространение в психологии. Основные психологические концепции, которые обладают признаками эпигенетических, подробно проанализированы Н.Е. Харламенковой (Харламенкова, 2004). Отметим некоторые черты этих концепций, которые позволяют охарактеризовать важные черты эпигенеза и определить его соответствие общеэволюционной точке зрения.

Универсальная последовательность стадий развития ребенка, составляющая одну из основ теории Ж. Пиаже, может быть понята в терминах эпигенетической концепции Уоддингтона как последовательность прохождения креодов, соответствующих формированию стандартного фенотипа. «Гомеорезис», или эволюционная регуляция развития, препятствует отклонению эпигенетической траектории от креода. Если же эта коррекция невозможна, гомеорезис канализирует процесс в креод, ближайший к исходному (Пиаже, 2001, с. 119). Пиаже отмечает критические периоды смены стадий развития, но не характеризует эти моменты развития как точки бифуркации, не указывает на альтернативные траектории развития. Эти важнейшие составляющие эволюционного (и эпигенетического) процесса развития лишь намечены в теории Пиаже.

Наиболее точно эпигенетическим представлениям соответствует понимание Пиаже основных детерминант развития. Он выделяет два фактора — генетически обусловленные процессы и влияния внешней среды. Заметим, что собственно **эпигенетический** характер концепции придает не признание смены этапов развития и не их фиксированный порядок: эти аспекты развития органично включает любая эволюционная концепция. Как показывает проведенный нами анализ, для современных эпигенетических взглядов характерно

¹ «Направляющая» роль креодов (в отличие от необратимости) сближает эпигенетические представления с ортогенетическими (см. Попов, 2005)).

представление о взаимодействии компонентов развивающейся системы (изображаемое «ретикулярным» графом). В концепции Пиаже можно обнаружить аналог таких взаимодействий. С позиции Пиаже, важный фактор эволюции, эпигенетического развития — «креативный характер поведения» (Обухова, 2001). Развитие — непрерывная «конструкция нового», «инвенция», использует результаты этой конструкции, фиксированные в опыте и во внешнем мире как опору для инициации формирования новых когнитивных структур, а также для координации уравнивания «операциональных структур интегративного целого» (Пиаже, 1969; 2001). Приведенные положения указывают на важный фактор эпигенеза в теории Пиаже — не собственно «влияние внешней среды», а условия, объекты или события, активно создающиеся в развитии индивида, открывающие новые возможности развития, координирующие частные процессы формирования нового¹. Эти факторы уже не могут быть однозначно отнесены к классу генетических или средовых (смещение этих факторов принимается во внимание в психогенетике, см.: Бирюков, 2003; Малых, Егорова, Мешкова, 1998; Равич-Цербо, Марютина, Григоренко, 2000). Такие эпигенетически важные факторы можно сопоставить с «эффордансами». Понятие «эффорданс» введено Дж. Гибсоном в рамках концепции экологической оптики (Гибсон, 1988). «Эффордансы — это то, что окружающий мир предоставляет, разрешает совершить индивиду» (Александров, 2003, с. 55; Gibson, Adolph, Erpler, 1999). В пиажетианской концепции эпигенеза эффордансы не только «разрешают» перейти к следующей стадии, но и могут быть созданы развивающимся индивидом (см. Пиаже, 1969; 2001). Заметим, что в основных исследованиях Пиаже понятие эпигенез не занимает центрального положения, которое уделено понятиям аккомодации и ассимиляции (см.: Пиаже, 1969, 2001; Флейвелл, 1967). Неполное соответствие концепции Пиаже принципу эпигенеза отмечено также Н.Е. Харламенковой (Харламенкова, 2004, с. 128).

В эпигенетической теории Р. Шпица роль фактора, обеспечивающего координацию отдельных эпигенетических траекторий, выполняют «организаторы» формирующегося целого (см.: Харламенкова, 2004, с. 131–135). Это понятие введено им не *ad hoc*^{*}. В формирование представления об организаторах в эмбриологии значительный вклад был сделан Уоддингтоном, основателем современ-

ной версии эпигенетической теории развития (Чайлд, 1948). Поэтому неудивительно, что организаторы занимают такое важное место в концепции Шпица.

Таким образом, в различных версиях описания развития, основанных на эпигенетической концепции Уоддингтона можно выделить три составляющие. Первая направлена на описание развития как «ветвящегося» процесса, причем представление о креодах позволяет объяснить ограниченное число степеней свободы в ветвлении дерева развития, канализованность процесса формирования фенотипа. Современные биологические представления также подчеркивают селективный характер эпигенетического процесса. Так, Г. Рубин подчеркивает, что определение понятия «прогрессивной селекции состояний <клеток> — первый шаг к формальному анализу эпигенеза» (Rubin, 1993). «Селективная» составляющая хорошо описывается 4 и 10 постулатами СТЭ.

Вторая составляющая эпигенеза описывает условия ветвления, закономерности смены этапов развития; в этих условиях выделяют генетический и средовой факторы, которые по-разному проявляются в характеристиках ветвления. В некоторых определениях понятие эпигенеза сводится к последовательности дифференциаций, напр., к *необходимому предшествованию более определенных стадий менее определенными, так что специализация систем возрастает в развитии* (Salthe, 1993, p. 314). Условия бифуркации ветвей графа развития — дифференциации, как замечают (Raijmakers, Molenaar, 1996), могут быть хорошо описаны в терминах нелинейной динамики (см. 1.4.1). Эти две составляющие не выделяют содержательную специфику эпигенеза. На примере рассмотренных концепций можно видеть, что эпигенетическая концепция К. Уоддингтона послужила «концептуальным мостом» для введения в психологические исследования некоторых эволюционных представлений. Поскольку эта роль теорией эпигенеза выполнена, представления о развитии, которые раньше формулировались в эпигенетических терминах, теперь высказываются в иных системах понятий. Так, в работах исследователей школы Пиаже можно отметить замещение понятия эпигенез представлениями о самоорганизации (Boon, 1996) или нелинейной динамики (Raijmakers, Molenaar, 1996).

Именно этими рамками ограничено применение концепции эпигенеза в конкретных исследованиях. В качестве примера приведем работы (Mayberry, Lock, 2003; Neville, Mills, 1997), в первой из которых в рамках эпигенетического представления о развитии дается интерпретация пластичности структур, вовлекающихся в процессы овладения языком, во второй — по динамике связанных с событиями потенциалов мозга охарактеризована «возрастающая степень дифференциации нейрональных систем» в соотношении с критическими для овладения языком периодами.

Относительно новое содержание эпигенеза проявляется в третьей составляющей — факторе или группе факторов, которые координируют процессы развития, соответствующие различным, но одновременно реализующимся

¹ С этими идеями связана линия исследований, в которой ведущее значение в эпигенетическом процессе «канализации развития поведения» придается индивидуальному опыту (Gottlieb, 1991a; 1991b; Greenough, 1991), причем показано влияние опыта как на функционирование, так и на морфогенез нейронов (см., например: Greenough, et al., 1990; Klintsova, Greenough, 1999), однако эти работы, выполненные в рамках эпигенетической теории, не разрешают проблему «двух факторов».

* К данному случаю (*лат.*).

траекториям формирования целого. В современных эволюционных представлениях можно указать определенную аналогию этой формы организации процесса развития, — это модели «сетчатой эволюции» (см.: Вос, Makarenkov, 2003; Jain, Rivera, Lake, 1999; Makarenkov, Legendre, 2004; комментарий к постулатам 4 и 10 СТЭ, а также раздел 1.3). *Ситуацию сосуществования координирующих факторов, взаимодействия параллельно формирующихся продуктов развития, в которой активно создаются объекты или события, которые в процессе развития выступают как необходимые условия дифференциации и образования новых форм, можно обозначить как эпигенетическую ситуацию.* Это понятие соответствует современному употреблению термина *эпигенетика* в генетике (см. выше), но не классическому учению об эпигенезе, которое в настоящее время представляет лишь исторический интерес¹. Следует специально отметить, что достаточно полного формального описания эпигенетической ситуации в настоящее время не дано, лишь некоторые его составляющие отражены в характеристиках «ретикулярных деревьев» (Вос, Makarenkov, 2003; Makarenkov, Legendre, 2004).

1.5.2. БИОГЕНЕТИЧЕСКИЙ ЗАКОН

Филогенетическое и индивидуальное развитие связывает биогенетический закон (БГЗ), сформулированный Э. Геккелем: «онтогенез представляет собой короткое и быстрое повторение (рекапитуляцию²) филогении» (Чайковский, 2004, с. 64); в иной формулировке закон утверждает, что «онтогенез есть краткое и сжатое повторение (рекапитуляция) филогенеза данного вида»

¹ То обстоятельство, что при возникновении понятия «эпигенез» с ним связывали совершенно иные смыслы, с нашей точки зрения не является препятствием к применению этого термина в его новом смысловом поле. Изменение смыслов (вплоть до противоположного) — обычная судьба терминов. Напр., термин «эволюция» изначально применялся в самом точном преформистском смысле: он обозначал «развертывание», и последние(?) примеры такого употребления обнаруживаются еще в первой трети XX в. (Попов, 2005, с. 43). Приведем комментарий к русскому переводу «Происхождения видов», изданному в 1991 г.: «В первых пяти изданиях Ч. Дарвин не употреблял понятия “эволюция”, которое в его время еще применялось для обозначения индивидуального развития. Лишь в шестом издании, возражая критикам своей теории, Ч. Дарвин несколько раз употребил понятия “эволюция” и “эволюционисты” в современном значении. Обычно же он пользовался выражением “общность происхождения, сопровождаемая модификацией”. Во всех изданиях это выражение переводилось на русский как “видоизменение”» (Галл, Тахтаджян, 1991, с. 6).

² Рекапитуляция (от лат. *recapitulatus*) — «возвращение к содержанию пройденных глав по их кратким резюме».

(Гиляров, 1989, с. 60). А.С. Северцов замечает, что «проблема соотношения индивидуального и исторического развития» возникла «на основе противопоставления филогенеза, как эволюции взрослых организмов и онтогенеза, как записи этой эволюции» (Северцов, 2004, с. 237).

В приведенных формулировках БГЗ ламаркистские идеи Геккеля не высказаны в открытой форме, но он полагал, что новые индивидуальные свойства, приобретенные в процессе онтогенеза, могут наследоваться, а затем воспроизводиться как повторение филогенеза (Северцов, 2005, с. 236). Хотя установленный Геккелем «тройной параллелизм» (между данными эмбриологии, сравнительной анатомии и палеонтологии), лежащий в основе классической формулировки БГЗ, остается несомненным, в современной биологии сфера действия этого закона существенно ограничена (Яблоков, Юсуфов, 2004). Установлено, что повторение целых филогенетических стадий невозможно, что стадии эмбриогенеза даже у таксономически близких видов могут различаться (Чайковский, 2003, с. 149). «С позиций генетики неправильность биогенетического закона очевидна» (Северцов, 2004, с. 237). Таким образом, БГЗ рассматривается лишь как «частный случай соотношения онто- и филогенеза и соблюдается только при эволюции онтогенеза данного вида путем надставки его последних стадий — анаболии» (Гиляров, 1989, с. 60). Специально отметим, что характерным для онтогенетического развития кризисам — фенокритическим периодам (Goldschmidt, 1940), эпигенетическим кризам (К. Уолдингтон) или топологическим катастрофам (Том, 2002) трудно или невозможно поставить в соответствие какие-либо события в филогенезе. Учение о рекапитуляции разработано применительно к эмбриогенезу животных, приложение этого закона к постнатальному онтогенезу, особенно к психологическим его аспектам, вызывает обоснованные сомнения (см. попытки прямого применения биогенетического закона Стенли Холлом для периодизации развития ребенка: Баттерворт, Харрис, 2000; Обухова, 1995).

Парадоксально, но БГЗ в строгой классической формулировке накладывает существенное ограничение на применимость эволюционных закономерностей к описанию онтогенеза. Это ограничение связано с тем, что в рамках таких представлений в процессе эволюции происходит **образование** новых форм, а онтогенез **воспроизводит** формы, предписанные эволюцией; эволюционный процесс обладает нефиналистским характером (в соответствии с 11 постулатом СТЭ), а онтогенезу придаются свойства ортогенетического процесса, который, как показывает анализ, несовместим с 1, 2, 4, 10 и 11 постулатами СТЭ (см.: Попов, 2005).

Действительно, общими чертами онтогенеза у разных организмов считают его «запрограммированность, направленность его дифференцировок, последовательность смены программ развития под влиянием факторов среды (эпигенетические факторы)» (Яблоков, Юсуфов, с. 182). Однако эти черты

онтогенеза у животных ограничены преимущественно эмбриональным периодом. Причем в отличие от онтогенеза *детерминированного* типа, характерного для членистоногих, моллюсков и кольчатых червей, «при *регуляторном* типе онтогенеза у хордовых такого предопределения нет, развитие на каждом этапе регулируется небольшим числом “пусковых” регуляторных генов (Н.Н. Воронцов)» (цит. по: Яблоков, Юсуфов, с. 190). Важно, что представления о стабилизации процессов онтогенеза, их «автономизации» (И.И. Шмальгаузен), канализации по определенным траекториям (К. Уоддингтон), касаются именно эмбриогенеза и преимущественно его ранних стадий (см.: Яблоков, Юсуфов, 2004, с. 189–192).

Новое понимание соотношения фило- и онтогенеза связывают с работами А.Н. Северцова. «Онтогенез у Северцова в определенном смысле первичен по отношению к филогенезу» (Левит, Майстер, 2004, с. 105). С этой точки зрения не онтогенез повторяет филогенез, а филогенез формируется в онтогенетических процессах. Возникновение онтогенетических дифференцировок лежит в основе всех эволюционных новообразований в развитии всякой группы организмов (Яблоков, Юсуфов, 2004, с. 34). В. Циммерман сформулировал концепцию *хологении* (от греч. *ὄλος* — целый), согласно которой «онто- и филогенез являют собою единый процесс — *трансандивидуальный онтогенез*». Как замечает Ю.В. Чайковский, «хологения лежит в основе нынешнего понимания сущностной эволюции организмов» (Чайковский, 2003, с. 149).

Таким образом, процессы онтогенеза и филогенеза обладают принципиальным сходством. Как и филогенез, онтогенез не имеет финалистского характера (см. комментарий к 11 постулату СТЭ), но в том и другом случае процессы формирования нового канализованы, т.е. их степени свободы ограничены. Как в фило-, так и в онтогенезе новые ветви дифференциации порождаются случайно. В пользу такого заключения говорят результаты изучения закономерностей формирования иммунитета (см. гл. 4 и 5 в: Стил, Линдли, Бландэн, 2002). Как и в случае филогенеза, варианты антител образуются в результате мутаций, а картина неслучайности, направленности возникает в результате отбора «мутантных ДНК-последовательностей или их белковых (или РНК) продуктов, которые сохраняют только те мутантные гены, которые удовлетворяют селекционному критерию, остальные отбрасываются» (Стил, Линдли, Бландэн, 2002, с. 117). Так же протекают процессы нейрогенеза, неонейрогенеза и специализации нейронов, не прекращающиеся на всем протяжении онтогенеза (Александров, 2004б; Анохин, Судаков, 1993; Эдельмен, 1981; Lu, Jan, Jan, 2000; Gould, Gross, 2002). Специально заметим, что процесс формирования специализации нейронов относительно конкретных поведенческих актов проходит стадии преспециализации, но эти стадии принципиально не могут быть описаны в терминах конкретных актов, относительно которых будет сформирована специализация; таким образом, этот

процесс соответствует 11 постулату СТЭ, он не направлен к определенному финалу.

Рассмотренные закономерности формирования новых образований в фило- и онтогенезе — дифференциация (ветвление траекторий), формирование множеств новообразований и отбор на этих множествах, принципиальная монофилия новообразований при «ретикулярном» строении ветвящегося процесса развития, информационный обмен и согласования между различными его ветвями (аналогия между «эпигенетической ситуацией» и «горизонтальным переносом генов») — очерчивают весьма широкие возможности использования аппарата теории эволюции (преимущественно в версии СТЭ) для изучения онтогенетических процессов.

1.5.3. СИСТЕМОГЕНЕЗ

Концепция системогенеза была сформулирована П.К. Анохиным в период становления теории функциональных систем (с середины 30-х годов) и получила свое название в работе 1945 г. (Анохин, 1975а, с. 55). Ее соотношение с эволюционными идеями отражено в характерном названии статьи 1948 г.: «Системогенез как общая закономерность эволюционного процесса» (Анохин, 1978). Заметим, что эта концепция складывалась в то же время, когда происходило формирование синтетической теории эволюции (30–40-е годы) (Воронцов, 1999) (возможно, независимо от нее); описание онтогенетических процессов с системогенетических позиций является эволюционным и по исходным положениям, и по результатам ее развития в последние десятилетия.

Системогенез — «избирательное и ускоренное по темпам развитие в эмбриогенезе разнообразных по качеству и локализации структурных образований, которые, консолидируясь в целом, интегрируют полноценную функциональную систему, обеспечивающую новорожденному выживание. Такое избирательное объединение разнородных структур организма в функциональную систему в свою очередь становится возможным только на основе гетерохронии в закладках и темпах развития и в моментах консолидации этих структур на протяжении всего эмбрионального развития» (Анохин, 1968, с. 81). Это определение содержит принципиальные положения системогенетической концепции: не просто смещение фокуса исследования с органогенеза на формирование систем, но объяснение формирования органов и морфологии через системогенез, представление о гетерохронии закладки компонентов систем и морфологических образований (принцип «фрагментации органа») (Александров, 2001). Заметим, что приведенное определение вводит представление о вовлечении в процесс системогенеза (эволюции)

множеств «разнородных структур», что соответствует важному для СТЭ 3 постулату.

Указание на эмбриогенез как на период действия системогенеза не должно вводить в заблуждение. Анохин замечает: «Системогенез как общая закономерность развития особенно четко выявляется на стадии эмбрионального развития, поскольку здесь на коротком отрезке времени происходит как бы конденсированное гетерохронное созревание многих жизненно важных функций организма» (Анохин, 1968, с. 82). Возможность распространения системогенетических принципов за пределы эмбриогенеза для объяснения процессов развития у взрослых индивидов была показана еще в классический период развития теории функциональных систем (ТФС) (Анохин, 1975б). Современные нейрогенетические исследования показывают, что «многие закономерности модификации функциональных и морфологических свойств нейронов, а также регуляции экспрессии генов, лежащие в основе научения у взрослых, сходны с теми, которые определяют процессы созревания, характеризующие ранние этапы онтогенеза» (см.: Александров, 2004а).

В концепции системогенеза вводится представление об онтогенезе как последовательности системогенезов (Александров, 2003). Представляется принципиально важным, что при этом имплицитно, но определенно вводится также *возможность реализации нескольких параллельных во времени системогенезов*. Такая множественность траекторий развития соответствует представлению о «несводимости» отдельных траекторий целостного дерева развития (Пригожин, Стенгерс, 1994), (см. 1.3), постулатам СТЭ 4 и 10 (ветвление, дифференциация). Одновременность нескольких системогенетических процессов создает ситуацию их взаимоотношений, в которой необходимо и возможно их взаимодействие и взаимосогласование (в точном смысле, введенном П.К. Анохиным). Аналог этой ситуации представлен в идее «ретикулярного» строения графа, отображающего эволюционный процесс (см. комментарий к 10 постулату СТЭ, 1.3), в характеристиках «эпигенетической ситуации» (см. 1.5.1). Так, сформулировано представление о том, что гибель нейронов, связанная с процессами генеза новых систем, является одной из форм устранения противоречий между метаболизмами специализирующихся и ранее специализированных клеток в новой ситуации межсистемных взаимоотношений (Александров, 2004б).

Феномен гетерохронии в развитии отдельных органов составлял одно из затруднений, с которыми сталкивался биогенетический закон (Анохин, 1978, с. 137). А.Н. Северцов, принципиально изменивший взгляд на соотношение онтогенеза и филогенеза, поставил вопрос «о функциональном значении гетерохроний». Развивая концепцию системогенеза, П.К. Анохин замечает, что «гетерохрония в развитии органов» есть только наиболее бросающийся в глаза частный признак гетерохронного развития тех функци-

ональных систем, которые приспособливают животное к внешним условиям на всем протяжении его жизни — от рождения до смерти» (Анохин, 1978, с. 140). С его точки зрения, «гетерохронное созревание структур в процессе эмбриогенеза есть могучее средство, с помощью которого неодинаковые по сложности компоненты системы эволюции 'подгоняются' к одновременному вступлению в функцию в масштабах гармонически консолидированной функциональной системы» (Анохин, 1968, с. 85). Таким образом, системогенез составляет суть процесса индивидуального развития, а органогенез — лишь некоторую его сторону, аспект рассмотрения. Заметим, что концепция системогенеза не выводит за пределы своей компетенции процесс формирования морфологических компонентов организма, органов, но дает принципиально новое объяснение этим явлениям (Александров, 2001).

Важное свойство системогенеза (а также и организации функциональных систем) вводится принципом «минимального обеспечения функциональной системы». Согласно этому принципу, «функциональная система, вступив в период консолидации своих компонентов, становится уже в какой-то степени продуктивной *зادолго до того, как все ее звенья получат окончательное структурное оформление*» (Анохин, 1968, с. 95; выделено П.К. Анохиным). Из этого следует, что в эволюции системы, по крайней мере, некоторые стадии ее формирования неотделимы от актуализации (см. 3.2.4). Подчеркиваемая в принципе минимального обеспечения длительность процесса генеза конкретной системы соответствует 5 постулату СТЭ.

Концепция системогенеза как эволюционного процесса, содержит фундаментальное для СТЭ представление об отборе (постулат 2), который проходят системы в онтогенетическом развитии. Именно эта сторона системогенетических закономерностей составила одну из основ системно-селекционной концепции научения (Александров, 2004а, Александров, Греченко, Гаврилов и др., 1997; Горкин, 1987; Швырков, 1995). Формирование нового поведенческого репертуара — системогенез новых поведенческих актов — у индивидов любого возраста связан с нейроселекцией, с гибелью нейронов (апоптозом), которая представляется «неизбежной, по крайней мере, в тех случаях, когда метаболические «потребности» каких-либо клеток вступают в неустрашимое противоречие с новыми способами согласования «потребностей» клеток индивида» (Александров, 2004б, с. 12). Селективность процесса системогенеза отражена также в той части определения, в которой системное новообразование характеризуется тем, что оно обеспечивает новорожденному выживание (Анохин, 1968, с. 81). Именно селективность и ветвление процесса системогенеза позволяет достичь результата (в конечном итоге — выживания) не predetermined, не преформированными способами, не через «инструктирование» стимулами или какими-либо внешними событиями или условиями, придает всему процессу творческий характер.

Таким образом, принцип системогенеза соответствует всем основным положениям СТЭ, причем он дает также возможность ввести в область исследования некоторые составляющие эволюционного процесса, которые не включены в явной форме в положения СТЭ, но представляют неотъемлемые черты эволюции. Так, представляется, что в рамках концепции системогенеза можно дать описание ситуации эволюции в ее целостности («ретикулярной», эпигенетической ситуации) — через описание форм и способов установления взаимосогласования компонентов эволюционирующих систем, охарактеризовать процесс порождения новообразования как одновременность актуализации и формирования.

Точность и полнота соответствия концепции системогенеза современным эволюционным представлениям позволяют рассматривать ее как основу для изучения весьма широкого круга явлений формирования нового: процессов созревания, всего многообразия феноменов научения, адаптации и восстановления в патологии (Александров, 2004а, с. 29). Возможности применения эволюционной концепции к изучению онтогенетических процессов, которые открывает системогенез, позволяют рассматривать ее как ядро будущей «теории нейроэволюции» (Анохин, 2001).

1.6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенный анализ показывает, что СТЭ достаточно полно представляет современное состояние эволюционизма. Эта теория непротиворечиво включает идею «сетевой эволюции», причем такое расширение, хотя и требует некоторых изменений основных постулатов, не разрушает СТЭ, а дополняет ее (см. комментарий к постулатам СТЭ 4 и 10, а также 1.3). Полноту этой концепции показывает возможность получения различных версий представлений о развитии, фило- и онтогенетическом, включая принципиально неэволюционные, при усечении СТЭ. Например, сведение разветвленного «ретикулярного» графа к единственной (ортогенетической) траектории (см. комментарий к 11 постулату СТЭ), редуцирует СТЭ к преформистской концепции. Основные черты взглядов «*tabula rasa*» соответствуют разобцению графа на несвязные группы вершин, обозначающих появление новых форм, возникающих либо «эмерджентно», либо за счет «инструктирующего» влияния «внешних факторов» (см. 1.5.1, «Инструктивизм»). Следует обратить внимание на то, что сведение как к преформистским представлениям, так и к концепциям *tabula rasa* ведет к утрате целостности эволюционного процесса, что выражается в разрушении связности, в разобцении эволюционного графа.

Различные версии «двухфакторных» представлений о развитии сводимы к вариантам сочетаний инструктивных влияний среды и ортогенетического развертывания форм-предшественников, т.е. к объединению вариантов приведенных усечений СТЭ.

Ни одна из проанализированных версий представлений о развитии (филоили онтогенетическом) не дает описания, которое принципиально дополняло бы СТЭ. Специально заметим, что эпигенетическая версия принципа развития, сложившаяся в начале XX в., а также концепция системогенеза открыли возможности приложения эволюционных закономерностей к изучению онтогенеза. Попытки применить для решения этой проблемы биогенетический закон, во всяком случае, в психологических исследованиях, а также в изучении нейрофизиологических и психофизиологических основ поведения, не привели к существенным результатам.

Сопоставляя результаты проведенного анализа современной версии концепции эпигенеза и системогенетической теории, отметим некоторые глубокие различия их возможностей реализации основных эволюционных положений при изучении развития, в том числе индивидуального.

1. Согласно СТЭ необходимое условие эволюционного процесса — фиксация этапов развития в формах, обладающих статусом существования (1 постулат СТЭ). Системогенетический подход строго соответствует этому постулату, поскольку системы фиксируют этапы развития и обладают онтологическим (даже вещественным) статусом, поскольку представлены наборами специализированных нейронов. Это важнейшее требование не сформулировано в явном виде в концепции эпигенеза. Эпигенетические представления допускают изучение развития свойств, напр., индивидуально-психологических, онтологический статус которых не может быть доказан (см. 3.3.3).
2. В эпигенетической модели рассматривается развитие *единичных форм*, фундаментальное положение эволюционной теории, согласно которому единица эволюции — популяция, эксплицитно не используется. Концепция системогенеза с самого ее зарождения рассматривает генез системы как процесс отбора определенной совокупности взаимодействующих элементов из множества, которое по свойствам представляет собой популяцию (ср. 3 постулат СТЭ). Исследования ранних стадий генеза систем прямо адресуются к популяциям клеток, проходящим стадии нейрогенеза (или неонейрогенеза). Представление о множественности одновременных системогенезов является одним из основных в этой концепции (см. комментарий к 10 постулату СТЭ).

3. Метафора эпигенетического ландшафта предполагает, что *ветвятся «долины»*, а не собственно траектории развития. В критических точках, при прохождении «эпигенетической развилки», объект не дифференцируется, а «продолжает движение» по одной из возможных траекторий. Другая ветвь остается неиспользованной возможностью (в случае дифференциации новые порожденные формы развиваются далее по альтернативным траекториям: см. 1.4). Последовательность метафоры эпигенетического ландшафта, на которой основано понимание дифференциации с эпигенетической точки зрения, отметил Р. Том: возможности ветвления долин ограничены, все они сливаются при выходе на равнину (Том, 2002, с. 156). В этой особенности эпигенетической теории развития проявляется ее начальная направленность на объяснение *морфогенеза*. Согласно теории системогенеза (и в соответствии с 4 постулатом СТЭ), в точке бифуркации система проходит дифференциацию, причем дочерние системы дивергируют, в последующем развитии они проходят новые дифференциации или могут быть элиминированы.
4. Теория системогенеза, развивающая представление о множественности параллельных системогенезов (см. п. 2), о порождении систем в процессе дифференциации (см. п. 3), с момента своего появления содержала возможность объяснения явлений гетерохронии. Для эпигенетических концепций, с их редуцированным описанием дифференциации и своеобразным пониманием дивергенции (см. п. 3), объяснение гетерохронии развития, например, явлений «вертикального декаляжа» в теории Ж. Пиаже (см.: Лоренцо, Мачадо, 2001) составляет предмет интенсивных дискуссий до настоящего времени.
5. Эпигенетическая модель развития, по определению сочетающая два движущих фактора — генетический материал и влияние среды¹, возможно, не содержит потенциала для преодоления «двухфакторности» (см. 1.5.1). Эволюционная концепция (в версии СТЭ) предлагает иное понимание «движущих сил» развития (см. 2 постулат СТЭ, а также комментарий к постулатам 10 и 11). Системогенетическая теория, разделяя идеи, зафиксированные в приведенных постулатах СТЭ, не связана с двухфакторными эпигенетическими представлениями о развитии.
6. Идея «сетевой», «ретикулярной» организации эволюционного процесса, существенно дополняющая СТЭ (см. 1.3), органически вклю-

чена как в эпигенетическую, так и в системогенетическую концепцию. В теории функциональных систем эта сторона системогенеза раскрывается через понятие *взаимоСОдействия систем* (Анохин, 1975а), конкретизированное в представлении о межсистемных взаимодействиях (Безденежных, 2004; Швырков, 1975). Заметим, что взаимодействие между системами доступно эмпирическому изучению, это понятие существенно более операционализировано, чем такие конструкты, как координация между креодами и обмен через «горизонтальные» связи между траекториями развития (см. 1.5.1). Парадоксально, но системогенетические представления более точно соответствуют важной для описания процесса порождения новой идеи «эпигенетической ситуации» (см. 1.5.1), чем концепция эпигенеза.

7. Два постулата СТЭ (5 и 11) подчеркивают постепенность и непрерывность эволюции (см. комментарии к этим постулатам). В концепции эпигенеза доминирует представление о стадильности развития. Хотя теория Ж. Пиаже не приписывает стадиям дискретности смены или однородности (см. Флейвелл, 1967, с. 573), и разъяснению соотношения непрерывности и стадильности развития посвящено множество специальных работ (см.: Лоренцо, Мачадо, 2001; Флейвелл, 1967), само понятие стадии неизбежно придает индивидуальному развитию характер ступенчатой функции. Метафора эпигенетического ландшафта, общая для всех эпигенетических концепций, включает также и метафорические «равнины», которые обозначают периоды стабильности в развитии. Одна из таких равнин, особенно обширная, соответствует «конечной форме равновесия», «структура... формальных операций не претерпевает изменений на протяжении дальнейших периодов жизни индивидуума» (Лоренцо, Мачадо, 2001, с. 521). Важно, что, разъясняя это положение теории, Лоренцо и Мачадо уточняют: «Слово 'финальная' применительно к формально-операциональной стадии Пиаже относится к структуре, а не к содержанию мышления». Именно финального состояния структур и не допускает концепция эволюции (постулат 11).

Системогенетическая концепция рассматривает процесс развития как непрерывный и не завершающийся на всем протяжении онтогенеза. Стабильность периодов обеспечивается именно интенсивным генезом новых систем, которые позволяют достигать феноменологически неизменных результатов, адаптивно важных устойчивых соотношений с окружением, новыми способами.

8. Принципиально важное различие концепций эпигенеза и системогенеза состоит в их отношении к принципу системности (см. гл. 2).

¹ Современная психогенетика опирается на понятия «средовых» и «генетических» факторов скорее как на обозначение групп переменных, чем как на фундаментальные концепты эпигенетической теории развития.

Для эпигенетических концепций представление о системах — внешнее, оно не имеет обязательного характера. Эпигенетическое описание развития скорее апеллирует к понятию целостности, которое может быть принято в холистской, элементаристской, редукционистской или в какой-либо системной версии. Судя по данным литературы, определенность эпигенетических теорий в отношении целостности процесса развития не достигнута.

Отношение концепции системогенеза к принципу системности определено ее формированием на основе теории функциональных систем (см. гл. 5), а неразрывная связь с системно-эволюционным подходом указывает на то, что она описывает не только **генез систем**, но **эволюционный генез систем**.

Эпигенез и системогенез представляют различные варианты эволюционных представлений о закономерностях онтогенетического развития. Эти варианты дифференцировались из общей предковой формы, на что указывает их общая начальная направленность на проблемы эмбриогенеза (см. 1.5.1, 1.5.3, а также гл. 5), но, развиваясь в различных концептуальных средах, по-видимому, расходятся во все большей степени. Проблемные области этих концепций пересекаются в силу их общего эволюционного происхождения (к числу общих проблем относится, например, гетерохрония развития), но «зоны их ближайшего развития» в психологии не совпадают. Так, представляется, что для концепции системогенеза такая зона включает вопросы взаимодействия множеств систем в процессе их одновременного генеза, их отношений. Эвристический потенциал концепции эпигенеза в психологии можно связать с преодолением «двухфакторной модели».

Приведенные различия концепций эпигенеза и системогенеза не только указывают на ограниченное соответствие эпигенеза эволюционным представлениям, но и делают явными весьма жесткие условия применения аппарата системогенетической теории к изучению процессов развития. Так, не все парадигмы допускают такое представление о системах, в рамках которого только и возможно применение понятия системогенеза (см. гл. 2).

ГЛАВА 2

ПРИНЦИП СИСТЕМНОСТИ

Принцип системности — важнейший компонент общенаучной методологии. Представление о целостности психических явлений включено в общепсихологическую аксиоматику и принято в большинстве современных концепций в версии принципа системности. «Обращение к принципу системности отвечает как текущему состоянию психологии, так и тенденциям ее развития» (Барабанщиков, 2005, с. 4).

Перечень работ, посвященных анализу системных представлений, весьма обширен (см., например, источники, с нашей точки зрения, демонстрирующие формирование и роль системных представлений в биологии, психологии и психофизиологии: Анохин, 1975; Барабанщиков, 2000, 2005; Ломов, 1984; Садовский, 1974; Кремьянский, 1977; Рапопорт, 1994). Мы сфокусируем обзор представлений о системах лишь на некоторых вопросах, которые касаются возможностей применения понятия «система» в системно-эволюционном подходе: рассмотрим основания выделения систем, придания системам онтологического статуса, а также соотношение концепций системности и эволюции.

2.1. ПРИНЦИП ЦЕЛОСТНОСТИ И ПРИНЦИП СИСТЕМНОСТИ

Принцип системности можно рассматривать как современную формулировку более общего принципа целостности. Принцип целостности сложился для объяснения таких свойств объектов, как (1) их инвариантность при вариации частных характеристик в достаточно широких пределах; (2) приобретение

качественно новых свойств в процессе взаимодействия; (3) несоизмеримость частей объекта и целого; (4) несуммируемость свойств частей в свойства целого и т.п. (Блауберг, 1970). В истории науки были сформулированы различные версии отношения к таким свойствам: от обоснования отрицания самого свойства целостности (элементаризм, редукционизм и др., см.: Петровский, Ярошевский, 1996) до признания целостности первичным началом, мистифицирующим суть явления (холизм).

Элементаризм («атомизм») — механистическая версия принципа целостности, предполагающая «составленность» целого из элементов и возможность разложения целого в набор (несвязное множество) исходных элементов. Эта версия принципа целостности доминировала на протяжении длительного времени, напр., в ассоцианистской, в бихевиористской психологии. «История психологической науки во многом выступает как история поиска альтернатив атомистической, по существу асистемной, точке зрения на природу психики и поведения» (Барабанщиков, 2002, с. 41). Попытки преодолеть атомизм, перейти к «молекулярным» представлениям, предпринятые «когнитивным бихевиористом» Э. Толманом, были основаны на введении «промежуточных переменных», которые, как предполагалось, опосредуют реакции на стимулы, а объединения стимулов и реакций через промежуточные переменные могут быть рассмотрены как молярные единицы (Ярошевский, 1971, с. 153). Анализ, проведенный А.Н. Леонтьевым, показал, что никакие промежуточные переменные не позволяют преодолеть «постулат непосредственности» (Леонтьев, 1975, с. 76), который вводит жесткую детерминирующую связь стимула с реакцией и, следовательно, не преобразует «атомистическое», элементаристское строение предмета изучения в «молярное».

Холистское понимание целостности составило основу «твердого ядра» исследовательской программы гештальтизма, а в общебиологическом контексте было выражено, напр., в законе Г. Дриша (1867—1941), согласно которому «судьба части есть функция ее положения в целом» (Дриш Г. Витализм, его история и система. М.: 1915; цит. по: Белоусов, 1982, с. 104).

Заметим, что как восходящий к холизму «гештальт-вариант» понимания целостности, так и необихевиористский подход Толмана, направленный на преодоление атомизма, не вышли далеко за пределы утверждения о несводимости целого к сумме своих частей (см., напр., Вертгеймер, 1987; Ярошевский, 1971).

2.2. КОНКРЕТНО-СИНКРЕТИЧЕСКАЯ И АБСТРАКТНО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ ВЕРСИИ ПРИНЦИПА СИСТЕМНОСТИ

Радикальное изменение представлений о целостности связано с формированием концепции, а точнее, множества концепций **системности**. Я.А. Пономарев выделил в системных исследованиях две ветви. Первая из них — **конкретно-синкретическая**, она характеризуется тем, что *любые объекты* могут рассматриваться как *системные*, их системные свойства могут быть охарактеризованы даже без выделения систем как таковых. Эта ветвь «непосредственно нацелена на решение практических задач, ...отталкивается от описания элементов конкретных систем, объединяет описания этих элементов искусственными связями» (Пономарев, 2006).

Характерный пример первой ветви представлен в высказываниях участников дискуссии 1968 г. о системном подходе в биологии: «Мы можем говорить о любом принципе, выделяемом в комплексе и превращающем его в систему, если такое выделение преследует какую-то практическую цель» (Малиновский, 1970, с. 23). В качестве примеров систем они рассматривали организм, кровеносную систему (там же, с. 111, 100), произвольно выбранные объекты: «Если мы можем подойти к спичечной коробке вот с такой системной точки зрения, то прагматически это система» (высказывание В.Н. Садовского в этой же дискуссии, с. 100). «Мы пытаемся исследовать не просто некий объект, а стремимся исследовать его как систему» (Э.Г. Юдин, с. 101).

Вторая ветвь, выделенная Я.А. Пономаревым — **абстрактно-аналитическая**. При изучении систем она «опирается на принцип взаимодействия, ... выявляет генезис событий». Важное отличие этой ветви системных представлений от конкретно-синкретических состоит в том, что системы рассматриваются как особый класс объектов. Для разграничения систем и иных типов объектов должен быть определен точный критерий. Такой критерий введен в теории функциональных систем, разработанной 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, 1975а, с. 35). Принципиально важное положение этой системной концепции — то, что «системой можно назвать **только такой комплекс**» (выделено мной — И.А.). В качестве контрастной точки зрения Анохин приводит комбинаторное, теоретико-множественное понимание системы как множества взаимодействующих компонентов, характерное для конкретно-синкретического варианта понимания системности, согласно

которому в качестве системы может быть рассмотрен **любой объект**. Это примеры из работ кибернетиков У.Р. Эшби и Т.Х. Буллока, в которых анализируются системы, представляющие собой матрицу из электрических лампочек 20×20 и «систему нейронов», которые, как предполагается, вступая во взаимодействия, реализуют некоторые из степеней свободы и поэтому приобретают «упорядоченный характер». Анохин указывает на то, что в этих примерах не определен ни критерий, ни фактор упорядочивания набора компонентов. «До тех пор, пока системологи не определяют точно фактор, который радикально ограничивает степени свободы участвующих в данном множестве компонентов, все разговоры о системе и ее преимуществах перед несистемным подходом будут столь же неплодотворны, как и до сих пор была неплодотворной в конкретной исследовательской работе и сама общая теория систем» (Анохин, 1975а, с. 32). Понимание результата как системообразующего фактора составило основу различных вариантов реализации ТФС; его можно рассматривать как одно из центральных положений «твердого ядра» различных парадигм, составляющих единую исследовательскую программу (см. гл. 5).

2.3. ПРИНЦИП СИСТЕМНОСТИ И КОНЦЕПЦИЯ ЭВОЛЮЦИИ

В приведенной дискуссии 1968 г. о системном подходе позицию, противостоящую конкретно-синкретическому пониманию системы, занял Н.В. Тимофеев-Ресовский. Он жестко связал представление о системах с эволюцией: «Не может быть контрверзы между эволюционной теорией и теорией систем... Противопоставление системной и эволюционной точек зрения с общеметодологической точки зрения является некорректным»; «...в любое определение, которое мы пытались сформулировать для понятия системы, обязательно должно входить время, история, преемственность; иначе все теряет смысл, и понятие системы без остатка идентифицируется с понятием структуры» (Малиновский, 1970, с. 65, 66).

Результат как критерий выделения системы, ее идентификации, как системообразующий фактор, в явном виде не только вводит в организацию системы «параметр времени» (поскольку указывает на **процессы** организации системы и достижения результата), но и связывает представление о системах с эволюционным процессом. «Само появление устойчивых систем с чертами саморегуляции стало возможным только потому, что возник первый результат этой саморегуляции *в виде самой устойчивости, способ-*

ной к сопротивлению внешним воздействиям. Следовательно, регуляторная роль результата системы была первым движущим фактором развития систем, который сопровождал все эти этапы предбиологического, биологического и социального развития материи» (Анохин 1975в, с. 339). Представления о системах и их формировании складывались в рамках ТФС согласованно и были сформулированы в фундаментальной концепции системогенеза (Анохин, 1975б), которая, как показывает анализ, находится в точном соответствии с современными эволюционными положениями (см.: «Системогенез»).

Поскольку сам процесс эволюции может совершаться только при условии фиксации продуктов этапов эволюционного развития, а эволюционная теория вводит онтологические критерии (см. 1.6, 3.3.3, а также: Швырков, 1988), эволюционирующие системы обладают онтологическим статусом. Формальный и эволюционный по сути критерий выделения систем как целостных компонентов объектов открывает возможность использования систем как единиц анализа и преодолеть произвольность аспектных описаний предмета изучения (см. 3.2.5, 3.3.1, а также: Пономарев, 1983, с. 43; Швырков, 1988, с. 134; 1995, с. 31).

2.4. ПРИНЦИП СИСТЕМНОСТИ И ПРИНЦИП ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ/РАЗВИТИЯ

Системы фиксируют адаптивные взаимодействия индивида с окружающей средой в форме, допускающей воспроизведение этих взаимодействий. Система по отношению к взаимодействию, которое она фиксирует, является его **информационным эквивалентом, моделью**. Так, согласно формулировке П.К. Анохина, «акцептор результатов действия», узловой компонент архитектуры функциональной системы, соотносится с моделью будущего результата (Анохин, 1975а, с. 53–54). Я.А. Пономарев, анализируя организацию процесса взаимодействия, обозначает этот класс отношений «отношениями оригинал — модель» (Пономарев, 1983), причем в рассматриваемом нами случае в качестве оригинала выступает акт взаимодействия индивида с окружением, а модели — система, фиксирующая это взаимодействие. Отношение системы и группы нейронов, специализированных относительно зафиксированного взаимодействия, может быть рассмотрено в классификации Пономарева как «отношение модель — моделирующая система». Таким образом, рассмотрение системы как модели подчеркивает аспект гомоморфности строения системы и акта взаимодействия, а рассмотрение системы как группы

специализированных нейронов — ее онтологический статус. Пономарев замечает: «Модель понимается нами как ...материальный предмет, в преобразованиях структуры которого зафиксированы элементы структуры моделируемой системы» (Пономарев, 1983, с. 86). Таким образом, в данном контексте моделям (и соотнесенным с ними системам) придается онтологический статус, в отличие от «гносеологических» моделей — познавательных средств, которые создаются с целью получения, фиксации, формализации знаний, например, концептуальных построений, конструктов, математических конструкций и т.п.

Инвариантными свойствами, позволяющими идентифицировать конкретную систему, являются характеристики условий и процесса взаимодействия индивида с окружением, которые фиксируются в конкретной системе как параметры результата, условий и способов его достижения (Александров, Греченко, Гаврилов и др., 1997; Швырков, 1995). Если использовать «свертку» всех этих параметров, то для идентификации множеств систем, сформированных в истории индивидуальных отношений с миром можно использовать репертуар целостных взаимодействий — в силу принципа гомоморфности строения системы и воспроизводимого ею взаимодействия (см.: Александров, Максимова, Горкин и др., 1999). Заметим, что перечисленные параметры взаимодействия характеризуют системы не только «формально-динамически», но и описывают их **содержательно**. Цель, вариации возможных результатов, условия, допускающие достижение данной цели, способы ее достижения — семантические характеристики системы, модели взаимодействия. Инвариантом системы является также ее структура — относительно устойчивое единство компонентов системы и их взаимоотношений, но использовать этот критерий возможно только в том случае, если для этих компонентов установлено соотношение с фундаментальными идентификаторами системы класса результата, на достижение которого направлена актуализация системы. Для характеристики системы необходим учет основных событий в процессе ее генеза (системогенеза), т.е. преобразований ее предковых форм на разных стадиях становления.

Введение структурных характеристик в число идентификаторов системы не означает превращения *системного* подхода в *системно-структурный*, который не проводит различия между *структурой*, *морфологией*, *органами* и *системами*. Структурные компоненты систем представляют собой фиксированные (или даже морфологизированные) этапы их взаимодействия с окружением, начиная с этапа, соответствующего формированию «единичного» взаимодействия (Пономарев, 1983; Швырков, 1995).

2.5. ПРИНЦИП СИСТЕМНОСТИ И ПРИНЦИП АКТИВНОСТИ

Понимание систем как фиксированных моделей взаимодействия открывает возможность решения одной из наиболее фундаментальных проблем психологии — проблемы активности. Приписывание источника активности индивида влиянию среды составило сердцевину твердого ядра картезианской исследовательской программы (или «реактивной» парадигмы в исследованиях поведения и деятельности, см.: Александров, 2001). Отношение к активности выражено Р. Декартом в афоризме: «*Animal non agit, agitur*» (животное не действует, оно <понуждается> действовать). Рефлекторное или бихевиористское понимание поведения не нуждалось в самом понятии активности, и попытки ввести представление об активном организме отвергались (см., например, драматическую историю развития «физиологии активности» Н.А. Бернштейна). Иной вариант объяснения феноменов активности состоял во введении в концепцию персонифицированных источников активности («гомункулюсов») (см. 1.5.1: «Преформизм»). Так, в теории распознавания образов, разработанной О. Селфриджем, получившей название «Пандемониум», для придания процессу распознавания активного характера введена команда «демонов», разделенная на отряды в соответствии со специализациями «узнавание», «выделение признаков», «опознание изображений», «принятие решения» и др. (Линдсей, Норман, 1974). Понятие «демонов» использовалось и раньше, но лишь как существ, позволяющих исследователю провести мысленный эксперимент, например, «демоны Максвелла» сортировали молекулы по их энергии, «демону Лапласа» была дана способность знать координаты и импульсы всех частиц во Вселенной (Пригожин, Стенгерс, 1986). Эти демоны были исключительно познавательными конструктами. В отличие от них демоны Селфриджа не иллюстрируют какие-либо возможности концепции, они не объясняют активность индивида, а лишь мистифицируют ее. Заметим, что необходимость введения гомункулюса для объяснения феноменов активности проявляет приверженность преформистскому пониманию принципа развития (см. 1.5.1: «Преформизм»).

Радикальный вариант решения проблемы активности, предложенный в работах П.К. Анохина и Я.А. Пономарева, порывает с картезианской исследовательской программой, так как основан на свойстве систем фиксировать модели взаимодействий в форме, которая допускает воспроизведение взаимодействия (Анохин, 1963, 1975а, б, в, 1978; Пономарев, 1983). Согласно решению, разработанному в теории функциональных систем, источником активности являются не внешние воздействия. Фиксированный в акцепторе результатов действия «информационный эквивалент» результата акта поведения, который должен

быть достигнут, или **цель** поведенческого акта, лежит в основе целенаправленного, активного поведения (Анохин, 1975а). Важно, что если бы решение ограничивалось смещением источника активности извне вовнутрь организма, то таким источником могли бы служить специальные «энергетические структуры», например, структуры ретикулярной формации, своего рода «деперсонализованные гомункулюсы». Такое представление — не решение проблемы, а ее перенос с «внешних» стимулов на «внутренние». Системное решение не требует введения «стимулирующих» и реагирующих структур, внешних или внутренних. Суть такого принципиально нового, системного варианта решения проблемы активности точно сформулирована Я.А. Пономаревым. Она состоит в том, что «различные формы взаимодействия проявляются как различные формы активности; в определенном смысле активность может быть понята как эффект аккумулированных взаимодействий» (Пономарев, 1983, с. 125). Системы и представляют собой зафиксированные («аккумулированные») модели взаимодействий, которые могут актуализоваться, что проявляется в активной и целенаправленной деятельности индивида (см. 3.2.4).

Важно отметить, что общеметодологическое решение проблемы активности, предложенное П.К. Анохиным и Я.А. Пономаревым, основанное на свойствах систем фиксировать модели взаимодействий и реализовывать эти модели, аргументируют возможность отвержения инструктивных концепций развития, формирования новообразований, научения (см. 1.5.1).

2.6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В соответствии с пониманием систем как структур, фиксирующих этапы развития индивида (Пономарев, 1983) (что также обосновывает эволюционное содержание принципа системности), история взаимодействий индивида с миром фиксируется в совокупности генетически связанных систем. Поскольку системогенез подчиняется закономерностям эволюционного развития и протекает как «последовательность системогенезов» (Александров, 2003) и, как можно предположить, реализуется несколько одновременных системогенезов (см.: 1.5.3), системы характеризуются возрастом и отношениями генеза (Александров, 2001, 2004а; Швырков, 1995). Системы-предшественники (более «старые»), из которых дифференцировались «дочерние» (более «молодые»), соотносятся так же, как и этапы развития — более общие и более дифференцированные, но не как «суперсистемы» и «субсистемы» в точном понимании принципа иерархической организации (см. 3.2.1). Системы, дифференцировавшиеся из общего предка — «прасистемы», представляют

собой компоненты этой прасистемы и фиксируют этапы ее развития (см.: Александров, 2001, 2004а; Александров, Греченко, Гаврилов и др., 1997; Швырков, 1988, 1995). Таким образом, системы могут быть охарактеризованы содержательно — по содержанию этапа 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).

Заметим, что приведенные варианты описания систем — в терминах целей/результатов, фиксированных этапов развития, моделей взаимодействий — эквивалентны. Эти описания характеризуют различные стороны формирования, организации, актуализации и модификации систем, но эти характеристики неотделимы друг от друга. Так, формирование системы и ее актуализация — две стороны одного и того же процесса (см. 1.5.3, 1.6 и 3.2.4), причем система может быть актуализирована именно потому, что она фиксирована в субстрате и представляет собой модель взаимодействия (см. гл. 5, а также 1.6 и 3.2.4).

ГЛАВА 3

ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ СТРУКТУРЫ

3.1. КАТЕГОРИЯ «СТРУКТУРА» В ПСИХОЛОГИИ

Структура — один из важнейших конструктов ряда психологических парадигм, который имеет не только надпарадигмальное, но и междисциплинарное значение. Эксплицитная формулировка понятия «структура» и его значение для исследований были определены преимущественно в рамках структурализма, который представлял собой скорее наддисциплинарную методологию, чем философское учение. Структурализм начал формироваться с конца XIX в. К 20-м годам XX в. положения структурализма сформировались в различных дисциплинах: лингвистике, литературоведении, этнографии, истории, эстетике, социологии, психологии. Важные этапы развития структурализма связывают с именами Ф. де Соссюра (лингвистика), К. Леви-Стросса (антропология), Ж. Пиаже. Существенный вклад в структуралистскую идеологию сделан гештальтпсихологами различных направлений (Gardner, 1985).

Структурализм в широком смысле — подход к анализу организации систем в терминах элементов и отношений между ними (Reber, 1995). Принципиальная общая черта различных направлений и реализаций структурализма в конкретных дисциплинах — представление о различии наблюдаемого и скрытого от наблюдения. В лингвистике это выражено в различении речи и языка (введено Ф. де Соссюром), в психологии и психолингвистике — в различении поведения и модели, «поверхностных» и «глубинных» структур (Зубрицкая, 1997, с. 169-170; Хомский, 1972). Важнейшие результаты исследований структур — описания их строения в терминах элементов (компо-

нентов) и отношений между ними; представление об их уровневой организации, иерархии уровней; об отношениях морфизма между скрытыми структурами и внешним выражением этих структур (поведением) (Сегал, Сеносков, 1970).

Хотя *структурная* психология Э.Б. Титченера не связана непосредственно со структурализмом (который в это время еще только складывался), некоторые его черты вполне точно предугадываются в его концепции: представление о существовании *структуры* сознания, *элементов* сознания, направленность на установление *строения* сознания. Как вполне структуралистскую психологическую теорию можно рассматривать психоанализ З. Фрейда. Достижения различных гештальтпсихологических парадигм, генетической психологии Ж. Пиаже, психолингвистической концепции Н. Хомского, во многом можно связать с применением и развитием структуралистской методологии.

Наиболее яркий оппонент структуралистских представлений в психологии — концепция бихевиоризма во всех ее выражениях, хотя следует заметить, что обращение Э. Толмана к внутренним структурам (когнитивным картам) (Толман, 1980; Tolman, 1948), породило принципиально новое направление эволюции психологии, по сути структуралистское, но устойчиво сохраняющее важные черты бихевиоризма, несмотря на принципиальное противостояние ему (Ребеко, 1998а, с. 26).

Суть противостояния когнитивизма и бихевиоризма точно выражена в работе Скиннера, для которой он использовал форму знаменитой статьи Эмиля Золя (протеста против сфабрикованного дела Дрейфуса, «J'accuse» — «Я обвиняю») (Skinner, 1985). Приведем некоторые из его обвинений, выделив в тексте наиболее важные моменты:

«Я обвиняю когнитивистов в некорректном использовании метафоры хранилища (см. контейнерные теории памяти). Мозг не энциклопедия, библиотека или музей. Люди изменяются при посредстве опыта, **они не сохраняют копий опыта в форме репрезентаций или правил.**

Я обвиняю когнитивистов в спекулятивных рассуждениях о внутренних процессах, которые они позволяют себе, несмотря на то, что **не имеют приемлемых способов их наблюдения. Когнитивная наука зачастую всего лишь незрелая неврология.**

Я обвиняю когнитивистов, так же, как мог бы обвинить и психоаналитиков в призыве к изучению <глубинных структур> поведения человека, в **изобретательстве систем объяснения этих глубин, которые правильно было бы считать недоступными.**

В этих обвинениях представлены основные черты психологических теорий, в основе которых лежит методология структурализма, причем представлены

обостренно, поскольку они принципиально несовместимы с радикально бихевиористской парадигмой Б.Ф. Скиннера: (1) сохранение копий опыта в форме репрезентаций или правил (а не параметров стимулов, не характеристик двигательной активности, паттернов движений или активности мышц), с бихевиористской точки зрения сохранять могут только сопряжения стимулов и реакций в виде облегчения нервных связей, «проторенных путей», морфологических изменений в нервной ткани; (2) качественная специфика внутренних процессов и структур, их несводимость к нейрональным процессам, в то время как для Скиннера редукционизм — единственно приемлемая позиция; (3) признание актуальным предметом изучения именно внутренние (глубинные) структуры, которые, учитывая (1), сохраняют копии опыта, структуры, которые для бихевиориста либо не существуют, либо недоступны для исследования. Специально следует заметить, что с точки зрения Скиннера позиции когнитивистов и психоаналитиков представляются близкими (и одинаково неприемлемыми).

3.2. ФОРМАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ И ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СТРУКТУРЫ

Наиболее общее, формальное определение структуры: «произвольное множество с определенными на нем отношениями» (Бурбаки, 1965). Можно заметить, что это абстрактное, «наддисциплинарное», в точном смысле слова математическое определение. С этим определением хорошо согласуются исследования структур, которые проводились в рамках различных версий теории систем. Формальной основой этих разработок, как и в приведенном определении Н. Бурбаки, послужила теория множеств, основные понятия, характеризующие структуры — элементы и их отношения. Например, структура — «относительно устойчивое единство элементов, их отношений ...» (Овчинников, 1970, с. 140). В некоторых определениях акцент переносится на отношения: «Структура — упорядоченная совокупность связей между элементами системы» (выделено М.И. Сетровым) (Сетров, 1975, с. 153). Но при дополнительных разъяснениях, которые, например, даны в протоколе дискуссии по докладу А.А. Малиновского «Теория структур и ее место в системном подходе», становится ясно, что отношениям по сравнению с элементами придается особое положение: «Под структурой я разумею способ связи элементов; структура — это не сам по себе набор элементов, а скорее их связь между собой» (Малиновский, 1970, с. 28).

3.2.1. АНАЛИЗ ПРИНЦИПА ИЕРАРХИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ СТРУКТУР

При описании организации структур один из наиболее рано сформулированных принципов — принцип иерархического строения. Наиболее фундаментальная, неотъемлемая характеристика иерархической организации — вертикальная соподчиненность элементов (подсистем); главенство этого свойства иерархий общепризнано (Кремянский, 1977; Садовский, 1974; Сетров, 1975). Воздействие высших уровней иерархии имеют для нижележащих уровней «обязывающий характер и в нем находят свое выражение приоритет действий и целей более высоких уровней». На основе типов отношений между компонентами (отношения разделения, субординации, агрегации) В. Чухра выделяет несколько типов иерархий: аддитивно-агрегационный, мультипликативно-агрегационный, аддитивно-мультипликативно-агрегационный, мультипликативно-аддитивно-агрегационный (Czuchra, 1990). Перечисленные типы представляют собой различные версии отклонения от бинарной иерархии, но в основе всех этих типов иерархической организации лежит вертикальная соподчиненность элементов.

Построению теории иерархических структур специально посвящено несколько фундаментальных работ М. Месаровича, одного из наиболее ярких представителей общенаучного системного подхода (Месарович, 1973). Месарович выделил три вида иерархий (там же, с. 53–75].

1. По уровням описания, абстрагирования; например, в ЭВМ он выделил два таких уровня (страты): уровень математических операций (на современном компьютерном жаргоне «софт») и уровень физических операций («хард», «железо»). Он замечает: «Аспекты описания функционирования системы на различных стратах в общем случае не связаны между собой, поэтому принципы и законы, используемые для характеристики системы на любой страте, в общем случае не могут быть выведены из принципов, используемых на других стратах» (там же с. 60). Заметим, что его замечание квалифицирует этот вид иерархии как **аспектный**, характеризующий и систему, и ее иерархические уровни (страты) в **гносеологическом аспекте** (см. ниже: 3.3.3).
2. По уровням сложности принимаемого решения он выделяет уровни структуры: «слои». Это иерархия слоев принятия решений. Рассматривая этот тип иерархии, Месарович использует понятие не элемента, а «субсистемы». К этому типу иерархий он относит эвристические программы, разработанные Ньюэллом, Шоу и Саймоном.

Он приписывает подсистемам способность принимать решения. В этот же тип иерархий включены «функциональные иерархии». В них выделяются три слоя: слой выбора действий; слой обучения, или адаптации; слой самоорганизации. Как и страты, эти слои характеризуют аспекты свойств целостной системы, такие как «выбор», «обучение», «адаптация», «самоорганизация». Отдельные слои «персонифицируют» абстракции. Возможно, что такое описание эффективно для построения технологических систем, но не для изучения реальных систем. Трудно (если не невозможно) представить себе адаптирующуюся, но не самоорганизующуюся, или выбирающую действие, но не обучающуюся живую систему.

3. По организационным принципам; иерархию образует семейство взаимодействующих подсистем, некоторые из которых (') являются принимающими решения и (") принимающие решения подсистемы располагаются иерархически, т.е. управляются другими подсистемами и/или управляют другими подсистемами. Уровни такой иерархии названы «эшелонами», поскольку цели элементов (подсистем) могут находиться в противоречии (конфликте). В качестве примера Месарович приводит «формальные организации людей» (с. 68). Для описания преимущественно этого вида иерархических систем и построена теория Месаровича.

Иерархический принцип дополняется принципами координации. Координирующие сигналы осуществляют функции прогнозирования, согласования и оценки взаимодействий элементов (подсистем) (Месарович, 1973, с. 124–127). Понятие взаимодействия в концепции Месаровича не определено, но важное его свойство можно вычлени из определения согласованности: «...решающие элементы двухуровневой системы находятся в состоянии некоторого рода согласованности, если все они могут одновременно достичь каждый своей цели, **несмотря на взаимодействия** между ними» (там же, с. 152) (выделено мной — И.А.). Ключевое положение в этом определении — **«несмотря на взаимодействия»**. Концепция Месаровича (и других представителей общей теории систем) не предоставляет оснований связать воедино важные свойства систем: адаптивность, самоорганизацию, целенаправленность, возможность порождения целей в рамках системы, способность к принятию решений, согласованность. Причины этого подробно проанализированы П.К. Анохиным (Анохин, 1975). Согласно теории функциональных систем, в основе перечисленных свойств лежит не просто взаимодействие элементов, но взаимодействие.

Отношения, лежащие в основе иерархии, по определению обладают свойством однонаправленности. Именно это свойство позволяет реализовать ос-

новной принцип организации иерархических организаций — строгую вертикальную подчиненность нижних уровней высшим. Взаимодействие элементов — отношение, не обладающее однонаправленностью. Структуры, в которых компоненты находятся в отношении взаимодействия, не могут быть в строгом смысле слова иерархическими. Логический анализ иерархических организаций «в мире материальных вещей», проведенный И.В. Крутем, привел его к выводу, что они являются «полииерархическими», поскольку во многих случаях «вещи-системы» взаимопересекаются и проникают друг в друга, «находятся в отношениях 'внеположенности', принадлежат к различным уровням организации, между объектами которых, как правило, нет отношений координации и субординации...» (Круть, 1978, с. 33). Круть вынужден дополнить концепцию иерархии новым понятием «контриерархии», поскольку одновременно реализуются «встречные» отношения координации, субординации (соподчинения), направленные из микромира (иерархия) и из мегамира (контриерархия).

Эмпирические и логические исследования привели к дополнению этого семейства понятий термином «гетерархия» (от греч. *heteros* — другой, отличающийся, власть компонента «со стороны»), которое фиксирует возможность внедрения суперординатного компонента на любой уровень иерархии, так, что этот «гетерарх» управляет состоянием компонентов системы независимо от их иерархического положения в исходном, рафинированном значении этого термина. Как замечает С. Сальте, «любая реальная иерархическая структура может быть более гетерархической, чем ее теоретическое описание» (Salthe, 1993, p. 315). Показано, что структуры, организованные по принципу гетерархии, более эффективны в достижении целей (Bhargava, Sinha, 1992), предоставляют более широкие возможности в описании параллельных когнитивных процессов (De-Meu, 1976; Young, 1997). Ряд понятий, предназначенный для дополнения представления об иерархической организации до соответствия действительности, пополнился также термином «адхократия» (от лат. *ad hoc* — для данного случая). В адхократической организации в определенных ситуациях любой компонент может становиться суперординатом для некоторых других компонентов и реализовывать управляющие функции по отношению к ним (Мэлоун, Рокарт, 1991, Rousseau, Wade-Benzoni, 1995). Следует обратить внимание, что все перечисленные формы организации не исчерпывают отношений, характерных для реальных структур. Так, Г.С. Осипов дал формальные определения 10 видов отношений (Осипов, 1997). Исходя из возможных сочетаний независимых алгебраических свойств отношений, полный каталог бинарных отношений составляет 36, как это показано сотрудниками Г.С. Осипова. Какие из этих потенциально возможных отношений действительно реализуются в психологических структурах — вопрос для исследования.

Специально заметим сложность введения в иерархические структуры отношения порождения. Эта сложность накладывает ограничение на применение принципов иерархической организации к особенно важным для нас развивающимся, формирующимся, эволюционирующим объектам. Приведенные представления об иерархии (полииерархия, контриерархия, гетерархия, адхократия), построены *ad hoc*, для некоторых специальных случаев. Взятые вместе, эти дополнения придают понятию иерархии эклектичность, при введении необходимых расширений исходное понятие утрачивает определенность и четкость, структура, обладающая всеми этими свойствами, перестает быть в точном смысле слова иерархической. Иерархичность такой структуры — лишь аспект ее организации.

Важный, а в рамках теории функциональных систем решающий момент в развитии концепции иерархической организации, по нашему мнению, можно связать с исследованием иерархической организации функциональной системы элементарного поведенческого акта (Александров, Гринченко, 1979; Александров, Гринченко, Хвастунов, 1980). О содержании этой работы см. подробнее 5.2 и 5.3, здесь отметим только основное следствие ее результатов для представлений об иерархии (Александров, 1989; Швырков, 1995). Иерархические представления исходят из неявного, но неизбежного положения о том, что структура «составлена» из заранее заготовленных элементов, что любой элемент может быть использован в одной иерархии или (без изменений) в другой, что ее элементы — «кирпичики», а структура в целом представляет собой их сумму, что строго противоречит принципу системности (см. 5.2). Организационные уровни иерархии — слои, страты и эшелоны (в терминах М. Месаровича) (1973), — соотносятся как независимые последовательные наслаения, что также не согласуется с принципами системности и развития. Согласно этим принципам, во-первых, новые составляющие системы не могут «включаться» извне, из готового набора преформированных компонентов, а, во-вторых, при формировании новых составляющих происходит реорганизация системы (Пономарев, 1983). Включение независимых слоев, страт, элементов, соответствует элементаристской версии принципа целостности (см. гл. 2).

Важные оценки иерархических описаний, говорящие об ограничениях их применимости приводит В.Ф. Петренко: «Наивно думать, что понятие “хордовые” более абстрактно для субъекта, чем понятие “позвоночные”. Логическая и психологическая иерархизация могут не совпадать» (Петренко, 1997, с. 54). Петренко подкрепляет это утверждение данными литературы. Действительно, логические классификации — искусственные построения, в приведенном примере — таксономическая иерархия видов, семейств, классов, родов, типов. Удобство ее использования как структуры-определителя связано с тем, что она представлена иерархическим деревом с бинарным ветвлением, соеди-

няющим абстрактные, искусственные понятия видов. Заметим, что в современной синтетической теории эволюции признается ограниченность возможности описания эволюционного древа графом бинарного дерева в точном смысле этого слова (Евстигнеев, Касьянов, 1999, с. 21). Более правдоподобна концепция «ретикулярной эволюции», предложенная Ф. Добржанским (Воронцов, 1999, с. 487). Ветви эволюционного древа, согласно этому представлению, представлены переплетающимися, многократно сливающимися и разветвляющимися траекториями, отображающими историю видов (см. 1.3). Т.е. строго иерархичны деревья, специально построенные для биологических определителей, но не структура реального (живого!) эволюционного процесса. Важно также, что классификационные деревья (иерархические организационные), и генеалогические деревья, дуги которых обозначают отношения порождения, не указывают на отношения субординации, причем собственно эволюционные деревья отличаются по структуре от генеалогических (см. Тулмин, 1998, с. 181-185, гл. 3 и рисунок к ней). Иерархическое представление непригодно и для характеристики отношений между компонентами психологической структуры, индивидуальной репрезентации «мира живого» в понятиях, фиксировавших индивидуальную историю их формирования.

Таким образом, важнейшие аргументы, указывающие на недостатки иерархического принципа организации структур, связаны с тем, что иерархическая организация в строгом смысле этого термина «составляется» из заранее сформированных элементов, **преформированных** для выполнения определенных функций (см. 1.5.1: «Преформизм»). Как замечает В.Ф. Петренко, «...элементы системы не являются чем-то более генетически ранним или первичным... они возникают и развиваются вместе с возникновением системы и функционируют только внутри нее» (Петренко, 1997, с. 96). Из многих типов отношений, связывающих компоненты структур, для иерархии в строгом смысле этого понятия характерны только некоторые типы отношений, реализующие субординацию между элементами разных уровней. Такой иерархический подход эффективен при построении технических систем, компоненты которых — детали, узлы и т.п., технических информационных систем (как в примере, проанализированном выше — биологических определителей), но не для исследования развивающихся организаций, любые составляющие которых формируются в рамках структуры. Показано, что сетевые структуры, сформированные эволюционно (например, колонии муравьев), обладают принципиально более высоким разнообразием организационных возможностей, чем созданные технологически (например, электронные сети: Changizi, McDannald, Widders, 2002). В этом аспекте иерархические представления находятся в решительном противоречии с эволюционными принципами и принципом взаимодействия/развития (см. 1.1. и 1.2).

3.2.2. КОМПОНЕНТЫ СТРУКТУРЫ

Историзм как основу анализа психологических структур можно обнаружить уже в работах Л.С. Выготского: «Индивид в своем развитии обнаруживает в застывшем виде различные законченные уже фазы развития» (Выготский, 1960, с. 90). Соответствие структурных уровней организации психологических структур стадиям их формирования составляет одно из основных положений теории Ж. Пиаже (1969, 2001).

Пониманию связи, неразрывности фиксации этапов в структуре и динамики структуры в ее развитии, основанной на фиксации, препятствует взгляд на структуру как на застывшее, неизменное образование. Даже в приведенном суждении Выготского обращает на себя внимание, то что «фазы развития даны в застывшем виде». Пиаже считает необходимым специально уточнить, что «Вся структура является результатом процедурных конструкций, точно так же, как вся процедура использует те или иные аспекты структуры» (Inhelder, Piaget, 1979) (Inhelder, Piaget, *Procedures et structures*. Archives de psychologie, XLVII, 181, 165-176, 1979. Цит. по: Ришар, 1998, с. 149). Пиаже исходил из положения о принципиальной невозможности изучения интеллектуальных структур вне изучения их генезиса. Свой подход он противопоставлял как теориям «генезиса без структуры», так и теориям «структуры без генезиса» (Ярошевский, Анцыферова, 1974).

Историческое, эволюционное понимание структуры позволяет преодолеть противопоставление структуры и процесса на том основании, что структуры — нединамичные, застывшие образования, неизменные во времени, а процессы, напротив, текучи, переменчивы и подвижны. Для иллюстрации этой точки зрения используют метафору «горы и потока», которые представляют соответственно структуру и процесс. На самом деле эта метафора показывает некорректность противопоставления структуры и процесса по их динамичности. Действительно, при увеличении эпохи анализа неподвижные структуры демонстрируют текучесть (например, горные хребты в масштабе геологического времени), а процессы (реки) — на малых интервалах — стабильность и неизменность. Метафора «горы и потока» обращается к одному из интуитивно принимаемых свойств структур и процессов, которое не может служить надежным критерием их различия. Суть различия структуры и процесса состоит в том, что **структура** формируется как **продукт** процесса взаимодействия.

Одно из решающих событий, определивших формирование системно-эволюционного подхода (см. гл. 5) — замещение иерархического принципа описания структур историческим, эволюционным (Александров, Александров, 1980; Александров, 1989; Швырков, 1982; Швырков, 1995; Швырков, Вогник, 1982; Alexandrov, Alexandrov, 1982).

Рассмотрение психологических структур в развитии позволяет эксплицитно ввести понятие структуры и ее компонентов. Отметим родство проблемы компонента психологической структуры и фундаментальной для психологии проблемой единицы анализа психического, которая до сих пор остается дискуссионной (Ткаченко, 1980; Василюк, 1986). Согласно концепции Я.А. Пономарева, для решения этих проблем необходимо последовательное проведение принципа взаимодействия/развития (см. 1.2) (Пономарев, 1980; 1983). Структуры с этой точки зрения представляют собой фиксированные этапы развития систем, компоненты структуры фиксируют модели произошедших взаимодействий. Таким образом, структуры фиксируют не отображение окружения, не действия индивида, и не взаимодействия как таковые, а именно **модели взаимодействий**. Заметим, что Я.А. Пономарев понимает модель как образование, имеющее онтологический статус, как «характеристику такого материального образования, в сочетании процессов и состояний которого заложено содержание другого предмета» (Пономарев, 1983, с. 169). Близкую и сложившуюся на других основаниях точку зрения высказывала Е.Ю. Артемьева, в качестве предмета исследования рассматривавшая структуру субъективного опыта (Артемьева, 1999, с. 4). Она исходила из представления о том, что в структурах фиксируются индивидуальные истории деятельностей (Артемьева, 1999, с. 11), причем «их элементы — не образы объектов, а образы отношения к ним» (там же, с. 21). Сходная позиция четко сформулирована В.Ф. Петренко, как одна из методологических основ анализа психосемантических структур: значения, рассматриваемые в качестве компонентов семантической сети (узлов, вершин), представляют собой «превращенные формы деятельностей» (Петренко, 1997, с. 17, 72), т.е., добавим, они фиксируют и предметную, и операциональную, и мотивационную, и аффективную сторону деятельности, в которой они сформировались. Обобщенный характер компонентов организации долговременной памяти отметили А. Колинз и М.Р. Квиллиан (Collins, Quillian, 1969).

Перечисленными свойствами компонента структуры обладает и одно из базовых понятий когнитивной психологии «схема». Этот конструкт был сформирован Ф. Барлеттом (Bartlett, 1932) на основе понятия, введенного неврологом Г. Хэдом (Величковский, 1982, с. 42). Схема — обобщенная форма организации опыта, которая способна к модификациям, фиксируя новый опыт взаимодействий. Схемы — целостные образования, обладающие относительной автономией (Ребеко, 2002б, с. 135). Строго говоря, схемы по определению не могут быть названы **элементами** структуры, поскольку они *не элементарны*, обладают внутренней организацией, могут рассматриваться как репрезентации действий с объектами, взаимодействия с предметным миром. Можно полагать, что собственная организация присуща любым компонентам психологических структур, поэтому логично использовать понятие

компонента структуры, тем более что термин «элемент» наводит на элементаристскую версию принципа целостности. Уже в понимании Бартлетта схемы обеспечивают не только фиксацию материала, но его воспроизведение (Зинченко, Величковский, Вучетич, 1980, с. 107–108).

Понятие схемы было развито в рамках генетической эпистемологии Ж. Пиаже (см. «Понятие схемы» в: Флейвелл, 1967, с. 77–84]). В своей основе представление о схемах Пиаже находится в соответствии с конструктом Бартлетта. Схемы — компоненты внутренних структур, которые проявляются в повторяющихся паттернах и могут быть включены в разнообразные формы поведения (Beard, 1972, р. 17). Схемы — не сами действия, они «являются не чем иным, как канвой действий, обладающих способностью активно воспроизводиться» (Пиаже, 1969, с. 66), они представляют все многообразие внутренних организаций: от двигательных компонентов навыков до логических структур операционального интеллекта. Весьма показательный анализ этого конструкта был проведен переводчиком текста «Теория Пиаже» (Пиаже, 2001, с. 109). Переводчик проводит различие между терминами *scheme* (который он передает как «схем», существительное мужского рода) и *schema* («схема»). Согласно разъяснениям, данными Пиаже, схема (*pl., schemata*) соотносима с образом, «без попыток трансформации» отображаемой реальности. Схем (*pl., schemas*) «представляет все повторяющееся и обобщаемое в действии». Рассматривая образ как отображение окружения, Пиаже поясняет его отличие от «схема»: «Сам живой организм не является просто зеркальным отражением свойств окружающей среды. Он вырабатывает структуру, которая вовсе не является целиком преформированной, а шаг за шагом строится в процессе эпигенеза» (там же, с. 110). Схемы — компоненты этой формирующейся структуры. Для описания формирования и модификации схем Пиаже вводит представление о процессах ассимиляции (включение нового опыта в схему) и аккомодации (приспособление схемы к новому опыту, см.: подробный обзор концепции Ж. Пиаже в: Сергиенко, 2002). Схемы вступают в отношения координации и обладают способностью дифференцироваться, т.е. 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).

Понятие «схема» эффективно используется для описания структуры и динамики памяти как процессов формирования новых схем и актуализации сформировавшихся ранее (Зинченко, Величковский, Вучетич, 1980, с. 108–111). По мнению М.А. Холодной, основные представления о компонентах когнитивных структур могут быть рассмотрены как производные от базового понятия схемы. В этот перечень (Холодная, 2002а, с. 92) включены: (1) «когнитивные карты» (Толман, 1980); (2) «прототипы» (Rosch, 1978); «предвосхищающие

схемы» (Найссер, 1981); «иерархические перцептивные схемы» (Palmer, 1970); «комплекс схем», неопиажезианское понятие, предложенное Дж. Паскуаль-Леоне (Pascual-Leone, 1987); «фреймы» (Минский, 1979); «сценарии» (Шенк, 1980); «глубинные семантические и семантические универсалии» (Осгуд, 1980; Хомский, 1972). По крайней мере, часть из этого списка (фреймы и скрипты) возводит к понятию схемы В. Брюер (Brewer, 1999).

При рассмотрении структуры в процессе развития, в структурах с многонаправленными потоками информации, или одновременными иерархически/контриерархическими соподчинениями, один и тот же набор компонентов может быть отнесен к различным иерархическим уровням. Понятие иерархического уровня при этом оказывается недостаточно определенным. При рассмотрении структуры как становящейся организации иерархические классификации компонентов заменяются их отнесенностью к тому или иному этапу становления структуры. Заметим, что Ж. Пиаже, говоря про **уровни** развития, оперирует скорее понятием **стадий**, чем **уровнем организации**, что вполне соответствует понятию «этап развития структуры». Исторический подход к анализу строения структур привел Е.Ю. Артемьеву к важнейшему представлению, играющему ведущую роль в проведенных ею исследованиях: представлению о единстве механизма порождения компонентов структуры субъективного опыта (Артемьева, 1999, с. 12–13). Это положение привлекает внимание своим соответствием эволюционным принципам (см. 1.1), из него следует, что компоненты могут быть охарактеризованы по степени их родства, общности происхождения. С этой точки зрения все составляющие единой структуры имеют монофилетическое происхождение, что является одним из оснований системных свойств такой структуры (см. гл. 2).

Структуры не только сохраняют и воспроизводят взаимодействия индивида с окружением, но ограничивают направления формирования новых взаимодействий, а, следовательно, и новых компонентов структуры (ср.: Матурана, Варела, 2001, с. 85).

3.2.3. СЕМАНТИЧЕСКИЕ СЕТИ, ОТНОШЕНИЯ МЕЖДУ КОМПОНЕНТАМИ, НЕОДНОРОДНЫЕ СЕМАНТИЧЕСКИЕ СЕТИ

Свойства неиерархических сетевых структур можно рассмотреть на примере «семантических сетей», концепта, который одни из первых ввели А. Коллинз и М.Р. Квиллиан (Collins, Quillian, 1969). Представленная ими сетевая структура была иерархической, она точно соответствует классификационным иерархиям, которые мы проанализировали ранее. Суперординатному

уровню (уровень 1) соответствовали «животные», которые «имеют кожу (шкуру)», «дышат» и т.д. Уровень 2 — «птицы» («имеют крылья», «летают», «имеют перья»; «рыбы» («имеют плавники», «умеют плавать»). Низший уровень 3 содержит «канареек» («умеют петь» и т.п.), «акул» («могут кусить» и т.п.), «лососей» («съедобны» и т.п.). Заметим, что передача любых понятий на быденном языке не дает возможности построить индивидуальные семантические структуры.

Семантические сети в общем смысле не являются иерархическими организациями. Они определяются как «сети, в вершинах которых находятся информационные единицы, а дуги характеризуют отношения и связи между ними» (Аверкин, Гаазе-Раппопорт, Пospelов, 1992, с. 72). Иерархические сети — частный случай сетей этого рода. Определение семантической сети точно соответствует наиболее общему определению структуры (см. 3.2). В сетевую форму могут быть преобразованы другие модели структур, например, признаковые (Ребеко, 1998а, с. 38).

Формализм семантической сети широко применяется для описания различных структур. Он весьма развит в применении к семантическим психологическим структурам, к структуре сознания (Артемьева, 1990, 1999; Петренко, 1997), общественного и индивидуального сознания (Петренко, Митина, 1997; Cohen, 1997), индивидуальных действий (De-Meu, 1976), концептуальных структур (Case, Okamoto, 1993, 1996). Представлению о семантических сетях принадлежит важнейшее место в исследованиях искусственного интеллекта (Осипов, 1997; Пospelов, 1990; Reichgelt, 199). Г.С. Осиповым специально обоснована адекватность представления знаний при помощи неоднородных семантических сетей (Осипов, 1997, с. 48-62). Неоднородная семантическая сеть определяется как семейство помеченных графов на общем для них множестве вершин. Ребра различных графов обозначают различные типы отношений между компонентами, обозначенными вершинами, таким образом, в этой сетевой структуре каждая вершина (компонент) может быть связана с другими отношениями разных типов (Осипов, 1997, с. 48). Заметим, что 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, неоднородны.

Для того чтобы формально различить типы отношений, Г.С. Осиповым использованы их алгебраические свойства: транзитивность, нетранзитивность, антитранзитивность; рефлексивность, нерефлексивность, антирефлексивность; симметричность, несимметричность, антисимметричность (Осипов, 1997, с. 32). Транзитивность — бинарное отношение TR , которое заключается в том, что из $a TR b$ и $b TR c$ следует $a TR c$ (Микиша, Орлов, 1988). Если

из $a TR b$ и $b TR c$ не следует $a TR c$, то отношение нетранзитивно, а если $a TR c$ не имеет места, то антитранзитивно. Бинарное отношение RF рефлексивно, если RF определено на множестве, любой элемент которого находится в отношении RF к самому себе и нерефлексивно в противном случае. Если ни для одного элемента данного множества не имеет места $a RF a$, то отношение антирефлексивно. Бинарное отношение симметричности SM : если $a SM b$, то справедливо $b SM a$. Если из $a SM b$ и $b SM a$ следует $a = b$, то отношение антисимметрично. Во всех иных случаях оно несимметрично (Осипов, 1997, с. 52).

В зависимости от того, какие отношения определены на множестве компонентов, выделяют ассоциативные и пропозициональные семантические сети. В семантической ассоциативной сети (САС) компоненты связаны ассоциативными отношениями. Опираясь на классификацию, разработанную Г.С. Осиповым, отметим, что такие отношения проявляются в комитативной (X сопровождается Y), модально-комитативной (X может сопровождаться Y), коррелятивной (X может наблюдаться при Y) и негативной (X отрицает Y) связи. Все эти отношения рефлексивны или симметричны, а поэтому синхроничны. Они могут лежать в основе такого свойства семантических сетей, как simultанность (Петренко, 1997, с. 68).

В семантической пропозициональной сети (СПС) отношения между компонентами не обладают свойством рефлексивности или симметрии. К числу таких отношений можно отнести каузальные (X причина Y), генеративные (X является предком Y), инструментальные (X является средством Y). Все эти отношения диахроничны, ориентированы во времени, они характеризуют логическую преемственность последовательных состояний структуры. Пропозициональные сети представляют структуру знания таким образом, что смысл узлов определяется их положением в сети (Kintsch, 1998).

Хотя по своим свойствам САС и СПС принципиально различны, в неоднородных семантических сетях они могут реализоваться одновременно, так что одни и те же компоненты по их вовлечению в САС могут проявляться как активация семантического поля, как актуализация всего ассоциативного ряда, а по вовлечению в СПС — быть включенными в логическую последовательность использования тех или иных этапов поведения. САС и СПС реализуются на одних и тех же компонентах сети или на пересекающихся подмножествах компонентов. Это обстоятельство позволяет заключить, что, как и иерархическая структура, реализующаяся на сети за счет специальных форм отношений между компонентами, семантические ассоциативные и пропозициональные сети не представляют собой самостоятельные «сущности». Они — лишь аспекты описания единой неоднородной семантической сети.

Таким образом, в семантических неоднородных сетях для пар компонентов определены большие наборы типов отношений, причем не все типы отношений

совместимы, т.е. не могут реализовываться синхронно (например, инструментальное отношение «X является средством Y» не совместимо с негативной связью «X отрицает Y»). Разнообразие типов отношений и степень их совместимости, наряду с содержательной спецификой компонентов определяют группировку компонентов. С особенностями строения ассоциативных сетей в долговременной памяти связывают формирование стратегий, которые проявляются в реализации устойчивых последовательностей «тактических действий» (Greene, Smith, Lindsey, 1990). Объединения компонентов, релевантных определенной предметной области, домены (Anderson, 1987; Glaser, Bassok, 1989), позволяют более эффективно организовывать и использовать информацию, формировать стратегии и, что следует специально подчеркнуть, фиксировать новые знания (Schneider, 1993; см. также 4.3.4: «Перенос»). Судя по свойствам таких организаций, как фреймы и сценарии (Поспелов, 1990; Ребеко, 1998а; 2002б), в их основе могут лежать группы компонентов семантической неоднородной сети, составляющие домены. Домены как относительно изолированные подмножества компонентов целостной структуры, сформированные гетерохронно, релевантные определенным предметным областям (Berenthal, 1996) и представляющие эти области с разной степенью подробности, могут обладать различными характеристиками, например, когнитивной сложностью, и лежать в основе феномена гетерогенности сознания (Петренко, 1997, с. 103). «Предельный» вариант этой точки зрения — концепция «специфичности доменов» (*domain specificity*), согласно которой домены, представляющие области содержательно различного знания, организованы по разным принципам (Gelman, 1999). Заметим, что приведенные выше точки зрения (включая и позицию Петренко) более точно соответствуют концепции общего плана строения доменов (*domain-general theory*): домены, хотя и достигают разного уровня сложности в процессе развития, должны обладать единым планом строения, общностью организации (например, в теории Ж. Пиаже), (см.: Gelman, 1999).

3.2.4. АКТИВНОСТЬ, АКТУАЛИЗАЦИЯ, АКТУАЛГЕНЕЗ

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» (Пonomarev, 1983, с. 14). Эта формулировка основана на представлении, что компоненты психологических структур представляют фиксированные модели взаимодействий, и связана с системными представлениями (см. 2.4, 2.5). Через «накопление» форм психической организации объясняет активность (интеллектуальную) и М.А. Холодная (Холодная, 2002а, с. 80). Такое понимание позволяет избавиться

от необходимости инкорпорации внутрь субъекта гомункулюсов разного рода (характерное название статьи Ф. Этнива: «В защиту гомункулюсов»), (цит. по: Величковский, 1982, с. 56) или «демонов» (Линдсей, Норман, 1974), которые оказываются неизбежными для объяснения активности индивида при представлении психологических структур не развивающимися, а собирающимися из заранее готовых функций. При непоследовательном и неточном объяснении феноменов активности гомункулюс может подменить собой представление о субъекте (Ушаков, 2000). Идея гомункулюса воспроизводит античное представление о «внутреннем оке» как основе психологических процессов познания (Рорти, 1997). Таким образом, компоненты могут находиться в состоянии «покоя» и в активном состоянии. Переход из состояния покоя в активное обозначают термином «актуализация» (см.: Александров, Греченко, Гаврилов и др., 1997). В общих психологических словарях это понятие определяют как реализацию латентных состояний (Colman, 2001, р. 10). Возможно, что одним из первых понятие «актуализация» применил Уилбер Урбан (Urban, 1907). Он полагал, что ценностные значения объектов приобретаются субъектом в результате **актуализации** «волевого предрасположения» в актах предположения и суждения, т.е. применял это понятие для описания динамики состояний. Для обозначения свойств психологических структур понятие «актуализация» использовал Ж. Пиаже в работе 1954 г., посвященной актуализации свойств гештальта у детей при восприятии виртуальных линий (во французском оригинале «*actualisation*», в переводе на английский — «*realization*») (Piaget, Stettler von Albertini, 1954). Этот пример показывает также, что термин «реализация» в англоязычной литературе может заменять более определенное понятие — «актуализацию», поэтому во многих случаях распознать этот конструкт, важный для описания структур, затруднительно.

Понятие актуализации используют для описания динамики схем в процессе формирования и использования прошлого опыта; возможность их актуализации обеспечивает активную организацию прошлого опыта, а операционализированный конструкт «актуализация схемы» эффективно применяется в исследованиях структуры памяти (Зинченко, Величковский, Вучетич, 1980, с. 111). Актуализация возможна именно потому, что модели взаимодействий фиксированы в структурах. Понятие актуализации близко к понятию «извлечение из памяти», сформированному в работах Е.Р. Джона и его сотрудников (John, Shimokochi, Bartlett, 1969; John, Shimokochi, Bartlett, Kleinman, 1973). Это понятие было применено в рамках ТФС для описания избирательной активации функциональных систем при совершении поведения (Швырков, 1978). Избирательность актуализации можно связать с несовместимостью моделей взаимодействий, зафиксированных в компонентах, отношений, которые связывают компоненты в группы и определяют границы между ними.

Сопоставимость процесса актуализации с процессом извлечения из памяти может быть распространена на широкий круг процессов, связанных с памятью и характеристик структуры памяти. Так, целостная структура, сохраняющая модели всех реализованных индивидом взаимодействий с множеством предметных областей может быть обозначена как «вся память» или «все множество энграмм памяти» индивида, фиксация модели взаимодействия как запоминание; селекция множества актуализированных компонентов: проявление закономерностей «поиска в памяти», ограничение одновременно актуализированных компонентов структуры, таких как объем того или иного вида памяти (кратковременной, буферной, рабочей и т.п.). Однако сходство с феноменами памяти должно быть дополнено сходством с любым другим психическим процессом или функцией, если придерживаться представления о компонентах как фиксированных моделях взаимодействий, поскольку эти процессы и функции представляют собой аспектные описания целостных взаимодействий индивида с предметными областями.

Понятие актуализации компонентов или других составляющих структуры позволяет описать ее динамику. Так, в отношении структуры знания актуализация определенных наборов компонентов в определенных ситуациях представляет динамику использования знания. Закономерности актуализации компонентов психологических структур недостаточно изучены. По предположению О. Харви, Д. Хант и Х. Шредера компоненты (свернутые понятийные структуры) выходят из состояния «спячки» в присутствии объекта-референта (Harvey, Hunt, Schroder, 1961). Заметим, что согласно приведенному представлению, компоненты представляют собой репрезентации объектов, а не фиксацию моделей взаимодействий, поэтому эта позиция неизбежно связана с необходимостью стимульного объяснения феномена активности, т.е. с принятием реактивного характера поведения (и с проблемой гомункулюса).

То, что актуализация представляет собой не унитарный процесс, было отмечено гештальтпсихологами Лейпцигской школы: актуализация структуры неотделима от ее генеза. Для обозначения процесса актуализации/генеза было предложено понятие «актуалгенез» (см., например, Hausmann, 1935). В англоязычной литературе термин *Aktualgenese* передавался как «gestalt formation», «формирование гештальта» (например, «*Aktualgenese der Erinnerung*», W. Witte, *Zeitschrift für Experimentelle und Angewandte Psychologie*. 1959. V. 6, p. 508–518, переведено как «*Gestalt formation of memory*» (здесь и далее выделено мной — И.А.), либо через его отнесенность к развивающему характеру процесса (F. T. Dun. *Aktualgenetische Untersuchung des Auffassungsvorganges chinesischer Schriftzeichen. / Study of the process, while in progress, of comprehending Chinese characters*. Archiv für die Gesamte Psychologie. 1939. V. 104, p. 131–174). Х.Вернер (Werner, 1956) был первым, кто передал «актуалгенез» термином «microgenesis». Именно такая форма

стала использоваться в середине 1950-х годов XX в. Так, в работе Х. Вернера (там же) любая форма активности человека, такая как восприятие, мышление, действие представляет собой процесс микрогенеза, который занимает интервалы длительностью от секунд до нескольких дней. На этом основании он высказывает предположение о том, что нарушения речи при афазии объясняются выпадением стадий ее микрогенеза. Дж. Флейвелл и Ю. Драгунс применили концепцию микрогенеза к описанию процессов восприятия и мышления: эти процессы не «реализуются», а проходят стадии микроразвития (microdevelopment). Они полагали, что формальные характеристики этого могут быть использованы для описания познавательных процессов у лиц с нарушениями или в норме, но в необычных условиях (Flavell, Draguns, 1957). Заметим, что в работе Вернера микрогенез обозначает **процесс порождения речи**, как и актуалгенез в работах гештальтистов, он акцентирует активный характер процесса. Флейвелл и Драгунс переводят актуалгенез в понятия стимулов и реакций: «микрогенез» относится здесь к последовательности событий, которые, как предполагается, протекают в интервале между стимулом и формированием единичного, относительно устойчивого когнитивного ответа (перцепта или мысли) (там же, с. 197).

Таким образом, понятие «микрогенез», по-видимому, сложилось как англоязычная версия «актуалгенеза», освобожденная от гештальтпсихологического содержания. При этом в значительной степени оказалась утраченной отнесенность этого процесса к целостной структуре и полностью — представление гештальтпсихологов Лейпцигской школы о неразделимости в процессе актуалгенеза познавательного и аффективного компонентов. Актуалгенез обозначал активный процесс построения психологической структуры, а микрогенез — процессы между стимулом и реакцией. Лишь в ранней версии понятие **микрогенез**, как и актуалгенез в исходном понимании, могло быть отнесено к интервалам времени любой длительности (Werner, 1956), теперь оно употребляется строго к **микроинтервалам**. В современной психологии восприятия используют и представление об актуалгенезе, «но в ином значении, чем представители Лейпцигской школы» (Барабанщиков, 1990, с. 43). Сопоставляя современное употребление понятий микрогенеза и актуалгенеза, заметим, что микрогенез применяется или: (1) преимущественно для описания поступательного (от рецепторов) процесса формирования перцепта (Величковский, 1982, с. 128–131; Зинченко, Величковский, Вучетич, 1980) (а это составляет существенное отличие от актуалгенеза, см. выше), или (2) относится скорее к элементарным актам перцептивного взаимодействия и микроинтервалам времени, в то время как актуалгенез — к макросистеме и к широкому спектру значений временных интервалов. Общепсихологическое понятие актуалгенеза может быть применено в исследованиях организации психологических структур (Холодная, 2002а, с. 80), к описанию «порождения регуляторных

образований в актуалгенезе принятия решения» (Корнилова, 2005, с. 16). Важно, что концепция актуалгенеза связывает понятия психологической структуры и научения. Возможно, что отнесенность актуалгенеза скорее к целостным структурам, чем к отдельным компонентам или микропроцессам, протекающим в структуре, связана с зарождением этого понятия в концептуальных рамках гештальтпсихологии, для которой представление о целостности входит в число базовых положений, в состав «твердого ядра» этой исследовательской программы (Лакатос, 1995).

Актуалгенез неразрывно связан с представлением об активности. Так, в основе «физиологии активности» Н.А. Бернштейна лежит представление о *построении, порождении движений*, о поведении как динамическом, активном моделировании мира, активном преодолении среды, серийных событиях в поведении как «повторении без повторения» (Бернштейн, 1966). По сути, теория Бернштейна является ярким выражением актуалгенетической точки зрения.

Таким образом, актуалгенез — порождение (*генез*) новых моделей взаимодействия индивида с миром в процессе *актуализации* (приведения в активное состояние) ранее зафиксированных моделей взаимодействия. Понятие актуалгенеза подчеркивает также логическую связь и синхронную *актуализации и генеза* новых структур субъекта. Концепция актуалгенеза указывает на то, что актуализация не сводится к *развертыванию* готового взаимодействия, а представляет собой формирование, *генез* нового взаимодействия индивида с миром. Неизбежность построения взаимодействия «заново» следует из того, что при фиксации модели взаимодействия психологическая структура реорганизуется, а само фиксируемое взаимодействие вносит изменения в предметную область (продукты взаимодействия фиксируются на полюсах психологического субъекта и объекта: Пономарев, 1983).

3.2.5. АМОДАЛЬНОСТЬ СТРУКТУРЫ

Важнейшее свойство психологических структур — их обобщенный характер. Компоненты, фиксирующие обобщенные способы взаимодействия индивида с предметными областями, важными аспектами организации которых является соотносимость с определенными объектами, оказываются не *над*модальными, но *амодальными*. Даже выделяя специализированные перцептивные организации в психологических структурах, У. Найссер замечает: «Схемы, обеспечивающие прием информации и направляющие дальнейший ее поиск, не являются зрительными, слуховыми или тактильными — они носят обобщенно перцептивный характер» (Найссер, 1981, с. 51; см. также: Studdert, 1989). Различные концепции предписывают разные пределы для амодальности струк-

туры. Е.Ю. Артемьева, следуя распространенной точке зрения о разделении структур на поверхностные и ядерные (Артемьева, 1999, с. 18; Смирнов, 1981; Хомский, 1972), полагала, что «самый глубокий слой» структуры субъективного опыта обладает свойством амодальности (Артемьева, 1990; 1999, с. 21). По оценке В.Ф. Петренко, семантические структуры амодальны в целом (Петренко, 1997). На основании анализа решения задач сортировок или распознавания слов билингвами или носителями одного языка, свойством амодальности наделяют структуру высокого порядка, связывающую лексическое содержание двух языков (Cheung, Chen, 1998; Tzelgov, Eben-Ezra, 1992).

Таким образом, в одних концепциях структуры представляются амодальными по отношению к сенсорным модальностям (Найссер, 198), в других — по отношению к конкретной предметной отнесенности (Артемьева, 1990, 1999; Смирнов, 1981). Можно полагать, что степени амодальности структур — различные уровни обобщения предметной области.

Высказанное предположение о большей обобщенности (увеличении степени амодальности) касается структур, но не отдельных компонентов, в которых зафиксированы модели конкретных взаимодействий (Пономарев, 1983). Заметим, что компоненты структуры, сформировавшиеся на более поздних этапах, представляют предметную область более дифференцированно (ср. с: Alexandrov, Alexandrov, 1982). Так, согласно селектогенетической концепции научения Дж. Эдельмена, в процессе научения происходит обогащение репертуара специализированных клеток; в его терминологии, формируется их *вырожденный* репертуар (Эдельмен, 1981, с. 77-78). Амодальность может появляться как свойство групп компонентов (например, таких, как домены) обобщенно представлять предметные области либо за счет «модального разнообразия» компонентов, либо при формировании «наддоменных» образований, компоненты которых специализированы на взаимодействии между моделями взаимодействий; в терминологии Я.А. Пономарева, такие компоненты фиксируют «надстроечные», «означенные» модели (Пономарев, 1983, с. 104–105).

Если придерживаться представления о компонентах структуры как фиксированных моделях взаимодействий индивида с предметными областями, то амодальность структур можно понимать как их «надфункциональность». С этой точки зрения такие психологические функции и процессы, как восприятие, внимание, мышление, эмоции, потребности, распознавание, обнаружение и пр. могут быть поняты как аспекты целостных взаимодействий (Швырков, 1995). При актуализации моделей, взаимодействия индивида с окружением могут быть охарактеризованы в терминах неограниченного количества аспектов, но сами модели — надаспектны, амодальны по отношению к функциям и процессам, выделенным не по системному, а аспектному принципу. Этот вывод можно подкрепить положением, верифицированным

в исследованиях активности нейронов у животных, выполняющих сложное поведение: даже такие характеристики функциональной системы конкретного поведенческого акта (которая и представляет собой информационную модель взаимодействия), как **цель**, к которой приводит реализация данной системы, **условия**, в которых возможна ее реализация и **операциональные** составляющие, представляют аспекты «целостных соотношений организма со средой» (там же, с. 62–63, 68, 81).

Таким образом, можно выделить следующие наиболее важные характеристики компонентов структур и структур как целостных образований:

- 1) компоненты формируются как фиксированные модели взаимодействия индивида с предметными областями;
- 2) компоненты структуры как модели взаимодействия обладают свойствами предметной отнесенности и субъектного (активного, пристрастного) отношения к миру (всем множеством предметных областей, во взаимодействие с которыми вступал индивид);
- 3) целостная структура фиксирует всю уникальную историю взаимодействий индивида с миром;
- 4) компоненты структуры обладают общностью происхождения, что является одним из оснований ее целостности;
- 5) ранее совершенные взаимодействия могут воспроизводиться в результате актуализации компонентов, представляющих модели этих взаимодействий, это свойство моделей лежит в основе активности индивида.

3.2.6. ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ СТРУКТУРЫ И ПРОЦЕССЫ

Напомним, что компоненты структуры, в терминах Е.Ю. Артемьевой, фиксируют **отношения** к миру, а сама структура получила название «структуры субъективного опыта» (Артемьева, 1999). Если отметить сходство этой позиции с взглядами Ф. Барлетта, Ж. Пиаже, У. Найссера (свойство схемы выражать отношение к объекту) и Я.А. Пономарева (Найссер, 1981; Пиаже, 1969; Пономарев, 1983; Bartlett, 1932), то можно заключить, что эти структуры обладают свойством быть **субъективными**.

Выделенные в этом перечислении свойства структур, а также некоторые их характеристики, рассмотренные ранее (например, возможность описать их аспекты в терминах психологических процессов), позволяют охарактеризовать проанализированный класс организаций как **психологические** структуры.

Если принять логику приведенного рассуждения, то актуалгенез структуры (актуализация/формирование ее составляющих), процессы соотношения множеств компонентов структуры через отношения различного типа, селек-

ции этих множеств, переходов от одних состояний структуры к другим, следует принять в качестве психологических процессов. Понятие «процесс» входит в набор наиболее фундаментальных конструктов субъектно-деятельностной парадигмы, основанной С.Л. Рубинштейном и получившей развитие в трудах А.В. Брушлинского и К.А. Абульхановой-Славской (Брушлинский, Абульханова-Славская, 1989). В число наиболее важных характеристик «психического как процесса» Брушлинский включает: (1) функционирование процесса одновременно на разных уровнях, недизъюнктивность процесса — невозможность его «разделить» на непересекающиеся фрагменты (что точно соответствует свойствам неоднородной семантической сети), (2) неразрывную связь процесса и продукта, формирование в процессе новых, «ранее не существовавших продуктов», «без которых вообще невозможно дальнейшее протекание процесса» (Брушлинский, 1979, с. 62), онтологическую неотличимость процесса от его результата (с. 63) (отметим актуалгенетическую природу этой связи), (3) недизъюнктивность отдельных психических процессов («мышления и восприятия, мышления и памяти, мышления и чувства» (с. 75) в потоке психического как процесса (отдельные психические процессы — аспекты его описания, как и психические функции — аспекты единой и целостной психики).

Для сопоставления важно также, что с этой позиции мышление как процесс проявляется, в частности, в ходе актуализации знаний (Брушлинский, 1979, с. 62; Славская, 1959). Таким образом, при сопоставлении выделенных нами в проведенном обзоре динамических характеристик структур со свойствами «психического как процесса», перечень которых, с нашей точки зрения, в приведенной работе весьма полон, выявлены точные параллели. Можно прийти к заключению, что актуалгенез, актуализацию многообразий отношений между компонентами, селекцию наборов компонентов, формирование компонентов и групп компонентов как продуктов актуалгенеза можно рассматривать как обобщенное описание **психологических процессов**.

3.3. ПРОБЛЕМЫ ЭМПИРИЧЕСКОГО ИЗУЧЕНИЯ ПСИХОЛОГИЧЕСКИХ СТРУКТУР

При исследовании психологических структур наиболее фундаментальными, критическими представляются две группы вопросов: (1) проблема онтологического статуса структуры как предмета изучения (каковы критерии онтологического статуса) и (2) каковы системы процедур (эмпирических и логических), необходимых и достаточных для верификации строения гипотетических

структур. Характерно название одной из глав работы Е.Ю. Артемьевой, посвященной изучению структуры субъективного опыта: «Адекватность моделей семантических структур. Семантические измерения. Проблема существования структурной организации.» (Артемьева, 1999, с. 41). В этом кратком перечне первые две проблемы относятся к **принципу реконструкции организации структуры**, а третья — к **вопросу об онтологическом статусе структуры**.

3.3.1. ПРИНЦИП РЕКОНСТРУКЦИИ

«Критическая проблема состоит в том, как гипотетические структуры, выявленные, например, при опросе экспертов, могут быть оценены эмпирически» (Schrepp, 2001). Логическое продолжение этого высказывания сформулировано Е.Ю. Артемьевой: «Еще сложнее с проверкой аксиом, обещающих эмпирическое существование структур **данного типа**» (выделено Е.Ю. Артемьевой) (Артемьева, 1999, с. 42).

Важно, что приведенные формулировки трудностей, стоящих перед исследователями, не ограничены изучением психологических структур.

В период формирования психологии как самостоятельной научной дисциплины полагали, что психология отличается от других научных дисциплин — физики, химии, биологии тем, что предмет психологических исследований недоступен непосредственному наблюдению (Петровский, Ярошевский, 1996). Считали, что это свойство предмета изучения делает невозможным объективное психологическое исследование (см., например: Дильтей, 1996). Однако уже в 1920-е годы XX в. стало общепринятым положение о том, что и в физике многие важнейшие конструкты принципиально ненаблюдаемы (например, виртуальные частицы: Мякишев, 1980). Разрешение этой ситуации состоит в том, что относительно ненаблюдаемых сущностей, на познание которых направлено исследование, могут быть построены гипотезы, верификация которых эмпирическими средствами позволяет получить факты о характеристиках этих сущностей. Г.П. Щедровицкий замечает, что сама возможность исследования возникает только в том случае, если «происходит расслоение явления и представления о нем» (Щедровицкий, 2004, с. 162). В психологических исследованиях в роли гипотетических структур («представлений» в терминах Щедровицкого) выступают недоступные прямому наблюдению (и самонаблюдению!) психологические структуры и процессы, а в роли наблюдаемых структур, процессов и явлений (доступных для фиксации методическими средствами) — различные параметры поведения и деятельности (характеристики двигательной активности, речи, различных продуктов деятельности, ошибки, временные затраты на решение задач, электрическая активность кожи, мышц, нейронов и т.п.).

Возможность исследовательского доступа к психологическим структурам обосновывается одним из базовых положений структурализма — представлением о гомоморфных отношениях между глубинными и поверхностными структурами (например, согласно Н. Хомскому, соответственно, D- и S-структуры) (Хомский, 1972, Кибрик, 1997).

Принцип реконструкции можно сформулировать следующим образом: существует отношение подобия (гомоморфизм) между характеристиками: (1) психологических структур, процесса их актуалгенеза, и (2) процесса взаимодействия индивида с предметными областями и продуктами деятельности индивида, зафиксированными в структуре предметной области. Именно гомоморфизм между первым и вторым рядами характеристик открывает возможность эмпирического изучения психологических структур и процессов (см. подробнее: Александров, Максимова, 2006).

Одно из первых в психологии обоснований реконструкции психологических явлений на основе характеристик объективного мира следовало из **постулата непосредственности**, согласно которому события и объекты внешнего и внутреннего мира даны субъекту непосредственно (Леонтьев, 1975; Узнадзе, 1966). Этот постулат обосновывал возможность исследования психики и сознания методом интроспекции (в формулировке В. Вундта, Э.Б. Титченера, Вюрцбургской школы), описания субъективного мира по характеристикам мира объективного (как это предполагалось в психофизике Г. Фехнера), и был адекватным пониманию предмета психологии на исходе XIX в.

Реконструктивным по сути является фрейдовский метод изучения структуры бессознательного (Фрейд, 1989), а в точном смысле слова — исследовательские приемы «теории поля» К. Левина (Левин, 2000).

Доступность внутренних структур для исследователя обосновывалась принципами единства поведения и психики, сознания и деятельности (Рубинштейн, 1959), которые в этом отношении можно считать вариантами принципа реконструкции. Иная версия принципа реконструкции, ориентированного на определение предмета психологии, сформулирована К. Хольцкампом в рамках историко-реконструктивного подхода (цит. по: Соколова, 1988). Это понимание принципа реконструкции направлено на преодоление дихотомии внешнего и внутреннего и опирается на принципы развития (оперируя понятиями фило-, антропо- и социогенеза) и целостности.

Принцип реконструкции не применялся в исследованиях, проведенных в рамках бихевиоризма. Именно поэтому «законы научения», сформулированные в русле бихевиористской методологии не апеллируют к конструктам, относящимся к психологическим структурам, и феноменологичны по сути (см. 4.3.2.1 и 4.3.4: «Кривые научения»). Если правила реконструкции не определены, описания внутренних психологических структур оказываются произвольными. Так, А.А. Леонтьев отмечает: «Иногда ... постулируются какие-то

жесткие правила перехода от компонентов языковой структуры к неким иным структурам, априори объявляемым психологическими, (чаще всего они получают название 'когнитивных структур')» (Леонтьев, 1989, с.148).

Для того чтобы реализовать принцип реконструкции в конкретном исследовании, необходимо определить понятия предмета и объекта исследования.

Предмет исследования — психологическая структура (или процесс), описание которой дано в конструктах, определенность которых соответствует точности формулировки гипотез. Эти конструкты фиксируют гипотетические свойства предмета: существенные, необходимые, неотъемлемые (атрибуты) или аспектные¹, выделенные по случайным, произвольным основаниям («акциденции»). Для того чтобы предмет был доступен исследованию, его свойствам (конструктам) должны быть поставлены в соответствие переменные, значения которых могут быть оценены с помощью методик. Предмет исследования предположительно обладает онтологическим статусом (статусом существования), в противном случае **объекты исследования** (см. далее) не могут рассматриваться как *носители предмета*. Гипотетический статус предмета исследования, недоступность его свойств прямой оценке при помощи методических процедур и измерения — его важнейшие характерные черты. В результате исследований (формирования систем гипотез и выполнения процедур их оценки) предмет (если он обладает онтологическим статусом) может утратить свое гипотетическое положение и стать объектом исследования. В таком случае его описание как объекта дается в терминах не теоретических конструктов, а дескрипторов (переменных, значения которых могут быть измерены), в терминах зависимых и независимых переменных. В качестве примера приведем историю открытия гена как носителя наследственной информации: до 50-х годов XX в. «ген» представлял собой именно теоретическую конструкцию, и только после работы Дж. Уотсона и Ф. Крика приобрел положение объекта исследования (Роллер, 1978).

Объект исследования — носитель гипотетических структур и процессов — предмета исследования. Для таких предметов психологического исследования, как «структура личности», «структура репрезентации», «процесс переработки информации» или «структура ментального опыта» в качестве носителя может рассматриваться индивид. Предмет социально-психологического исследования, например, «сплоченность группы», «система групповых ценностей» предполагает рассмотрение в качестве объекта группы индивидов, социальные общности, коллективы и т.п.

¹ Аспект — понятие, обозначающее выделенную по произвольным основаниям сторону какого-либо явления или объекта, которую невозможно вычленив практически, но можно описать абстрактно (Пономарев, 1983 с. 43).

Объект конкретного исследования конструируется из индивидов и групп, составляющих генеральную совокупность объектов, сформировавшихся в процессе эволюции, как часть генеральной совокупности, обладающая свойством «быть носителем гипотетического предмета исследования». Свойства этих индивидов и групп могут быть модифицированы при использовании методик в соответствии с целью и гипотезами исследования.

В отличие от предмета исследования, к объекту исследования могут быть применены методики. Результаты эмпирического исследования фиксируют свойства именно объекта (но не предмета!) исследования в определенных условиях, регламентированных планом исследования.

Поскольку объект исследования должен соответствовать предмету, объекты также конструируются, создаются исследователем с использованием специальных приемов, правил отбора из совокупности, методик формирования групп, процедур измерения. Но если предмет исследования — логическая, теоретическая конструкция, то объект — конструкция 'вещественная', 'эмпирическая'.

В соотношении предмета и метода исследования необходимо включать **методику и гипотезы**.

Объект, предположительно являющийся носителем **предмета** исследования, конструируется таким образом, чтобы **методики** были пригодны (валидны) для выявления определенных свойств объекта, находящихся в гипотетическом соответствии с определенными атрибутами (или аспектными свойствами) предмета исследования. Это соотношение прямо указывает на то, что методики должны соответствовать свойствам предмета исследования (обладать конструктивной валидностью, быть репрезентативными по отношению к предмету исследования: представлять его свойства) и свойствам объекта (быть репрезентативными по отношению к объекту, представлять его свойства, обладать всеми необходимыми видами валидности: внешней, доверительной, дифференциальной, а также дискриминативностью).

Строение **системы гипотез** в исследовании также соотносит предмет и объект. *Теоретическая гипотеза* формулируется в терминах конструктов, в которых описывается предмет; *исследовательская гипотеза* с одной стороны дедуцируется из теоретической (это определяет ее соответствие предмету), а с другой — формулируется в терминах переменных, соответствующих методам, т.е. в терминах описания объекта.

Полная система **гипотез** (теоретических и исследовательских) строится таким образом, что содержит связанные операцией дедуктивного вывода альтернативные гипотетические описания и предмета и объекта, а **методики**, применяемые к объекту, могут предоставить материал для выработки отношения к гипотезам о строении (атрибутах, свойствах) предмета именно в силу их «двойной» репрезентативности по отношению как к объекту, так и к предмету исследования.

Таким образом, общее решение задачи реконструкции требует построения отношения *подобия* (гомоморфизма) между строением и свойствами гипотетического предмета исследования и характеристиками процесса и продуктов взаимодействия объекта исследования (индивида или социальной общности индивидов) с предметной областью. Соотношения **предмета, объекта** исследования, системы **гипотез, методик**, определенные логикой гипотетико-дедуктивного метода, задают условия, в которых оказывается возможной реализация принципа реконструкции. Подобие предмета и объекта, основание реконструкции, определяется родством систем теоретической и исследовательской гипотез (поскольку исследовательские гипотезы дедуцируются из теоретических), и репрезентативностью методик по отношению к предмету и объекту исследования.

Следует заметить, что употребление одних и тех же слов для обозначения понятий, описывающих компоненты психологических структур и их гипотетических гомоморфных соответствий в «предметном мире», может приводить к логическим парадоксам и недоразумениям. Так, термин «домен» используется для обозначения и психологической структуры, и определенной предметной области или ее части (см., например: Anderson, 1987; Glaser, Bassok, 1989). Чтобы препятствовать смешению этих омонимических употреблений слов, можно применить предложенное В.Ф. Петренко «введение некоего знака, например звездочки (*), поставленной после слова» (Петренко, 2002, с. 119). Смысл этого приема точно соответствует практике обозначения реконструированных единиц праязыков, например, праславянского языка, принятой в лингвистике (хотя в этом случае звездочку ставят *перед* словом). В таком случае термин «домен» обозначал бы предметную область, а «*домен» — составляющую психологической структуры, сформированной и актуализирующейся во взаимодействии с этой предметной областью.

Под подобием в данном контексте следует иметь в виду именно **гомоморфизм**, который, в отличие от изоморфизма не является взаимоднозначным и симметричным отношением (Вартофский, 1988, с. 32). Исследование, направленное на отбор наиболее правдоподобных гипотез из множества сформулированных, может оперировать гипотетическими моделями, исключительно гомоморфными предмету изучения.

Следует заметить, что гомоморфное отношение между строением предмета исследования и характеристиками процесса и продуктов взаимодействия объекта исследования, принципиально не может быть сведено к их геометрическому подобию, как это представлялось гештальтистам: при предъявлении объекта конфигурация возбуждения в зрительной коре воспроизводит его форму. Идея изоморфных отношений между характеристиками воспринимаемого объекта, траекториями движения глаз (или руки при ощупывании) и характеристиками образа, была проанализирована Б.Ф. Ломовым (Ломов,

1996, с. 322-339). На основании исследований, проведенных Н.Ю. Вергилесом и Е.А. Андреевой, Б.Г. Ананьевым, В.П. Зинченко, Б.Ф. Ломов приходит к выводу, что изоморфизм траектории движений контуру объекта — недостаточное условие для формирования образа.

Принцип реконструкции требует точного соответствия между парадигмой, в рамках которой определены цель и задачи и методическими приемами и способами обработки. Е.Ю. Артемьева выделила особый класс моделей психологических структур, «парадигмальных», «аксиоматика которых согласована с аксиоматикой области, на объектах которой они (модели) строятся». Эту классификацию она поясняет так: «Если модель предполагает, что зрительный поиск осуществляется поэлементно без возврата к просмотренным позициям, и при этом для верификации этой гипотезы используется сравнение измеренного и предсказанного **среднего** (выделено мной — И.А.) времени поиска, то эта модель непарадигмальная» (Артемьева, 1999, с. 54). Такой способ верификации модели структуры не соответствует исходным положениям парадигмы. Заметим, что приведенное понимание довольно точно соответствует строгому смыслу понятия «парадигма», а также основам фальсификационистской логики, противостоящей логике подтверждения.

Концепции, направленные на изучение психологических структур содержат в числе фундаментальных положений обоснования способа реконструкции этих структур. Например, представление Л.С. Выготского и А.Н. Леонтьева о том, что значения фиксируются в индивидуальной структуре сознания как правила их порождения (Выготский, 1968; Леонтьев, 1971), допускает возможность реконструкции значений по проявлениям процесса их порождения, использованную в психосемантических исследованиях (Петренко, 1997). К числу реконструктивных концепций, несомненно, следует отнести принцип операциональной аналогии между параметрами субъективного семантического пространства и категориальной структурой индивидуального сознания (Петренко, 1997, с. 102-109). Эмпирически устанавливаемая структура субъективного семантического пространства является реконструкцией предмета изучения психосемантики — категориальной структуры индивидуального сознания.

Реконструктивные возможности исследования расширяются за счет специально разрабатываемых приемов выявления свойств предмета исследования в терминах *латентных переменных*. Так, И. Стайлз предложила психометрические процедуры, в которых латентные переменные (оценки теоретических конструктов) анализируются совместно с переменными, которые оценивают выполнение интеллектуальных тестов (Styles, 1999). Для реконструкции внутренних психологических структур и процессов применяется линейно-структурный анализ (*LISREL*) (Jöreskog, Sörbom, 1989) латентных переменных, оценивающих личностные черты и психологические состояния, их проявления в установках личности (Steyer, Schmitt, 1990; Steyer, Schmitt, Eid, 1999).

3.3.2. ОБЩИЕ ЧЕРТЫ МЕТОДИЧЕСКИХ ПРИЕМОВ ИЗУЧЕНИЯ ПСИХОЛОГИЧЕСКИХ СТРУКТУР

В анализе методических приемов психосемантики, направленных на изучение психологических структур, представленных семантическими сетями, В.Ф. Петренко основное внимание уделяет методу субъективного шкалирования, ассоциативному эксперименту, методу семантического дифференциала, личностному семантическому дифференциалу, репертуарным решеткам Дж. Келли, методу семантического радикала, классификациям объектов (Петренко, 1997). В этой области исследований применимы и другие методики. А.Г. Шмелев пополняет список такими тестовыми методиками, как 16PF, Большой пятеркой, MMPI (Шмелев, 2002). Используют также анализ медленных потенциалов мозга, связанных с событиями (ERPs, ССП), (например: Holcomb, McPherson, 1994; Skrandies, 1998). Петренко приводит результаты применения регистрации плевтизограммы в психосемантическом исследовании (Петренко, 1997, с. 88–91).

По нашему мнению, методики, перечисленные Петренко, составляют ядро методического арсенала психосемантики не только потому, что они специфичны по отношению к свойствам семантических структур. Они являются эффективным инструментом реконструкции исследуемых структур, поскольку, во-первых, они **вовлекают испытуемого в определенную предметную область**, делают его реальным «участником исследования», как рекомендуют называть испытуемых в руководствах для авторов научных публикаций (Publication manual, 1994). Участники исследования **активны**, они выполняют операции сравнения, оценивания, формирования категорий, оперируют материалом опыта, реконструкцией стимульного материала по предложенным спискам универсалий («обратный эксперимент», см.: Артемьева, 1999, с. 43–44). Во-вторых, в этих приемах, особенно в семантическом дифференциале и методике личностных конструкторов Дж. Келли, **используется нежестко структурированный, неопределенный материал, мягкий регламент действий испытуемых**. В этом отношении они обладают выраженными общими чертами с проективными методиками, в которых испытуемые интерпретируют, как правило, многосмысленные ситуации, конструируют, развивают и проявляют свои установки по отношению к этому материалу так, что при этом оценки ответов участников исследования как «правильных» или «ошибочных» не предусмотрены и невозможны (Бурлачук, Морозов, 1999, с. 250). Это сходство отмечают Л.Ф. Бурлачук и С.М. Морозов, специально указывая, что семантический дифференциал может применяться в сочетании с проективными методиками (Бурлачук, Морозов, 1999, с. 302). Более подробно соответствие между этими группами методик проанализировал А.Г. Шмелев (Шмелев, 2002, с. 327–329). Специально отметим, что они сходны и в отношении трудности оценки их надежности и валидности (Бурлачук, Морозов, 1999; Шмелев, 2002).

Выделенные нами две группы свойств методик, применяемых в психосемантике, являются ключевыми для реконструкции психологических структур. Приведем важное заключение, сделанное Е.Ю. Артемьевой: «Единственный способ выявить актуальные свойства объектов и структуры субъективного опыта — это изучать их в условиях неопределенных инструкций и неопределенных задач» (Артемьева, 1980, с. 109). Можно полагать, что в этих ситуациях «проективные» свойства методик будут выражаться в наблюдаемых продуктах деятельности и активно строящихся и наблюдаемых стратегиях взаимодействия участников исследования с материалом, предоставленным ему («предметной областью»).

В силу выражено активного характера деятельности испытуемых, у них должны наблюдаться актуалгенетические эффекты формирования нового опыта. Так, хорошо известен психотерапевтический эффект применения репертуарных решеток Дж. Келли (Франселла, Баннистер, 1987). Как замечает Е.Ю. Артемьева, при выполнении заданий с **неопределенными инструкциями**, в ситуации «психосемантического эксперимента», которая воспринимается как **игровая**, «развивающий эффект настолько силен, что может быть зарегистрирован объективно» (Артемьева, 1999, с. 169). Представляется, что продукты этого «развивающего эффекта» могут быть более точно реконструированы, если деятельность участника исследования будет ориентирована на формирование или реорганизацию определенного домена в рамках исследуемой психологической структуры. Задача такой ориентации хорошо соответствует общей тенденции в исследованиях организации семантических структур: если раньше работы были направлены на выделение наиболее универсальных факторов-категорий, то теперь акцент сместился на частные семантические пространства для определенных понятийных классов (Петренко, 1997, с. 106).

Таким образом, можно предположить, что в игровой ситуации, представляющей для участника исследования определенную предметную область, при условии нежесткого регламента, позволяющего ситуативно определять траекторию формирования компетенции и соответствующей ей структуры опыта, возможно эффективное решение задачи реконструкции этой структуры по характеристикам взаимодействия игрока с предметной областью и продуктам его деятельности.

3.3.3. ПРОБЛЕМА ОНТОЛОГИЧЕСКОГО СТАТУСА ПСИХОЛОГИЧЕСКИХ СТРУКТУР

Понятие «структура» в широком смысле применимо к неоднородному множеству предметов психологического исследования, принятых в различных парадигмах. Это множество содержит, например, структуру субъективного

опыта (Артемьева, 1980, 1999), компоненты которой фиксируют отношения субъекта к миру; структуру индивидуального опыта (Александров, Греченко и др., 1997; Швырков, 1995), компоненты которого представлены группами нейронов, специализированными относительно определенных поведенческих актов; структуру ментального опыта (Холодная, 2002а), часть компонентного состава которой имеет характер схем (см. выше); различные варианты структуры интеллекта, например, Ч. Спирмена, К. Терстоуна, Дж. Гилфорда, Р.Б. Кэттелла (Дружинин, 1995; Солсо, 1996; Холодная, 2002а, 2002б), компоненты которого — факторы, выделенные специальными вычислительными приемами.

Приведенные гипотетические психологические структуры представляют широкий спектр значений на шкале онтологического статуса (полюса «онтологический» vs. «гносеологический»). Различение этих аспектов необходимо для проведения психологического исследования (Рубинштейн, 1973, с. 309). Значение для исследовательской практики представления об «онтологическом и гносеологическом аспектах рассмотрения объектов и явлений» проанализировано Я.А.Пономаревым (Пономарев, 1983, с. 81-118]. Эти **аспекты исследования** не совпадают с гносеологией и онтологией — философскими дисциплинами. Рассмотрение процесса взаимодействия и его продуктов «есть онтологический, конкретно-научный анализ». «Задачей гносеологического анализа является сопоставление изменений, следов, ... под углом установления структурного сходства следа воздействия с какой-либо стороной отражаемого предмета». В гносеологическом аспекте психологические структуры выступают как отношение модель-оригинал, в то время как в онтологическом — как способ «объективно реального существования этого абстрактного представленного содержания и понимается как материальный эффект взаимодействия предметов» (Пономарев, 1983, с. 107-108). С этой точки зрения конкретно-научное исследование возможно по отношению к объекту (и предмету) исследования, который либо обладает статусом существования¹, либо в принципе может им обладать. А.В. Брушлинский подчеркивал, что «целостность, единство и системность» общей психологии как единой основе всех ветвей психологической науки обеспечиваются, прежде всего, ее онтологией (Брушлинский, 2003, с. 49).

М.А. Холодная связывает кризис в изучении интеллекта со «сложностями в уяснении онтологического статуса понятия “интеллект”», который описывается через перечисление свойств (Холодная, 2002а, с. 75). Развива-

емый ею подход она называет «онтологический подход к изучению интеллекта» (Холодная, 2002г, с. 16). Разрешение кризиса, по ее мнению, состоит в развитии представления об интеллекте как свойстве носителя — индивидуального ментального опыта, который в соответствии с этой концепцией обладает статусом существования. Методологический анализ различных подходов к исследованию восприятия, проведенный В.А. Барабанщиковым, привел его к необходимости сформулировать «онтологическую» парадигму. Им показано, что это методологическое решение позволяет в полной мере реализовать основные объяснительные принципы психологии: принцип развития, системности, субъектности (Барабанщиков, 2000, с. 106—114). Действительно, представляется невозможным применение этих принципов к психологическим структурам, если придерживаться, например, точки зрения Р. Солсо, который принципиально лишает их статуса существования (онтологического статуса) как метафорические построения: «*Структура* применительно к строению или организации когнитивной системы — это термин в значительной степени метафорический, т.е. постулируемые структуры — это *условное представление* того, как организованы мысленные элементы, но не буквальное их описание (*выделено Р. Солсо*)» (Солсо, 1996, с. 37, 558). Еще более определенно Солсо формулирует свою позицию в словаре к этой книге: «Структура, организация — не буквальная, а метафорическая “архитектура” когнитивной модели...» (с. 558). В приведенных высказываниях Солсо следует обратить внимание на то, что, с его точки зрения, структуры — **постулируемые**, а не **гипотетические**. Из этого следует, что по отношению к ним не могут быть обоснованно сформулированы исследовательские гипотезы. Такая позиция Солсо восходит к исходному для бихевиоризма отрицанию существования внутренних психологических структур, которое, по словам Т.А. Ребеко, фатальным образом воспроизводится сторонниками когнитивизма, даже в периоды активного противостояния необихевиоризму (Ребеко, 1998а, с. 26). Тем не менее, хотя следует признать правоту Солсо в том, что метафорические построения полезны как некоторые объяснительные конструкции (представляющие гносеологический аспект исследования!), но, они, как метафоры, не обладая онтологическим статусом, не могут быть предметом конкретно-научного исследования.

Поэтому закономерно замещение «аспектных» предметов исследования, такими конструктами, которым может быть придан статус существования. Так, с точки зрения А.Л. Журавлева, «индивидуальный субъект» и «индивидуальная деятельность» являются лишь «некоторыми условностями, которые допускаются в исследовании или в практическом анализе», т.е. связываются им скорее с гносеологическим аспектом рассмотрения предмета исследования. В противоположность им «коллективный субъект» имеет и гносеологический и онтологический смысл, и поэтому к этому предмету исследования могут быть

¹ Статусом существования или онтологическим статусом могут обладать не только вещественные объекты и явления, но и невещественные, например, такие как процессы и физические поля.

эффективно применены объяснительные принципы психологии и, следовательно, он может быть описан как «активный, действующий, интегрированный, т.е. выступающий единым целым, ответственным и т.д.» (Журавлев, 2000, с. 135–136).

В качестве критерия статуса существования используется связь психологических структур и процессов с субстратом, с активностью мозга (Андыферова, 2004, с. 168; Холодная, 2002а, с. 79). Например, У. Найссер, как и другие представители когнитивной психологии, принимая схемы в качестве компонентов когнитивной структуры, связал их с нервной системой (Найссер, 1981, с. 73). Одно из наиболее фундаментальных положений системно-эволюционного подхода состоит в том, что компоненты структуры опыта представлены группами нейронов, специализированных относительно поведенческих актов (Александров, Греченко, Гаврилов, и др., 1997). В этом случае связь структуры с мозгом сформулирована более определенно, в форме, доступной для фальсификации, и является более строгим аргументом в пользу онтологического статуса структуры, чем довод Найссера. В современной исследовательской практике для того, чтобы верифицировать реконструированные психологические структуры, используют критерий соответствия организации этих структур и активности мозга (Peschl, 1997). При этом используются методы и данные нейропсихологических и нейролингвистических исследований (см., например: Черниговская, 1990), однако наиболее строгими доказательствами валидности построений считаются данные, полученные при исследовании активности нейронов, в том числе и у животных (см.: Squire, 1986, 1990; Tulving, 1985, 1987).

Заметим, однако, 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. О трудности применения этого доказательства на основе признаков см. (Холодная, 2002а, 75–82; Швырков, 1995, с. 118, 120). Заметим, что из этого следует также невозможность установления онтологического статуса объектов в рамках идиографических описаний и идиографического подхода в целом.

Наиболее мощным критерием для определения онтологического статуса следует признать эволюционный: «Единственной и общей для всех наук онтологией в настоящее время является теория эволюции» (Швырков, 1988, с. 133). С этой точки зрения статусом существования обладают те объекты, процессы и явления, которые сформированы в филогенезе или онтогенезе, которые подчиняются единым принципам эволюции (см. 1.1). Именно поэтому принципы развития применимы к объектам и процессам, обладающим онтологическим статусом. За рамки этого правила следует вывести абстрактные конструкторы — продукты эволюции научных концепций. Действительно, объ-

екты, сформировавшиеся в соответствии с эволюционным принципом, существуют независимо от познавательной позиции исследователя.

Важными для доказательства онтологичности следует считать методологические аргументы (Бунге, 1975). Само отношение к проблеме онтологического статуса фиксируется в основных положениях парадигмального знания. В рамках парадигмы, положения которой разделяет Р. Солсо, гипотезы, которые предполагают онтологичность психологических структур (в данном случае — когнитивных) *не имеют смысла*, с позиции У. Найссера, такие гипотезы *могут быть* сформулированы, а системно-эволюционный подход с необходимостью *требует* верификации гипотез такого рода и предоставляет для этого методологические основания и методические процедуры. Статус существования может быть придан предмету изучения, если он соответствует согласованным, не противоречащим друг другу версиям основных принципов психологии, причем в качестве ведущего принципа следует принять принцип взаимодействия/развития в его эволюционной версии (системогенетической, основанной на селекционизме, преодолевающей двухфакторную модель эпигенеза, строго отвергающей инструктивные представления о развитии, признаки преформизма, концепцию *tabula-rasa*) и вытекающие из него версии принципов (целостности в системной версии, активности, субъектности).

3.4. СТРУКТУРА ОПЫТА И СТРУКТУРА ЗНАНИЯ: ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОНЯТИЙ И ИХ СООТНОШЕНИЕ

Предковые формы современного понятия «опыт» сложились в рамках философской теории познания. Одним из первых применил понятие опыт к философско-психологическим исследованиям познания Г.В. Лейбниц. В его работах разделяются понятия опыта как практики (например, в научном познании) и внутреннего опыта как некоторых неотчетливых знаний, которые имеют не рациональное происхождение, возникают не в результате рассуждения (Лейбниц, 1982, с. 315; 1983, с. 90). Дж. Локк также разделял внешний и внутренний опыт. Но с его точки зрения, *внешний опыт* непосредственно основан на чувствах, в его состав включены простые идеи, неразложимые на меньшие единицы, а *внутренний опыт* формируется в результате манипуляций ума с простыми идеями, например, в процессе самонаблюдения, при этом из простых идей образуются сложные. Понятие «внешний» опыт не тождествен *действиям* субъекта, он не открыт для стороннего наблюдателя. В системе понятий эмпирической психологии конструкторы «внешний» и «внутренний опыт» представляли предмет изучения, а опыт как эксперимент — получение

ощущений посредством усилий; ощущения представляют материал для внешнего и внутреннего опыта. Отметим, что Локк обозначал «внутренний» словом «*inward*», а «внешний» — «*external*» или «*outward*», это соответствует скорее **референтности** опыта внешним объектам (через перцепцию) или идеям (*inward operations of their minds*) (см.: An Essay Concerning Human Understanding, Book III, Chapter I), а не **локализации** опыта «внутри или вне субъекта». И внешний, и внутренний опыт доступны только самонаблюдению.

В собственно психологический контекст понятие «опыт» ввел Х. Вольф, который основывался на идеях Лейбница. «Знание, которое мы достигаем посредством внимания к нашим ощущениям и изменениям души, мы обычно называем опытом» (Вольф, 2001, с. 267). Заметим, что в этом определении, как и в понимании Лейбница, или в концепции Локка, понятие «опыт» связано с понятием «знание» и отнесено к тому же классу психологических образований.

Понятие «опыт» вошло в число базовых психологических категорий и использовалось для обозначения всего разнообразия активности. Вне интроспективной психологии опыт утратил обязательную связь с осознанием (Hartman, 1947). В структурной психологии Э. Титченера опыт стали связывать с активностью нервной системы. Дифференциация понятия «опыт» точно отражена в англоязычной терминологии; исходно единое понятие дифференцировалось на опыт как: (1) переживание (преимущественно обозначается *subjective experience*) (см., например: Vanman, Dawson, Brennan, 1998) и (2) обозначение всей совокупности зафиксированных взаимодействий индивида с миром (*individual experience*), причем в качестве синонима используют трудно операционализуемый термин «жизненный опыт» (*life experience*) (Klonowicz, 1979).

Понятие «структура опыта» в применении к психологическим структурам подчеркивает аспект фиксации многообразий взаимодействий индивида с окружением, которые были совершены в индивидуальной истории к настоящему моменту. Заметим, что в таком понимании структура опыта рассматривается как продукт процессов научения (Брунер, 1977; Materska, 1975) или соотносится со структурой памяти так, что дискретные компоненты опыта могут быть извлечены из памяти (Kolodner, Kolodner, 1987). Специально отметим, что П.К. Анохин был одним из первых, кто связал понятие опыта, памяти и активности мозга (Анохин, 1975, с. 47). Это построение послужило основой для введения понятия «субъективный или индивидуальный опыт» в системно-эволюционном подходе (см. гл. 5).

Соотношение опыта, фиксируемого в «психической структуре» как репертуара возможностей формировать опыт и действовать (*repertoire of possibilities to make experiences and to act*) представлено в работе (Koch, Arnscheid et al., 1999). Согласно этой концепции, психологическая структура развивается у ребенка в процессе взаимодействия с миром и проявляется через поведение как «богатство опыта взаимодействия с миром и с другими».

Конструкт «структура опыта» обладает весьма высоким потенциалом обобщения, он применяется к психологическим структурам как человека, так и животных; его развитые варианты приближают к решению вопроса об онтологическом статусе психологических структур (Александров, Греченко и др., 1997; Артемьева, 1980; 1999; Пономарев, 1983; Холодная, 2002а; Швырков, 1995; Шимко, 1975). Смысл понятия «структура опыта» в приведенных концепциях весьма различен. Это касается представлений о компонентном составе структуры: в структуре субъективного опыта (Е.Ю. Артемьева) это схемоподобные образования (Артемьева, 1999), в структуре ментального опыта (М.А. Холодная) типология компонентов весьма разнообразна (Холодная, 2002а, с. 109). Компоненты структуры индивидуального опыта, определенной в рамках системно-эволюционного подхода, фиксируют модели взаимодействия индивида с окружением, им поставлены в соответствие группы поведенчески специализированных нейронов, а актуализации компонентов — реализация поведенческих актов (Александров, Греченко и др., 1997; Швырков, 1995; см. также 5.4). Важно, что в перечисленных концепциях по-разному представляются основания классификации компонентов и типология отношений между ними.

Категория «знание» складывалась в тесном единстве с категорией «опыт» (см. выше определение, данное Х. Вольфом). Сопряженность этих понятий была развита в учении И. Канта: ср. определения «опыт есть сам вид познания», и «...эмпирическое знание, которое называется опытом» (Кант, 1994, с. 19 и 108). Эта связь, по-видимому, обусловила включение знания в число базовых психологических терминов наряду с опытом.

У. Джемс обосновал различие «знания как знакомости с чем-либо» (*knowledge of acquaintance*) и «знания о чем-либо» — осведомленности (*knowledge about*) (Джемс, 1902). Можно полагать, что последнее понимание термина является предшественником современных психологических представлений о знании (Reber, 1995). Заметим, что современные психологические словари также дают и общее, внепсихологическое понимание термина «знание» как информации о чем-либо (например, кодифицированное научное знание), или как веры во что-либо, мнения (*belief*) (Colman, 2001).

В качестве информации об окружающем мире знание понимается весьма широко, например, как совокупность образов предметов и явлений внешнего мира, образов собственных действий человека (Талызина, 1969), знания о мире фиксируются в долговременной памяти (Lockhart et al., 1976), а кратковременная память определяется как «совокупность актуализированных репрезентаций знания» (Величковский, 1982, с. 17). Знание рассматривается как система понятий и категорий (см. например: Бардин, Барабанщиков, Митькин, 1989; Петренко, 1988), или как абстракция, обобщение и понятие в их единстве (Давыдов, 1972, 1976), как модель реальной действительности (Брунер, 1971).

Следует отметить, что доступность осознанию не является критерием, ограничивающим понятие «знание»: оно одинаково применимо как к осознаваемым, так и к неосознаваемым сведениям о мире, причем предполагается, что имплицитное знание также может быть доступно осознанию (см.: Mathews, 1990; Neal, Hesketh, 1997). Неадекватность этого критерия следует также из логико-философского представления об индивидуальных концептуальных системах как системах мнений и знаний о мире, отражающих опыт субъекта на доречевом (и даже доязыковом) этапах и уровнях, не сводимый к лингвистическим сущностям (Павилёнис, 1983, с. 12).

Понимание знания как структуры, фиксирующей различные формы опыта, сложилось преимущественно в когнитивной психологии. Так, структура знания рассматривается как расширенная иерархическая структура образов (Paivio, 1986, p. 65), или как форма сохранения жизненного опыта (Солсо, 1996, с. 411) (Р. Солсо применяет термин «структура» исключительно в метафорическом смысле). Предполагается, что знание как структура детерминирует поведение человека (Neisser, 1967). Онтологический смысл структуре знания придается на основе ее связи с активностью мозга. Так, в концепции Я.А. Пономарева знание понимается как динамическая мозговая модель предметов и их свойств (Пономарев, 1967). Развернутое понимание этой связи дано в суждении Т. Парсонса: «Подлинно человеческими навыками и умениями руководит упорядоченное и кодифицированное ЗНАНИЕ как объектов, на которые направлено воздействие, так и человеческих способностей, необходимых для такого воздействия. Такого рода знание является одним из аспектов символических процессов культурного уровня и подобно другим символическим процессам ... требует наличия ... мозга. Эта органическая система с очевидностью является существенной для всех символических процессов» (цит. по: Болинджер, 1987).

В области искусственного интеллекта знания понимаются также как целостная совокупность сведений о предметах, объектах, явлениях, которая соответствует некоторому уровню осведомленности о них (Аверкин, Гаазе-Рапопорт, Поспелов, 1992). Знания представлены в структуре, они могут приобретаться, перерабатываться и использоваться (Аверкин, Блишун и др., 1990; Герман, 1995; Осуга, 1989; Осуга, Саэка, 1990; Поспелов, 1990; Уэно и др., 1989). Различные варианты представления знаний в искусственном интеллекте (логические, сетевые, продукционные) дают описания структуры знания в терминах предметной области, т.е. в терминах объектов и отношений между ними (см.: Аверкин, Гаазе-Рапопорт, Поспелов, 1992), а не в терминах психологических структур (Jonassen, 1991; Rychlak, 1991; Hahn, Chater, 1998). Хотя, например, для сетевых моделей объекты реального мира («П-сущности») отличаются от отображений этих объектов в структуре знания («М-сущности»), такие описания могут представлять собой не структуру

собственно индивидуального знания, а специально организованное описание предметной области, существенно дополняющее кодифицированные, нормативные знания о предметной области. Так, Я. Лаллемент и Ф. Александр (1997) обосновывают необходимость совмещения «спектров моделей, представляющих искусственный интеллект с 'когнитивным' спектром, представляющим разнообразие когнитивных операций у человека». Следует заметить, что сходная проблема описания психологических структур — представляют они собой зеркальное или модифицированное отображение предметной области (окружающей среды), — существует и в когнитивной психологии (см.: Ребеко, 2002, Paivio, 1975, 1986) Так, например, компоненты психологических структур индивида и отношения между ними рассматриваются как прямая копия множеств внешних объектов и отношений между ними, репрезентациями которых являются данные компоненты (Веккер, 1976). Подобно тому, как понятие отличается от предмета, к которому оно отнесено (Давыдов, 1972), компоненты структуры индивидуального знания не могут быть прямой копией репрезентируемых объектов, они неизбежно должны быть результатом обобщения, должны фиксировать историю формирования структуры знания (Koubek, Clarkston, Calvez, 1994).

Таким образом, понятия «опыт» и «знания» являются «двойниками» во многих отношениях: и в истории зарождения этих понятий, в их отношении к феноменам осознания, в возможности описывать опыт и знание как психологические структуры в терминах компонентов и их отношений, причем в обоих случаях компоненты могут быть представлены как модели взаимодействия индивида с предметными областями. Как в структуре опыта, так и в структуре знания выделяют крупномасштабные области, соотносимые с целостными предметными областями. За некоторые основания для различения знания и опыта можно было бы принять определения знания, характерные для искусственного интеллекта, например, «знание — это формализованная информация, на которую ссылаются и которую используют в процессе логического вывода» (Уэно, Исидзука, 1989). Однако это определение кодифицированной информации, уже «извлеченной из эксперта», утратившей статус содержания психологической структуры, к ней, действительно нельзя применить характеристики «имплицитной», «невербальной», «осознаваемой» и т.п. Некорректно также разделять опыт и знание по соотносительности знания именно с содержательными характеристиками предметной области, а опыта — также и с инструментальными характеристиками взаимодействий. Из фундаментального положения, что компоненты и структуры знания и структуры опыта представляют собой модели взаимодействия, следует, что целевые, результативные, операциональные и другие характеристики моделей являются искусственно выделяемыми аспектами этих моделей (Пономарев, 1983).

Некоторые отличия терминов «опыт» и «знание» можно отметить в их употреблении по отношению к человеку и животным. Если «опыт» одинаково часто применяется в этих случаях, то «знание» применяется преимущественно к человеку, а из животных — к обезьянам. Такое использование терминов принято, в частности, в теории функциональных систем и системно-эволюционном подходе (Александров, Греченко и др., 1997; Александров, Максимова и др., 1999; Швырков, 1995). Заметим, однако, что в методологических работах, в которых специально анализируется соотношение психологических характеристик человека и животных и подчеркивается их сходство, это различие не проводится (см., например: Матурана, Варела, 2001).

ГЛАВА 4

НАУЧЕНИЕ

4.1. ОСНОВНЫЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Психологические понятия «научение», «обучение», «учение» описывают широкий круг явлений, связанных с приобретением опыта, знаний, навыков, умений в процессе активного взаимоотношения индивида с предметным и социальным миром — в поведении, деятельности, общении.

Приобретение опыта, знаний и умений происходит в течение всей жизни индивида, таким образом, процессы обучения совпадают во времени с развитием, созреванием, овладением формами группового поведения, а у человека — с социализацией, освоением культурных норм и ценностей, формированием личности. Периоды овладения профессиональными знаниями, компетенцией, составляют одну из основ социально валидных периодизаций жизни человека, предложенной, например, Н. Решером (Resher, 1987): новичок, ученик, компетентный специалист, мастер, эксперт.

Представления о научении, разработанные в рамках различных научных направлений, школ, парадигм, могут не совпадать. Поэтому сначала мы представим синтез совпадающих аспектов различных определений, а затем обсудим их специфику. В основу этого обсуждения положены определения, приведенные в классических и современных руководствах по психологии и в отечественных и зарубежных психологических словарях (Вудвортс, 1950; Зинченко (ред.), 1986; Монпелье, 1973; Петровский, Ярошевский (ред.), 1985; Платонов, 1974; Стивенс (ред.), 1963; Colman, 2001; Drever, 1969; Goldenson (ed.), 1983; Hilgard, Marquis, 1961; Kling, Riggs, 1971; Reber, 1995; и др.).

4.1.1. НАУЧЕНИЕ, ОБУЧЕНИЕ, УЧЕНИЕ

Смысловые поля этих терминов в значительной степени перекрываются. Они описывают *процесс приобретения новых компонентов репертуара поведения, деятельности, их адаптивных модификаций, изменения эффективности и продуктивности.*

Все определения включают представления о постепенности изменений; особенно выделяется роль упражнения; подчеркивается отличие рассматриваемых явлений от эффектов, проявляющихся в преходящих состояниях, например, при утомлении или воздействии активных веществ; некоторые определения дают формулировки соотношения научения с эффектами созревания и развития, с «врожденными/приобретенными» индивидуальными характеристиками.

Заметим, что отдельные приведенные положения этих определений не соблюдаются строго. Овладение новым знанием, умением, навыком может происходить и одновременно, в результате *инсайта*, «схватывания» ситуации. Установление соотношения и разграничение эффектов научения/обучения/учения и созревания/развития — одна из фундаментальных проблем психологии.

Если *обучение* и *учение* обозначают процесс приобретения индивидуального опыта, то термин «*научение*» описывает и сам процесс, и его результат.

Термины «обучение» и «учение» в большей степени приложимы к ситуации передачи знания от учителя к ученику. Ситуация обучения предполагает большую степень активности со стороны индивида, чем ситуация *научения*.

В психолого-педагогическом отношении *обучение* рассматривается как управление процессом накопления знаний и формирования познавательных структур, как организация и стимуляция познавательной и исследовательской активности индивида.

Термины «*научение*» и «*обучение*» равно приложимы и к человеку, и к животным, в отличие от понятия «*учение*».

Различия позиций исследователей проявляются в том, **что** именно они считают продуктом процесса научения.

Хотя модификация поведения, расширение его репертуара, изменение эффективности деятельности являются неотъемлемыми характеристиками научения, для исследователей ортодоксальной и радикальной бихевиористской ориентации лишь показатели, доступные для внешнего наблюдения, составляют результаты процесса научения. Заметим, что с позиций когнитивного бихевиоризма (Э. Толман) в число результатов научения входит формирование/совершенствование «когнитивных карт» (Толман, 1980; Tolman, 1948).

Другие исследователи к важнейшим продуктам относят новые образы, вновь сформированный «внутренний план» действий (Гальперин, 1985), новые системы понятий (Давыдов, 1972), созданные и модифицированные структу-

ры индивидуального опыта или знания (Швырков, 1995; Александров и др., 1997, Александров, Максимова, и др., 1999). К результатам научения следует отнести и «побочные продукты деятельности», представление о которых сформулировал Я.А. Пономарев (1976). Согласно моделям, разработанным в рамках когнитивной психологии, результатом научения является создание и трансформация ментальных моделей, репрезентаций.

Таким образом, **научение/обучение/учение — процесс приобретения индивидом новых способов осуществления поведения и деятельности, их фиксации и/или модификации. Изменение психологических структур, происходящее в результате этого процесса, обеспечивает возможность дальнейшего совершенствования деятельности.**

Далее мы будем использовать термин «научение» как родовое понятие, делая специальные оговорки, если необходимо подчеркнуть специфику феномена научения/обучения/учения.

Опыт (experience, individual experience): 1) внешняя активность индивида, его взаимоотношения с миром — предметным и социальным; 2) совокупность знаний о мире, навыков, умений, накопленных индивидом в его истории взаимоотношения с миром (см. гл. 3.4).

Навык: 1) (skill) действие, сформированное для решения определенной задачи, использующее внешнее средство. Навык обеспечивает достижение цели действия в широких пределах изменения условий. В основе этого свойства навыков лежит вариация внутренних и внешних условий в процессе научения; формирование навыка начинается с развернутого использования конкретного правила до свернутого (автоматизированного, интериоризированного) действия, не требующего ни артикуляции правил, ни развернутого контроля, который актуализируется лишь в случае затруднения при решении задачи; 2) (habit) устойчивые адаптивные паттерны действий, сформированные в процессе научения, позволяющие эффективно взаимодействовать с миром (предметным и социальным); навыки обеспечивают решение моторных и интеллектуальных задач, лежат в основе невербальных и вербальных компонентов общения.

Термин «навык» употребляется для описания относительно простых действий; англоязычный аналог «skill» имеет более широкое смысловое поле: его референтами являются и простые действия, и сложные умения, и компетенции, например, «skilled chess player» — умелый, квалифицированный шахматист. Чтобы разграничить эти применения, для простых действий используют такие термины, как «psychomotor skills» или «motor skills» — психомоторные или моторные навыки.

Умение: 1) уровень владения действием на промежуточных этапах формирования навыка; 2) (skill) характеристика уровня владения знанием.

Знание (knowledge): субъективная модель окружающего мира, фиксирующая все многообразие взаимоотношений, реализованных индивидом в процессе

его жизнедеятельности; система индивидуальных и личностных смыслов (см. также гл. 3.4).

Компетенция (competence): способность к выполнению определенной деятельности.

Упражнение (exercise): многократное выполнение какого-либо действия в целях его усовершенствования.

4.2. НАУЧЕНИЕ В КОНТЕКСТЕ ОБЩЕПСИХОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ

Один из самых ярких феноменов, обнаруженных при исследовании процесса научения, состоит в тесной связи характеристик протекания научения и его результатов с широким кругом психологических явлений.

Научение — процесс приобретения, фиксации и модификации репертуара деятельности индивида. Любое взаимодействие с миром не только удовлетворяет потребности индивида, но и изменяет структуру знаний о мире. Таким образом, научение является необходимым компонентом любой деятельности (см. Зинченко (ред.), 1986, с. 398). Важно, что результаты современных исследований показывают принципиальное единство закономерностей для всех форм научения, независимо от природы изучаемого материала (логический, символический, операциональный) и уровня научения (навык, знание, социальная компетенция) (см., например, Rosenbaum, Carlson, Gilmore, 2001).

Опыт, знания и навыки, приобретенные в результате научения, фиксируются в психологических структурах индивида так, что они могут быть *актуализированы* для достижения результатов и целей поведения и деятельности. Именно сохранение результатов научения в форме компонентов структуры субъекта позволяет модифицировать накопленный ранее опыт, обеспечивает латентное научение, феномены генерализации и дифференциации приобретенного опыта и знаний. Согласно современным концепциям, различные виды научения связаны с формированием специализированных систем памяти. Знания о предметном мире, объектах и их отношениях в форме значений и понятий фиксируются в семантической памяти, а о личностных взаимоотношениях с окружением, в первую очередь социальным, — в эпизодической памяти (см.: Ребеко, 2002а; Андерсон, 2002; Солсо, 1996; Tulving, 1987). Проблемы памяти и научения связаны теснейшим образом. Достаточно сопоставить определения процессов научения, приведенные выше, и определение памяти, данное Т.А. Ребеко: «Память — это способность живой

системы фиксировать факт взаимодействия со средой (внешней или внутренней), сохранять результат этого взаимодействия в форме опыта и использовать его в поведении» (Ребеко, 2002а, с. 79). Эти определения используют следующие общие ключевые конструкты: взаимодействие, фиксация, опыт, использование в поведении (эквивалентно актуализации). Многие понятия не различимы по смыслу в приложении к этим, относительно искусственно выделенным аспектам строения и активности субъекта; «имплицитный», «эксплицитный», «процедурный», «декларативный» и др. в равной степени применимы как к памяти, так и к процессам научения.

Уже в ранних работах бихевиористов была установлена зависимость эффективности научения от мотивационных характеристик поведения (закон готовности). Показано также, что успешность научения тесно связана с уровнем развития общего интеллекта, установками и другими свойствами личности (Дружинин, 1995).

В.Д. Шадриков (1994) отмечает тенденцию к построению таких схем, объясняющих феномены научения, «которые охватывали бы различные аспекты деятельности психики: отражательную, программирующую, регулирующую» (там же, с. 128), и предлагает применить концепцию системогенеза, сформулированную П.К. Анохиным, в основе которой лежит представление о научении и развитии как формировании новых функциональных систем (Анохин, 1978) (см. 1.5.3 и 5.1). Действительно, представление о функциональной системе как компоненте индивидуального опыта, в котором зафиксировано реализованное ранее соотношение индивида с окружающим миром, включая мотивацию, цель акта, условия, в которых эта цель достигалась, специфику действий по ее достижению и параметры полученного результата, позволяет подойти к описанию системного, целостного характера как процесса приобретения опыта, знаний, навыков, личностных особенностей, так и структур, формирующихся при этом (Александров и др., 1997; см. гл. 2 и 5).

Специально следует упомянуть одну из важнейших проблем исследований научения. Все процессы, относящиеся к классу научения, — процессы порождения нового, обладающие свойством необратимости, входят в класс каузальных отношений и поэтому могут быть изучены в этом качестве только при применении дизайна истинного эксперимента (Кэмпбелл, 1996). Разумеется, стадии доэкспериментальных и квазиэкспериментальных исследований должны быть пройдены, но различие этих типов исследования, ограничения целей, гипотез и возможных выводов следует принимать во внимание при планировании, проведении исследований и публикации их результатов, а также при оценке опубликованных работ.

4.2.1. НАУЧЕНИЕ И РАЗВИТИЕ

На протяжении XX в. было предложено несколько вариантов решения проблемы соотношения обучения и развития, исходящих из предположения об их принципиальном различии.

1. Ведущую роль играет обучение; развитие рассматривается лишь как одно из следствий обучения. Такой точки зрения придерживались ортодоксальные бихевиористы. Дж. Уотсон (1980), например, отрицал само существование наследственных форм поведения. Очевидно, что это решение основано на концепции *tabula rasa* (см. 1.5.1).

2. Обучение оказывает существенное влияние на процессы развития. Развивающее воздействие обучения может быть достигнуто за счет совершенствования содержательной стороны обучения, как полагает В.В. Давыдов (1986), или при применении специальных приемов обучения, например, поэтапного формирования умственных действий (Гальперин, 1985), у детей 5–6-летнего возраста возможно сформировать понятия, при обычных способах обучения доступные 9–10-летним (Обухова, 1995). Этот подход обладает чертами инструктивной концепции (см. 1.5.1).

3. Развитие проходит фиксированные стадии. Предыдущая стадия подготавливает последующую, а научение реализует достигнутые в развитии возможности, как это предполагается, напр., в концепции Ж. Пиаже (Пиаже, 2001). Показано, что даже специальное обучение не позволяет ребенку избежать ошибок, характерных для его возраста, при решении задач, доступных для детей, находящихся на следующей стадии развития. В основе генетической эпистемологии — концепции, созданной Ж. Пиаже, лежит представление о единой эпигенетической основе как развития, так и обучения (см. 1.5.1). Следует заметить, однако, что процессы развития и обучения рассматриваются как различные, развитие — как более фундаментальный, а обучение — как субординированный по отношению к развитию.

4. В рамках культурно-исторической теории проводились аналогии обучения и некоторых аспектов развития и строились критерии их разграничения. Так, Л.С. Выготский описывал обучение как овладение знаниями, умениями, навыками, а развитие — как приобретение психологических качеств и способностей к абстракции, обобщению, к произвольным действиям и т.п.

Соотношение обучения и развития в представлениях Выготского сформулировано в концепции зоны ближайшего развития. С помощью взрослого ребенок может решать задачи, которые не способен выполнить самостоятельно, поскольку их требования выходят за пределы зоны актуального развития. Влияние взрослого реализует потенциальные возможности ребенка в обучении, а готовность к принятию помощи взрослого рассматривается как мера этих

возможностей. Само же существование зоны ближайшего развития может быть интерпретировано как зависимость процесса развития от обучения (Обухова, 1995). В представлениях Выготского о развитии, можно обнаружить черты нативизма (например, выделение «натуральных» психических процессов, детерминированных генетически), а в концепции высших психических функций, имеющих культурно-историческую природу, — инструктивистскую составляющую. Разделение процессов развития на преформированный (эмбриональное развитие) и неформированный (формирование высших психических функций) типы позволяет заметить совмещение в его концепции преформистских и инструктивистских, и, по-видимому, эпигенетических взглядов (см. 1.5). («Нативизм» — точка зрения, которая восходит к преформизму, согласно которой овладение умением, знанием, например, языковой компетенцией, предопределяется генетическими факторами и протекает как реализация врожденных программ.)

5. Ярким примером нативизма является теория овладения языковой компетенцией Н. Хомского. Он пишет: «Если научение реализуется, как это полагают, через пробы и ошибки, обусловливание, или подкрепление, или индукцию, или включает механизмы генерализации, неспецифичные для формируемой области знания... сомнительно, чтобы овладение языком вообще протекало как научение. Мы же не говорим, что человек обучается биноклярному зрению или прохождению пубертатного периода в определенном возрасте. ...Разумеется, влияние окружения, напр., питание и т.п., оказывают влияние на то, как и когда это будет происходить, но это не научение» (Chomsky, 1994). Заметим, что, пытаясь разграничить феномены научения и развития, Хомский апеллирует к интуиции читателя, а не к результатам исследований, которые показывают, вопреки его мнению, что закономерности формирования речи у человека (и пения у птиц) не обладают спецификой по отношению к моторному обучению (см.: Доуце, Kuhl, 1999; Striedter, 1998). Это утверждение следует дополнить данными о принципиальной неразличимости научения в двигательной сфере и научения оперированию символами (Rosenbaum, Carlson, Gilmore, 2001).

Таким образом, представления о том, что научение и развитие — принципиально различные процессы, тесно связаны с концепцией *tabula rasa* или с преформистской точкой зрения (в более мягкой форме — нативистской), а также с инструктивистскими представлениями (см. 1.5). Последовательное проведение эволюционно обоснованных точек зрения требует обращения к индивидуальной истории индивида, рассмотрения его формирования в онтогенетическом, филогенетическом, культурно-историческом, предметном и социальном контекстах. При этом возможность разделения научения и развития представляется иллюзорной, а сама постановка проблемы — некорректной. Следует специально заметить, что возможность существования различий между научением

и развитием, которые рассматривались как ключевые, но формулировались *a priori*, как постулаты, до сих пор разделяется частью исследователей. Так, широко распространено представление о более тесной связи реализации генетического материала с развитием, чем с научением.

В последние десятилетия с позиций разработанной П.К. Анохиным концепции *системогенеза* (Анохин, 1975б) (см. 1.5.3, 1.6, 5.1) представляется, что в основе формирования нового опыта на всех стадиях онтогенеза, во всех ситуациях, независимо от их локального или глобального характера, обозначающихся как «научение» или «развитие», лежат процессы генеза систем (Александров, 2001; Швырков, 1978). Изменение опыта, продуктивности и других характеристик деятельности индивида обеспечивается именно формированием или модификацией систем на основе избирательного и ускоренного созревания компонентов, необходимых для достижения новых адаптивных результатов.

Современные результаты молекулярно-генетических исследований основ поведения показывают, что между модификациями свойств нейронов на ранних этапах онтогенеза и при процессах научения у взрослых не существует принципиального различия (Анохин, 1997, 2001). «Формирование нового поведенческого акта в любом возрасте есть формирование новой системы — системогенез» (Александров, 2004б). Системно-селекционная концепция научения, составляющая ядро системно-эволюционного подхода, развитая при изучении формирования структуры опыта (у животных) и знания (у человека), описывает весь спектр процессов образования новых структур без разделения их на процессы научения и развития (Александров, Греченко, Гаврилов и др., 1997).

4.3. КЛАССИЧЕСКИЕ КОНЦЕПЦИИ НАУЧЕНИЯ

4.3.1. НАУЧЕНИЕ С ПОЗИЦИЙ УЧЕНИЯ ОБ УСЛОВНЫХ РЕФЛЕКСАХ

В рамках учения И.П. Павлова в основе научения лежит образование условных рефлексов, или временных связей между нервными структурами, зависящих от реализации различных составляющих поведения. В результате одного или нескольких предъявлений последовательности индифферентного раздражителя (условного стимула) и следующего за ним безусловного стимула, вызывающего безусловную реакцию (врожденную, не требующую специаль-

ного формирования), индифферентный раздражитель начинает сам вызывать условную реакцию, которую до введения новых условий он не вызывал. Если это сочетание перестает повторяться, реакция угасает. Если условный стимул предъявляют после безусловного, т.е. порядок стимулов инвертируют, условная связь не вырабатывается. Необратимость условной связи во времени рассматривалась как указание на то, что в основе этого феномена лежит процесс порождения нового, и связь между условным и безусловным сигналами рассматривалась как каузальная. Таким образом, в процессе установления временной связи, т.е. при обусловливании, безусловный стимул выступает в роли подкрепления, индифферентный раздражитель приобретает сигнальное значение, а выработанный рефлекс способствует адаптации организма к меняющимся условиям среды. Вариации условной связи (угасание, генерализация, дифференцировка, включение дополнительных условий ее реализации и т.д.), согласно условно-рефлекторной теории обеспечиваются процессами возбуждения, торможения и их соотношением (см. Шульговский, 2003).

В отличие от ортодоксальной и радикальной бихевиористских концепций, которые декларировали, что предметом их изучения являются исключительно внешне наблюдаемые феномены¹, учение об условных рефлексах изначально считалось физиологическим и рассматривало поведение как внешние проявления организованной активности нервных центров (высшей нервной деятельности). Важно заметить, однако, что оно было *последовательно физиологическим* и не требовало обязательного введения представлений о внутренних психологических структурах. В рамках условно-рефлекторной концепции стимулу придается значение причины развертывания акта, научение с этой точки зрения — процесс, в котором повторяющийся в определенных условиях стимул формирует новый акт поведения. Эти черты указывают на то, что условно-рефлекторная концепция — яркий пример инструктивной теории научения.

¹ Согласно манифестам и декларациям бихевиористов, именно ориентация на доступные измерению характеристики поведения как на предмет исследования служит отличительной чертой бихевиоризма от всех других исследовательских направлений в психологии, предмет изучения которых — скрытые от внешнего наблюдения информационные структуры и процессы, гипотетические конструкции (см. 3.3.1). Однако действительным предметом исследования в бихевиористских парадигмах также была **гипотетическая теоретическая конструкция** — сопряженность стимулов и реакций. Для реконструкции предмета исследований были введены абстрактные конструкты, такие как «промежуточные переменные», «когнитивные карты», причем «стимул», «реакция», «подкрепление», «наказание» — такие же абстрактные конструкции.

4.3.2. БИХЕВИОРИЗМ

4.3.2.1. «Законы научения»

Впервые закономерности научения, установленные эмпирическими методами, сформулированы в рамках бихевиористской парадигмы. Они были зафиксированы в истории психологии под названием «законы научения», но фактически являются эмпирическими обобщениями, а иногда и постулатами. Сформулированные преимущественно Э. Торндайком (E.L. Thorndyke), а затем модифицированные или дополненные К. Халлом (C.L. Hull), Э. Толманом (E.G. Tolman) и Э. Газри (E.R. Guthrie; в отечественной литературе встречаются и другие написания: Гатри, Гасри, Гэтри) на основе большого эмпирического материала, полученного в опытах с участием человека и животных, они в неявной форме учитывали также и результаты исследований, проведенных в школе И.П. Павлова. Именно поэтому выделенные закономерности описывают факторы, важные для разных форм обучения, и, несмотря на непрекращающуюся критику, принимаются во внимание по сей день.

Следует обратить внимание на то, что все приведенные далее «законы научения», описывают феноменологию научения, а не собственно *процессы* формирования нового опыта, не обращаются к свойствам и строению формирующихся при научении структур. Эти особенности предписываются самими основами бихевиоризма: предмет изучения — внешне наблюдаемые характеристики поведения, которое понимается как «совокупность реакций, моторных или железистых, которую организм производит в ответ на воздействие той или иной ситуации» (Drever, 1969, p. 28); внутренние психологические структуры признаются либо несуществующими, либо недоступными для изучения. Эти ограничения не касаются «нервной сети» постольку, поскольку она рассматривается как среда проведения возбуждения, вызванного стимулом, обеспечивающая переключение направления распространения нервного процесса.

Представление о стимуле как о факторе, не только инициирующем акт поведения, но и порождающем новые акты — одна из важнейших черт всех парадигм, реализующих исследовательскую программу бихевиоризма. Все эти теории научения — инструктивные, они основаны на концепции *tabula rasa* (см. 1.5.1). Эти черты ярко проявляются и в рассматриваемых далее «законах научения», в процедурах исследования, разработанных в рамках бихевиористских парадигм. Заметим, что результаты, получаемые при использовании некоторых методик, построенных на принципах инструктивизма, могут быть интерпретированы и как «селективные». Так, методика оперантного обусловливания широко используется также в небихевиористских парадигмах, рассматривающих процессы научения с позиций «селективизма».

Закон готовности (law of readiness). Удовлетворение при научении есть производное от функционирования единиц, обеспечивающих поведение (The satisfaction is derived from the functioning of behavioral «conduction units»), т.е. в случае если нервная сеть готова к проведению возбуждения, то оно вызывает удовлетворение. Иная трактовка закона готовности, предлагаемая в различных отечественных и зарубежных руководствах, связывает успешность научения с «напряжением потребности»: чем выше уровень соответствующей потребности, тем быстрее и эффективнее протекает научение.

Закон эффекта (law of effect). В наиболее общей форме события во внешнем мире (стимулы) являются основой селекции какого-либо конкретного поведения из множества возможных (что выражает точную суть бихевиоризма как инструктивистской концепции (см. 1.5.1: «Инструктивизм»). Поведение, которое приводит к полезному событию (стимулу/подкреплению), будет повторяться, в то время как приводящее к «вредным» последствиям (стимулу/событию/наказанию) повторяться не будет.

Первоначально Торндайк выделял также «негативный закон эффекта» (negative law of effect), который описывал снижение вероятности реакций, приводящих к нежелательным последствиям.

Строгая форма закона эффекта (strong law of effect) гласит: подкрепление не только увеличивает частоту или вероятность реакции, но служит необходимым условием ее возникновения.

Торндайк использовал понятия «удовлетворительное положение дел» (satisfying state of affairs) и «неприятное положение дел» (annoying state of affairs), а не «подкрепление» и «наказание»; события он обозначал соответственно «satisfiers» и «annoyers» (см. Kling, Riggs, 1971). Понятия «подкрепление» и «наказание» были выработаны позже.

Бихевиористы отметили параллели между этим законом и принципами естественного отбора. Подобно тому, как из множества организмов выживают наиболее приспособленные, так и из множества возможных в данный момент вариантов поведения отбирается тот, который приведет к полезному событию. Наиболее полное развитие эта аналогия получила в работах Б.Ф. Скиннера (Skinner, 1984) (см. также 4.3.2.2). Заметим, что признание принципа отбора — лишь поверхностный признак соответствия эволюционным взглядам. В основе селективистских концепции научения лежит отрицание порождения новообразований (в данном случае — вариантов поведения) внешними воздействиями (см. 1.5.1: «Селективизм» и «Инструктивизм»).

Закон упражнения (law of exercise): при прочих равных условиях повторение определенного действия облегчает совершение поведения, приводит к более быстрому выполнению и снижению вероятности ошибок. Позже Торндайк экспериментально показал ограниченность действия закона упражнения: не при всяких условиях повторение способствует упрочению навыка, знания,

опыта. Тем не менее, при моторном научении и формировании навыков повторение — весьма важный фактор модификации поведения. Показано постоянное возрастание скорости выполнения серии стереотипных действий при их повторении даже в течение 10 лет (см.: Норман, 1985, с. 91). Выполнение простейшей двигательной задачи может совершенствоваться на протяжении миллионов повторений: «Не существует такого акта у человека, чтобы он был слишком простым для усовершенствования» (Gottlieb et al., 1988).

Закон недавности (law of recency), принцип или эффект недавности: тенденция к лучшему заучиванию (лучшему воспроизведению) материала, который предъявлялся в конце серии. Особенно ярко эффект недавности проявляется при использовании материала, не представляющего интереса для испытуемого. Эта формулировка находится в противоречии с эффектом первичности (primacy effect, principle of primacy, law of primacy) — тенденцией к лучшему заучиванию материала, предъявляемого в начале сессии научения. «Эффект края (последовательности)» (serial position effect) снимает это противоречие, поскольку проявляется в лучшем заучивании начальных и конечных элементов предъявляемого ряда. U-образная зависимость степени заученности материала, отображающая этот эффект, называется «позиционная кривая» (см.: Солсо, 1996, с. 152).

Закон соответствия (matching law): существует пропорциональное отношение между вероятностью ответа и вероятностью подкрепления.

Принцип реагирования по аналогии (response-by-analogy principle): испытуемый в незнакомой ситуации будет вести себя так же, как в знакомой ситуации, сходной с настоящей.

4.3.2.2. Исследовательские процедуры

Метод «проб и ошибок» (trial-and-error learning) Этот метод впервые описан Э. Торндайком в 1898 г. Феноменологически состоит в том, что в проблемной ситуации индивид для решения задачи применяет большой набор пробных действий, при этом происходит постепенное устранение неэффективных и закрепление действий, приводящих к достижению результата. Для изучения этой формы научения Торндайк разработал специальное устройство — «проблемный ящик» (problem box). Он полагал, что «слепые» пробы, ошибки и случайный успех, закрепляющий удачные пробы, составляют суть процесса научения у животных и человека. В настоящее время состав и порядок перебора пробных актов в ситуации научения методом проб и ошибок не считаются случайными. Индивид использует сформированные в прошлом опыте, а также модифицированные действия для решения новой для него задачи. Если альтернатив достаточно много и многие из них оказываются неадекватными поставленной задаче, поведение выглядит хаотическим. Согласно представ-

лениям, развитым Б.Ф. Скиннером (Skinner, 1984), научение путем проб и ошибок аналогично естественному отбору (см. 4.3.2.1). Действительно, с позиции селективной концепции научения это не просто глубокая аналогия, а само существо процесса порождения нового поведенческого акта. Однако зона поиска решения проблемы появления нового акта у бихевиористов была ограничена объяснениями феномена проб и ошибок. По-видимому, именно декларированное ограничение предмета исследования поверхностными феноменами, характерное для бихевиоризма, не позволило реализовать эволюционную аналогию в полной версии: если в процессах эволюции происхождение разнообразия объясняется, в частности, мутагенезом, то остается неясным, какие именно факторы порождают разнообразие поведенческих актов, из которых происходит выбор?

Для того чтобы распространить представление о роли проб и ошибок в модификации внешне наблюдаемого поведения на скрытые, внутренние процессы, такие как мышление, было введено представление о замещающих, «викарных», пробах и ошибках (vicarious trial and error — VTE). Предполагается, что этот феномен проявляется, например, в переборе возможных ходов при игре в шахматы.

Ограниченность представлений о научении, основанных на методе проб и ошибок, очевидна при рассмотрении таких феноменов, как **инсайт, подражание, научение с одной попытки, научение, основанное на наблюдении.**

Оперантное (инструментальное) обусловливание

Метод формирования условных связей, разработанный Б.Ф. Скиннером. В отличие от классической процедуры выработки условного рефлекса при оперантном обусловливании подкрепляется не предъявление условного стимула, а какое-либо действие индивида. В случае классического условного рефлекса условный ответ воспроизводит безусловную реакцию; при выработке инструментального условного рефлекса индивид научается совершать определенные действия, которые приводят к получению подкрепления. Экспериментальная камера, применяемая для оперантного обусловливания (Skinner box), оборудована рычагом, педалью или каким-либо иным органом управления. Нажатие на рычаг приводит к получению подкрепления. Поиск активностью приводит к повышению частоты нажатия на рычаг. Исходную частоту совершения вознаграждаемого поведения называют оперантным уровнем. Поведение, которое актуализируется с высокой частотой, характеризуют как обладающее высоким оперантным уровнем, редко осуществляемое поведение — низким. В качестве оценки уровня обучения применяют частоту совершения вознаграждаемого поведения. Показано, что, применяя оперантное обусловливание, можно обучить животное совершать поведение, которое не было представлено в видовом или индивидуальном репертуаре. Такая процедура, называемая «шейпинг» (shaping), состоит в подкреплении форм

поведения, составляющих последовательный ряд приближений (successive approximations) к желаемому поведению. Сторонники радикального бихевиоризма, последователи Скиннера, полагают, что оперантное обусловливание представляет собой нечто большее, чем лабораторный феномен, и лежит в основе высших форм научения человека и животных. Методика, разработанная Скиннером, обладает огромным эвристическим потенциалом. Круг феноменов, который выявлен при ее использовании, намного шире собственно «бихевиоральных». Она применяется при изучении поведения (включая социальные формы поведения) и его нейрональных основ настолько широко, что можно говорить о ее надпарадигмальном статусе.

4.3.3. ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О НАУЧЕНИИ В КОГНИТИВНОЙ ПСИХОЛОГИИ

Общей чертой этих концепций, отличающих их от построений ортодоксальных и радикальных бихевиористов, является представление о внутренних (ментальных) структурах и процессах, лежащих в основе познавательной деятельности индивида. В рамках бихевиоризма к такого рода построениям пришел Э. Толман, который ввел представление о когнитивных картах (см. 4.3.4: «Латентное научение») (Толман, 1980; Tolman, 1948). В когнитивной психологии научение рассматривается не как выработка ассоциаций через обусловливание, а как поиск правил, закономерностей поведения и деятельности или оптимального обобщенного решения группы задач, основанный на использовании получаемой информации. Термин «научение», как правило, замещается понятиями «приобретение знаний», «развитие компетенции». Научение/обучение в этом контексте представляется как формирование ментальных моделей окружающего мира, объектов их взаимоотношений, возможных операций с ними. Совершенствование моделей повышает эффективность их применения к конкретным задачам и расширяет круг таких задач (Glaser, Bassok, 1989).

4.3.3.1. Модель научения АСТ*

Представления о научении (приобретении знаний) можно проиллюстрировать на примере концепции, описывающей приобретение, репрезентацию и использование знаний у человека, разработанной Дж. Андерсоном (Anderson, 1987), — модели АСТ* (Adaptive Control of Thought, адаптивный контроль мышления). Эта модель позволяет описывать потоки информации в когнитивной системе, в которой выделяют три различных типа памяти: 1) рабочую (working memory), содержащую информацию, необходимую для

текущей активности; 2) декларативную (declarative memory), содержащую пропозиции, т.е. предложения, утверждения, суждения об окружающем мире; 3) продукционную (production memory). Последний вид памяти относится к классу особых, «продукционных», систем (production system). Продукционные системы — класс моделей представления знания в виде продукций (т.е. образований, в которых фиксирована сфера и условия применения знаний), содержащих логическое ядро, например, описание условий совершения некоторого действия (Поспелов, 1990).

Информация об окружающем мире поступает в рабочую память, она может сохраняться в долговременной декларативной памяти и извлекаться из нее. Продукции поступают в рабочую память из продукционной памяти и отбираются по степени их применимости к решению текущих задач. Результаты оценки применимости продукций сохраняются в системе продукционной памяти. Именно в ее рамках протекает процесс научения как фиксация истории исполнения продукций и последствий этого исполнения, как приобретение новых продукций на основе следов их применения, сформированных ранее.

Формирование структуры знания происходит в два этапа. Первый — декларативный. На этом этапе совершается компиляция знаний (knowledge compilation), в результате которой декларативное знание преобразуется в процедурное, ориентированное на использование знания. «Знание-Что» преобразуется в «Знание-Как».

В основе компиляции знания лежит либо процедурализация (proceduralization), т.е. замена универсальных переменных на значения, необходимые для решения конкретной задачи, либо композиция (composition) — слияние частных продукций. На втором — процедурном — этапе происходит координация знаний (knowledge tuning) через обобщение (generalization) — расширение области применения продукций; разделение (discrimination) — преобразование универсальных продукций в более специализированные; усиление (strengthening) — исключение несущественных противоречий в продукциях и замена постоянных на переменные, что позволяет сократить общее число продукций (Осуги, Саэки, 1990; Anderson, 1987).

4.3.3.2. Научение как формирование структуры знания

Эта группа моделей основана на выделении систем памяти — процедурной, семантической и эпизодической (Tulving, 1987) и соответствующих им компонентов структуры знания.

Согласно одной из них, разделение на декларативное/процедурное знание соответствует противопоставлению произвольного-непроизвольного, осознаваемого-неосознаваемого (в традициях школы И. П. Павлова — первосигнального-второсигнального). В рамках такого противопоставления

декларативная память лежит в основе эксплицитных форм обучения и соответственно эксплицитного знания, доступного осознанию. Эксплицитное обучение происходит быстро, иногда в форме инсайта. Процедурная память обеспечивает имплицитное обучение, которое протекает медленно, требует многочисленных повторений материала, основано на формировании ассоциаций между событиями, фиксирует причинно-следственные отношения между ними. Результаты имплицитного обучения труднодоступны для рефлексии, так что индивид может не знать, чему именно он научился (Кэндел, Хокинс, 1992).

Другая интерпретация систем памяти предполагает, что декларативная память содержит репрезентации объектов, сущностей, фактов, событий. Декларативную память составляют: семантическая память, сохраняющая ментальные модели мира, и эпизодическая, фиксирующая знания о персонально пережитых событиях и их упорядоченности в субъективном времени. Процедурная память репрезентирует операции с объектами, фактами, сущностями, предпочтения тех или иных способов действия (Tulving, 1987; Shimamura, Squire, 1989). Заметим, что все эти системы памяти потенциально доступны осознанию. В процессе обучения происходит формирование структуры знания, компоненты которой представлены элементами декларативной памяти. Отношения между компонентами структуры знания фиксируются как элементы процедурной памяти. Сформированная в процессе обучения структура знания является репрезентацией объектов, фактов, событий и их взаимоотношений, причем эта структура фиксирует также участие индивида в эпизоде приобретения знания, его личностную позицию.

Вся совокупность знаний, которыми обладает индивид, структурирована в соответствии с предметными областями, референтными тем или иным действиям. Основные модели репрезентации знаний — продукционные (как модель АСТ*), основанные на семантических сетях (как некоторые модели языковой компетенции), или фреймовые (Поспелов, 1990). Они позволяют описывать знания, приложимые к определенным предметным областям. Часть структуры знания индивида, которая релевантна определенной предметной области, называют доменом (см.: Anderson, 1987; Glaser, Bassok, 1989). Представление о доменной структуре знания заставляет по-новому формулировать классические проблемы психологии научения. Приведем два пункта из списка, предложенного Дж. Андерсоном: 1) проблема начала обучения «с нуля» («*tabula rasa*») — каким образом приобретается знание при необходимости формирования нового домена; 2) проблема переноса — каким образом знание из одного домена может быть перенесено в другой (Anderson, 1987) (4.3.4: «Перенос»).

Высокая согласованность концепций когнитивизма как направления современной психологии сочетается с принятием различных вариантов решения

проблемы формирования нового и, следовательно, решения проблемы научения/развития. Так, модель АСТ* Дж. Андерсона обладает выраженными чертами инструктивной теории, а концепция Ж. Пиаже построена на принципах эпигенеза (см. 1.5.1).

4.3.4. ФЕНОМЕНОЛОГИЯ И ТИПОЛОГИЯ НАУЧЕНИЯ

Латентное научение (*incidental learning, passive learning*) происходит непреднамеренно, без специальной установки на приобретение навыков, знания. Феномен латентного научения состоит в том, что даже если индивид не получает подкрепления, при последующем тестировании он демонстрирует либо ускоренное научение, либо сформированные действия. Приобретенные таким образом навыки, знания и т.п. могут быть использованы в процессах принятия решения, разрешении проблемных ситуаций, даже если они не осознаются. Феномен латентного научения позволил сторонникам «когнитивного бихевиоризма» (Э. Толман) подвергнуть сомнению представление о научении как выработке связи стимула и реакции под действием подкрепления. Толман сформулировал представление о том, что в процессе научения формируются «познавательные структуры», например «когнитивные карты» (*cognitive maps*), ментальные структуры, представляющие пространственные отношения объектов. По его предположению, именно такая карта, «показывающая пути (маршруты), линии поведения и взаимосвязи элементов окружающей среды, окончательно определяет, какие именно ответные реакции... будет осуществлять животное» (Толман, 1980; Tolman, 1948). Эффекты латентного научения играют важную роль в развитии речи у детей, в использовании побочных продуктов деятельности при решении задач.

Привыкание (*habituation*) — «негативное научение», постепенное снижение реактивности при многократном предъявлении или продолжительном действии определенного стимула. Привыкание рассматривают как наиболее универсальную форму научения, поскольку оно наблюдается у животных разного филогенетического уровня. При этом некоторые формы привыкания могут наблюдаться у организмов, не обладающих нервной системой, например, у простейших (Тушмалова, 1986). Очевидно, у организмов различного филогенетического уровня феномен привыкания имеет разную основу.

Основные характерные черты привыкания (Котляр, 1989):

- 1) повторение предъявления раздражителя приводит к снижению исходного уровня реакции;
- 2) прекращение стимуляции приводит к постепенному восстановлению исходного уровня реакции;

- 3) при повторении серий предъявления стимула и последующего спонтанного восстановления реакции привыкание развивается быстрее и становится прочнее;
- 4) выраженность привыкания и скорость его развития увеличиваются при возрастании частоты предъявления стимула;
- 5) при меньшей интенсивности стимула привыкание более выражено и развивается быстрее, для сильных стимулов привыкание либо не происходит, либо выражено слабо;
- 6) предъявление другого (по каким-либо характеристикам) раздражителя восстанавливает исходный уровень реакции (dishabituation, дехабитуация);
- 7) повторные предъявления другого раздражителя, вызвавшего дехабитуацию, т.е. восстанавливающие исходный уровень реакции, менее эффективны (habituation of dehabituation, хабитуация дехабитуации).

Основные характеристики привыкания, которые позволяют отличить это явление от утомления или адаптации, состоят в следующем: реакция, «исчезнувшая» в ходе привыкания, может быть восстановлена при изменении временных, пространственных, энергетических или иных свойств стимула (см. п. 6), привыкание не развивается при применении сильных стимулов (см. п. 5). Привыкание — одно из важных проявлений ориентировочного рефлекса. Концепция нервной модели стимула, разработанная Е.Н. Соколовым, объясняет явление привыкания и его свойства через функционирование многомерно-самонастраивающегося фильтра, определяющего амплитуду реакции в зависимости от вариаций характеристик стимула и вероятности его предъявления (Соколов, 1969).

Кривые научения (learning curves, practice curves). Это графики, представляющие связь изменений в поведении и числа совершенных упражнений (проб), впервые введенные в практику исследований Л.Л. Терстоуном (Louis Leon Thurstone) в 1919 г. В зависимости от того, каким способом оценивают качество выполняемого действия, график будет убывающим (для числа или доли ошибок) или нарастающим (для числа или доли правильных выполнений задачи). Обычно точка на кривой научения представляет какую-либо суммарную оценку эффективности выполнения для нескольких проб, например, отношение числа успешных и неуспешных проб в одной сессии эксперимента. Для описания хода оперантного научения строят кривую зависимости частоты совершения подкрепляемого поведения от времени эксперимента, или «кривую накопленной частоты ответов» (cumulative response curves). По оси абсцисс отложено время, а по оси ординат — сумма ответов, совершенных за прошедшее время. Угол наклона кривой научения отражает скорость научения.

Для кривых научения характерен градуальный характер изменений, однако наблюдаются периоды, когда изменения оценок исполнения не происходит, — «плато», или «площадки». Плато появляются в начале научения (начальное плато), в его процессе (промежуточное плато) и в конце (конечное плато) (Вудвортс, 1950), а наиболее часто — в начале и в конце научения, поэтому типичная форма кривых научения — S-образная (см., например: Eckstein, 2000). Длительность начального плато обладает значительной межиндивидуальной вариативностью. В настоящее время можно считать установленным, что кривые научения в общем случае ведут себя асимптотически, поэтому феномен «конечного плато» является скорее следствием неточности, намеренной приближенности описания процесса научения или специфики выбранного показателя хода научения, поскольку совершенствование навыка или знания может продолжаться неограниченно долгое время (Gottlieb, 1988; см. также 4.3.2.1: Закон упражнения).

Предполагают, что интервалам плато соответствуют процессы реорганизации приобретенного знания, сформированных навыков, опыта и т.п. или смены индивидуальных стратегий научения. Так, наблюдения показывают, что появление плато более вероятно при овладении сложными операциями, чем простыми навыками (Вудвортс, 1950). Очевидно, возможность сопоставления кривых вытекает из предположения о том, что смысл оценок хода научения одинаков на различных стадиях научения и для разных индивидов. Присутствие плато на кривых указывает на неоднородность процесса, что накладывает ограничения на межиндивидуальные сравнения хода научения (см.: Венда, 1980). Сглаживание немонотонных индивидуальных кривых научения, или усреднение кривых, различающихся количеством, длительностью плато и распределением во времени, может в результате придать им форму, не только маскирующую важные феномены, но и не соответствующую реальности (см.: Kling, 1971, р. 612). Для достижения сопоставимости индивидуальных кривых научения применяют приемы нормализации. Метод, предложенный С.Б. Винсентом, состоит в таком изменении масштаба индивидуальных кривых, согласно которому время, необходимое каждому индивиду для достижения критерия научения, уравнивается (кривые Винсента, Vincent curves). Другой способ нормировки — по оценкам обученности; в этом случае кривые показывают, сколько упражнений совершается для достижения 25, 50, 75, 100%-ного критерия обученности (кривые Мелтона, Melton curves). Если сравниваемые индивидуальные кривые характеризуются существенно различной длительностью начального плато, кривые можно совмещать по моменту достижения 100%-ного критерия обученности (backward learning curves) (Kling, 1971).

Перечисленные особенности кривых научения — разнообразие форм и немонотонность индивидуальных кривых, сложность их нормализации затрудняют

единое унифицированное описание формы кривой научения. Однако известно, что монотонные кривые научения достаточно хорошо аппроксимируются квадратичной ($L = b_0 + b_1N + b_2N^2$), логарифмической ($L = b_0 + b_1 \text{Log}(N)$), степенной функцией количества совершенных упражнений ($L = b_0 + N^{b_1}$) или S-образной зависимостью ($\text{Log}(L) = b_0 + b_1/N$), где L — оценка уровня обученности, N — количество совершенных упражнений, b_0, b_1 — константы (см. примеры в: Millward, 1971; Noble, 1968).

Д.А. Новиков, анализируя кривые научения для **итеративного научения** («ситуация многократного повторения обучаемой системой действий, проб, попыток для достижения фиксированной цели при постоянных внешних условиях»: Новиков, 1998, с. 5), показал, что для стационарных условий научения, если число элементов системы достаточно велико, кривая научения описывается экспоненциальной функцией. Логистические кривые, кривые с промежуточным плато наблюдаются в случае нестационарных внутренних условий (с. 85–86).

Немонотонность — действительно неустраняемая характеристика индивидуальных кривых научения, построенных по показателям эффективности, количеству совершаемых ошибок, вероятности ответа, времени, затрачиваемого на выполнение (решение) задачи, различных оценок продуктивности (см., например: Anderson, Lee, 2001; Klenow, 1998; Noble, 1957, 1970), поскольку при этом возможны локальные во времени снижения величин оценок в процессе научения. Если кривые, даже индивидуальные, показывают количество формируемых структур, то они имеют строго нарастающий характер, исключая некоторые случаи реорганизации структуры, напр., слияние составляющих в образования более высокого порядка. В этом случае кривые, отражающие изменение состава компонентов различного типа, должны дополнять друг друга.

Специально заметим, что кривые научения, построенные по показателям эффективности, принципиально феноменологичны, они указывают на динамику продуктивности/эффективности, но не на то, формирование и модификация каких именно внутренних структур и процессов ведет к наблюдаемым изменениям репертуара поведения, к изменению эффективности и продуктивности поведения и деятельности; такие оценки не позволяют установить, что именно они отражают, не дают оснований различить, основан эффект на формировании новых структур или на модификации (оптимизации) структур, сформированных ранее.

Контекстная специфичность научения (context specific learning). Принцип, состоящий в том, что результаты научения, совершающегося в определенном контексте, могут быть использованы наиболее эффективно в этом же контексте. В число детерминант, ограничивающих условия последующего использования приобретенного опыта, входит и состояние индивида при научении (state-dependent learning).

Научение «с одной попытки» (one-trial learning). Концепция разработана Э. Газри, который полагал, что любое научение происходит одномоментно. Поскольку поведение представляет собой «перекрытие» во времени элементарных компонентов, каждый из которых является результатом научения «с одной попытки», феноменологически научение длится продолжительное время и выступает как процесс совершенствования поведения. П.М. Фиттс (Fitts, 1964) подчеркивает, что научение — «освоение навыка, преимущественно непрерывный процесс, хотя тонкая структура может включать дискретные операции» (там же, с. 261). Отметим сходство концепции научения «с одной попытки» и принципа научения «все или ничего» (all-or-nothing learning). Представления о научении как о дискретном единичном событии противопоставляются континуальным теориям (continuity theory), описывающим научение как непрерывный процесс. В рамках концепций дискретного научения следует различать, напр., собственно оперантное научение (дискретное событие) и оперантное регулирование уже усвоенного поведения (длящийся непрерывный процесс).

Подражание, имитация (imitation, modeling) — форма приобретения знаний, умений и навыков, основанная на воспроизведении индивидом действий другого. Подражание способствует конкретизации врожденных форм поведения, а также обеспечивает преемственность генетически не наследуемых опыта и навыков. Такое научение реализуется как ценностно-ориентированное поведение; у человека наиболее эффективно оно происходит при подражании «значимому другому». Показано, что шимпанзе имитируют поведение только особей высокого ранга. Научение лидера достаточно для распространения нового поведения на всю группу (Симонов, 1986). Научение через подражание более продуктивно при имитации именно наблюдаемого поведения, внешних действий, чем при следовании вербальным указаниям. Ориентированность на развернутые образцы поведения делает возможным научение даже при неполном понимании индивидом копируемого поведения и его последствий.

Особую роль подражание играет в формировании интеллекта, личности ребенка, его Я-концепции, в освоении им социальных норм (Обухова, 1995). Бихевиористские концепции роли подражания в научении языку у детей подвергаются критике с позиций теории трансформационных грамматик Н. Хомского; имитация не позволяет объяснить эти явления, поскольку ребенок овладевает не набором высказываний, а системой правил, с помощью которых формируются и понимаются высказывания. Д. Слобин (1976) приводит результаты исследований, показывающие, что дети не способны имитировать речевые структуры, которые они не могут воспроизвести сами. Этот факт демонстрирует ограничения возможностей научения через подражание.

Научение, основанное на наблюдении (observational learning). Это понятие было введено А. Бандурой, чтобы избежать объяснения научения сложным

формам поведения у человека через процесс «проб и ошибок». Он обосновывал представление, что формирование такого поведения может происходить и в результате непосредственного наблюдения его образцов, или их изображений (например, в кинофильме). Такое научение может происходить даже в случае, если наблюдающий не повторяет поведение-образец и не получает подкрепления. Очевидно сходство этого типа научения с подражанием (Бандура, Уолтерс, 1984).

Импринтинг (imprinting) — тип научения, состоящий в быстрой фиксации в памяти экологически важных, специфичных для данного биологического вида признаков объектов и событий. Эта форма научения реализуется на очень коротких интервалах времени и основана на способности к извлечению критической информации с дальнейшим ее использованием для фокусированного изменения поведения. К. Лоренц подробно описал «реакцию следования» у гусей, цыплят и др. По его данным, любой движущийся объект (независимо от размера), предъявленный птенцам в течение критического периода (для утят, например, интервал 10-50 ч после вылупления), будет распознаваться как «мать», поскольку в обычных экологических условиях таким объектом является именно утка-мать. Птенцы будут следовать за тем объектом, импринтинг которого у них произошел. Если в критический период объект, даже экологически валидный, например, голос матери, не предъявляется, то впоследствии он будет восприниматься как индифферентный. Сопоставление импринтинга, происшедшего относительно искусственного объекта и утки-матери, показало, что данный тип научения, полученный в лабораторных условиях, обратим: легко достигается его смещение на натуральный объект. Показано, что импринтинг протекает не «одномоментно», а подготавливается знакомством с голосом матери, которое происходит еще в период насиживания (Хесс, 1983). Быстрота и прочность научения при импринтинге обеспечивают сплоченность выводка (что необходимо для охраны и ухода за птенцами), а, следовательно, и его выживание. Импринтинг как форма научения обладает существенными отличительными особенностями. Чем больше усилий затрачивает птенец на приближение к объекту запечатления, тем большая сила импринтинга достигается. Цыплята, которые подвергались электрическим ударам при следовании за объектом, выполняли это поведение лучше, чем не получавшие электрораздражения (Слоним, 1986). Результаты импринтинга, происшедшего на ранних этапах развития, могут проявиться через длительные интервалы времени. У некоторых видов животных предпочтения в выборе сексуального партнера по достижении зрелости определяются импринтингом, происшедшим в раннем онтогенезе. Предполагают, что данная форма импринтинга определяет направленность полового поведения на особей своего биологического вида (Понугаева, 1973).

Эффект импринтинга показан на птицах и млекопитающих, для которых характерна способность к самостоятельному передвижению сразу после рож-

дения, например, для копытных. В то же время у незрело-рождающихся (например, котят) в период развития, связанный с формированием взаимоотношений с родителями и сиблингами (братьями и сестрами), выявлено быстро протекающее научение, не подкрепляемое пищей и не замедляющееся болевыми раздражениями (которые могут вызывать даже ускорение научения). Эти данные характерны именно для импринтинга (Слоним, 1986). Существует точка зрения, что научение типа импринтинга лежит в основе феномена привязанности ребенка и матери.

Нейробиологические исследования ранних стадий научения показывают, что инициация формирования новых форм поведения действительно протекает весьма быстро. Так, птенцам зебровой амадины (*Taeniopygia guttata*) достаточно единичной двухсекундной демонстрации видовой песни для индуцирования в нейронах каудиомедиального стриатума непосредственных ранних генов. При двукратном повторении такого отрезка песни количество нейронов, в которых обнаружена активация этих генов, возрастает, а при десятикратном — достигает максимального количества (Kruse, Stripling, Clayton, 2000). Заметим, что этот процесс описывают в соответствии с закономерностями эпигенеза: новые структуры (нейроны, специализированные по отношению к видовой песне) формируются при взаимодействии с окружением на основе генетического материала.

Перенос (transfer).

Выделяют четыре группы феноменов:

1. Перенос научения (transfer of training) — изменение выполнения или процесса приобретения навыка, умения или знания под влиянием ранее приобретенных навыков, умений или знаний. Различают *положительный* и *отрицательный* перенос, проявляющийся соответственно в улучшении/ухудшении выполнения или в ускорении/замедлении научения. В узком смысле перенос понимается как ускорение выработки навыка под влиянием навыка, приобретенного ранее.
2. Перенос (генерализация) принципа (transfer by generalization, transfer of principles). Противопоставляется переносу конкретного акта либо эффектам взаимодействия навыков (интерференции, проактивному облегчению и торможению и т.п.).
3. Перенос как использование акта поведения, приобретенного ранее в определенном поведенческом контексте (деятельности), в другом, новом контексте. Такой перенос требует специального научения, что соответствует принципу контекстной специфичности научения.
4. Особые группы явлений переноса — не индивидуальное научение, а заимствование знания у партнера, формирование коллективного знания. Эти явления наблюдаются, если области знания у «доноров»

и «реципиентов» обладают каким-либо формальным сходством. Показано, что эффективность межиндивидуального переноса знания в новый контекст может быть повышена в результате специального тренинга в диадах, использующего диалогические рассуждения по аналогии (Thompson, Gentner, and Lowenstein, 2000). Исследования, проведенные в рамках организационной и экономической психологии, показывают, что коллективный профессиональный опыт формируется не только в процессе непосредственной деятельности, но также и косвенно, за счет переноса знаний. Перенос знаний в организационных структурах основан на коммуникации между сотрудниками в рамках одной организации или между сотрудниками конкурирующих организаций, заимствовании технологий, копировании рутинных операций (Darr, Kurtzberg, 2000; Argote, Ingram et al., 2000).

Проявления эффектов переноса. Эффекты переноса имеют динамический характер, т.е. зависят от последовательности предъявления задач, длительности их решения, интервалов, разделяющих серии научения и заполненности этих интервалов.

Достоверная демонстрация эффектов переноса требует контроля множества факторов, поэтому необходимо строгое планирование эксперимента. Чтобы установить факт переноса навыка, приобретенного при решении задачи А, на решение задачи В, следует применить «план Соломона для четырех групп» (см.: Дружинин, 1997; Кэмпбелл, 1996), план минимальной сложности из соответствующих задаче исследования. Этот дизайн позволяет изолировать эффект переноса от эффектов повторного научения, улучшения выполнения в результате «вработывания» или отдыха.

Таблица 1

План исследования для выявления эффектов переноса (план Соломона для четырех групп (Кэмпбелл, 1980)).

Группа	Серия		
	Предварительное тестирование	Обучение	Завершающее тестирование
I (экспериментальная)	Задача А	Задача В	Задача А
II (контрольная)	Задача А	— (отдых)	Задача А
III (контрольная)	— (отдых)	Задача В	Задача А
IV (контрольная)	— (отдых)	— (отдых)	Задача А

Контроль, который обеспечивает приведенный план, позволяет вводить сравнительные оценки переноса навыка между задачами А и В, основанные на сопоставлении качества выполнения в экспериментальной группе I и группах II, III и IV, чтобы отличить собственно эффект переноса от побочных эффектов (вработывания, использования ранее сформированных навыков, предварительного тестирования и др.).

Эффект переноса может быть выявлен при сопоставлении кривых научения, но при условии, что с их помощью описывается научение для групп, работающих по вышеприведенной схеме. Влияние переноса может проявляться в различии скорости роста кривых или уровне достижений после стандартного числа совершенных упражнений при сравнении групп I—IV.

Положительный, негативный или «нулевой» эффект переноса объясняют влиянием ранее сформированного опыта на научение в тестовой серии обучения. В случае проактивного облегчения (proactive facilitation) наблюдается положительный перенос, при проактивном торможении (proactive inhibition) — отрицательный. Препятствует переносу интерференция (interferention) между усвоенным ранее и вновь усваиваемым навыком, знанием и т.п.

Существуют результаты исследований, показывающие, что эффекты негативного переноса связаны с имплицитным научением, в то время как позитивный перенос — с эксплицитным (Lee, Vakoch, 1996).

Важными неспецифическими факторами, обеспечивающими явление переноса, считают «включение в работу» и «научение учению».

Включение в работу, «разминка», «разогрев» (warm-up). Эффект ускоренного овладения навыком, умением или знанием, в основе которого лежит преднастройка позы (postural set), внимания (attentive adjustment) или сформированная в предшествующем обучении установка (attitude). Следует различать приведенное явление («включение в работу» как фактор переноса) и «вработывание», период в начале выполнения серии действий, постепенно достигающих необходимой точности и стабильной продуктивности.

Научение учению (learning-to-learn). Суть этого явления состоит в приобретении специфического навыка — умения учиться. При выполнении серии сходных задач испытуемые формируют индивидуальную технику научения, которая позволяет редуцировать или исключить фазу поиска, характерную для начального этапа научения выполнению новой задачи. Максимальный эффект научения учению наблюдается, если предъявленная задача для научения и тестовая задача сходны по использованному материалу, но эффект сохраняется и в том случае, если и материал, и задача в «обучающей» и «тестовой» сериях различны (Kerrel, 1968).

Поскольку влияние факторов включения в работу и научения учению проявляется именно в ускорении процесса научения, разделение их вклада составляет специальную проблему. Показано, что эффект научения учению

сохраняется более длительное время (в течение нескольких дней), чем эффект включения в работу, который трудно обнаружить уже через час после завершения обучающей серии. Поэтому полагают, что если серии следуют друг за другом с небольшими временными интервалами, то ускорение научения обеспечивается преимущественно за счет эффекта включения в работу, а при значительных интервалах между сериями — благодаря эффекту научения учению (Postman, 1971). Отмечают, что эффект включения в работу снижен в задачах ассоциативного научения.

Важными факторами, определяющими успешность переноса, является сходство стимулов и ответов, составляющих материал для научения. Ч. Осгуд сформулировал основные эмпирические закономерности, описывающие влияние этих факторов на эффективность переноса (Postman, 1971):

1. Если стимулы в ситуациях обучения и тестирования различны, а требуемые ответы одинаковы, будет наблюдаться позитивный перенос и ретроактивное облегчение, причем их величины станут увеличиваться с ростом сходства стимулов.
2. Если стимулы в ситуациях обучения и тестирования одинаковы, а требуемые ответы различаются, будет наблюдаться негативный перенос и ретроактивная интерференция, причем их величины могут снижаться с ростом сходства ответов.
3. Если и стимулы, и ответы в ситуациях обучения и тестирования различны, будет наблюдаться негативный перенос и ретроактивная интерференция, причем их величины станут возрастать с увеличением сходства стимулов.

Обобщение принципа выполнения или решения задачи — одно из наиболее важных оснований ускорения научения. Обнаружено, что если научение сводится к механической тренировке, эффект переноса может даже отсутствовать. Понимание частного принципа решения дает меньший эффект переноса, чем понимание общего, основного принципа, по которому построены экспериментальные задания (Олерон, 1973).

В рамках когнитивной психологии для объяснения явлений переноса используется концепт «схема отношений» (relational schema) (см. Halford, Bain, Maybery and Andrews, 1998). Схема отношений — специфическая форма репрезентации, которая представляет структуру ситуации или деятельности в терминах компонентов и отношений между ними. Такие схемы являются обобщениями соотношения конкретных примеров отношений: «больше (гора, кучка)» или «больше (слон, мышь)» интегрируются в обобщенную схему отношений «больше (X, Y)». Предполагается, что перенос возможен именно между изоморфными схемами, которые, вступая в интеграцию, представляют все более обобщенные структуры и все менее связаны с их конкретным содержа-

нием. Проекция сформированной схемы отношений на новую задачу, требующую решения, и является, согласно этой точке зрения, объяснением феномена переноса. Концепцию схем отношения используют для объяснения не только переноса между изоморфными (гомоморфными) типами задач, но и для обоснования самого гомоморфизма между различными доменами в структуре знания. С этой точки зрения феномены целенаправленного и организации последовательности действий в процессе достижения цели представляются процессами переноса между последовательно существующими структурами, т.е. процессами, родственными переносу между синхронно существующими структурами знания (Greeno, Riley, Gelman, 1984; Halford et al., 1995).

Наиболее яркий пример переноса — использование акта поведения, приобретенного ранее в определенном поведенческом контексте (деятельности), в новом контексте, — хотя и выглядит феноменологически как перенос готового фрагмента поведения, требует существенной реорганизации индивидуального опыта. Кроликов, предварительно обученных захватывать зубами из кормушки кусочек морковки, обучали проделывать то же самое с непищевым объектом (кусочком пластика, по плотности и цвету неотличимым от моркови) (Александров, 1989). Обучение «переносу» акта захвата занимало у разных животных от трех до семи дней. Сравнение актов захвата моркови и пластика по актографическим показателям и электрической активности мышц показало весьма высокое их сходство. Однако сопоставление составов нейронов зрительной и моторной областей коры, активирующихся в сравниваемых поведенческих актах, позволило выделить группы нейронов: 1) активных в обоих актах, связанных с «захватом как таковым»; 2) связанных с захватом только пищи; 3) связанных с захватом только непищевого объекта. Можно предположить, что специализация именно третьей группы нейронов при обучении животного составляет важнейший компонент процесса переноса. Существование первой группы нейронов («захвата как такового») можно связать с феноменологией «переноса принципа». Таким образом, перенос даже такого элементарного поведенческого акта, сформированного на ранних стадиях онтогенеза, как захват зубами объекта, по внешне наблюдаемым характеристикам поведения совершающийся как «перемещение» и «включение» в новый контекст, требует существенных изменений в нейрональном обеспечении поведения и организации индивидуального опыта.

Неаддитивность структур, фиксирующих вновь сформированный опыт, их системное строение, показывают, что понятие «перенос» — метафора, не отражающая сущность динамики опыта/знания, как в новых условиях, так и в условиях, идентичных тем, в которых происходило его первичное формирование. То, что выглядит как перенос («перемещение»), требует формирования новых структур и реорганизации сформированных ранее в соответствии с принципами системогенеза (см. 1.5.3, 1.6, 5.1, 5.4). Если новые структуры

не сформированы, то сам феномен переноса не наблюдается. Так, школьники, работающие уличными торговцами, хорошо справлялись с решением вербально предъявленных арифметических задач (2% ошибок) на улице; в условиях лаборатории, решая задачи письменно, совершали 67% ошибок, а при вербальном предъявлении — 26% (см. Андерсон, 2002, с. 296).

Радикальную позицию относительно проблемы переноса, ее разрешения как «копирования прежнего решения», занимали гештальтисты. Они полагают, что «всякий перенос... предполагает (инсайтное) понимание предыдущего решения». И далее: «независимо от того, что должно происходить при переносе, сам факт переноса представляется невозможным...» (Дункер, 1965а, с. 83–84).

Актуалгенез — единый, неразрывный процесс порождения новых структур опыта/знания и их актуализации (см. 3.2.4) накладывает ограничения на феномены «переноса» как в связи с нарушениями изоморфности исходной и целевой ситуаций переноса, так и с различием более общих характеристик ситуаций, например, позиции индивида при использовании одного и того же по феноменологическим критериям знания. Приведем яркий пример асимметрии переноса — навык написания программ на языке ЛИСП (позиция пользователя) переносится в сферу понимания функций этого языка (позиция эксперта), но не наоборот, несмотря на существование общности между этими навыками — знания команд языка ЛИСП (McKendree, Anderson, 1987). Судя по результатам исследований Н. Пеннингтона с сотрудниками, эта закономерность касается именно процедурных знаний, поскольку при условии формирования декларативного знания о предметной области, общего для различающихся доменов, асимметрия переноса существенно снижается (Pennington, Nicolich, Rahm, 1995).

Результаты исследования переноса, рассмотренные с позиции селективной концепции научения, позволяют предполагать, что в основе явлений этого класса лежит родство между компонентами структуры индивидуального опыта (знания) и степени их удаленности друг от друга на дереве, отображающем процесс их формирования, а также особенности доменной организации структуры опыта (см. 4.3.3.2, 11.2.3.2.3).

Инсайт (ага-реакция; insight, aha experience) — феномен приобретения нового знания, состоящий в «одномоментном» усмотрении решения проблемы. Впервые описан В. Кёлером в экспериментах с поиском обходного пути у обезьян: длительные безуспешные попытки решения задачи сменялись снижением уровня активности, разглядыванием ситуации и внезапным определением правильного решения (Кёлер, 1930). Этот феномен был использован гештальтпсихологами как аргумент против представления о научении как «слепом» отборе решения методом «проб и ошибок» (Вертгеймер, 1987; Дункер, 1965а, 1985б). В феномене инсайта проявляются результаты предшествующего исследования ситуации, прошлый опыт, мотивация. Отмечается роль в про-

исхождении инсайта феноменов «установки на научение» (learning set), «научения учению» (learning-to-learn) (см. определение в 4.3.4: «Перенос»), а также его сходство с латентным научением. Важно отметить, что представители гештальтпсихологии, в соответствии с основными требованиями парадигмы, стремились отвергнуть бихевиористскую схему «стимул-реакция» как «бесполезную абстракцию», поскольку в этой схеме стимул может только «освободить готовую реакцию» (Дункер, 1985а, с. 79). Но это стремление не было реализовано, так как концепт детерминирующей роли стимуляции входил в базис парадигмы. В качестве примера приведем характерное суждение Дункера: «Благодаря инсайту существенные черты феноменального содержания непосредственно определяются (внушаются) внутренними свойствами стимулирующего материала» (Дункер, 1985 а, с. 78).

4.3.5. МОДЕЛИ НАУЧЕНИЯ

Математическая психология

Модели, разработанные в рамках математической психологии, основаны на некотором числе аксиом, предполагающих определенные конструкции процесса научения и его закономерности. Степень соответствия результатов моделирования и измерений, проведенных в эксперименте, позволяет оценить правдоподобие аксиом, на которых основана модель.

Рассмотрим модель ассоциативного научения, созданием для которой послужила концепция «все или ничего» (см. 4.3.4: «Научение с одной попытки»).

В некоторых аксиомах зафиксированы важные предположения об условиях и характеристиках процесса научения; эти аксиомы вводят также соответствие модели концепции «все или ничего»:

- «... 3. В каждой пробе субъект находится по отношению к данному элементу стимульного списка либо в состоянии обученности S , либо в состоянии необученности S_1 .
4. В каждой пробе вероятность перехода из состояния S в состояние S_1 равна c .
5. Если в момент ответа субъект находится в состоянии S , ответ считается правильным всегда (с вероятностью 1), а если в состоянии S_1 , то субъект угадывает правильный ответ с вероятностью g .
6. В начале обучения субъект находится в состоянии S . Единственный свободный параметр модели — вероятность c , с которой незаученная ассоциация окажется заученной на следующем шаге подкрепления.

Для данной модели получено хорошее совпадение предсказанных моделью и реальных усредненных кривых научения, статистических характеристик ошибок, номера пробы, после которой научение достигало 100%-ного уровня» (Аткинсон и др., 1969, с. 119-148). Модели, разработанные в когнитивной психологии, специально рассматривают в научении роль внутренних ментальных структур, определяющих феноменологические характеристики приобретения опыта. Эти модели рассмотрены в разделе «Представления о научении в когнитивной психологии» (см. 4.3.3.1).

Описательные модели

По существу, формальное описание кривых научения уже является моделью, связывающей величины оценки приобретенного опыта с числом тренировочных действий (см. 4.3.4: «Кривые научения»). Более сложные модели такого рода учитывают множество характеристик динамики научения и ситуации, в которой оно происходит. Эти модели являются преимущественно бихевиористскими, поскольку, как правило, связывают наблюдаемые характеристики ситуации научения — предъявление стимулов и соответствующие им реакции, но не включают параметров скрытых от внешнего наблюдения процессов, лежащих в основе научения. В качестве примера приведем уравнение Гулликсена (H.Gulliksen) (Ховланд, 1963):

$$u = g/c \left[1 - \left(\frac{h/k}{w + h/k} \right)^{c/k} \right],$$

где u — накопленные ошибки, w — накопленные правильные ответы, g — исходная сила неправильного ответа, h — исходная сила правильного ответа, c — константа, вычитаемая из оценки силы неправильного ответа, когда он повторяется, k — константа, прибавляемая к оценке силы правильного ответа, когда он повторяется.

Коннекционизм (Connectionism)

Одно из современных направлений в изучении познания, в котором соединяются подходы, характерные для когнитивной психологии, нейрофизиологии, компьютерных и математических дисциплин и для проблематики искусственного интеллекта. Основные идеи коннекционизма связаны с разработками «нейронных сетей» (neural networks) и моделированием с помощью «параллельных вычислений» (PDP modeling — parallel distributed processing, параллельная распределенная обработка) (Hertz, Krogh, Palmer, 1991).

В тезаурусе информационной базы «PsysLIT» коннекционизм определяется в терминах концептуальных оснований бихевиоризма: «теоретический принцип, который характеризует все научение и поведение как связанное с парадигмой 'стимул-реакция' и также с представлением о том, что нейрональные

связи, врожденные или приобретенные, связывают эти поведенческие реакции». Действительно, термин «коннекционизм» был введен Э. Торндайком в рамках развиваемой им ассоцианистской теории научения, которая составила одну из основ исследовательской программы бихевиоризма. Современная форма коннекционизма, несмотря на то, что она развивается в рамках когнитивной психологии, сохраняет и развивает базовые положения бихевиоризма.

Коннекционистские модели представляют собой сети, построенные из связанных между собой нейроноподобных элементов. Эти элементы являются узлами сети, но в качестве узла может выступать и множество элементов, репрезентирующих некоторую «сущность», заданную при построении модели, например, лексические единицы. Каждый элемент получает на входе некоторый набор возбудительных и/или тормозных воздействий. На всей совокупности элементов сети (или на их подмножествах) устанавливается суммарная активность, и состояние сети изменяется как функция суммарной активности. Связи между элементами могут изменять значения активности, которые они передают; эти изменения являются функцией свойства связи — ее веса. Вес связей представляет память сети. Он определяется алгоритмами или соотношениями, которые называют «правила научения» (*learning rules*) (Bechtel, Abrahamsen, 1993; Rumelhart, McClelland, 1986). Например, согласно правилу научения, предложенному Д.О. Хеббом, одновременное возбуждение двух нейронов увеличивает силу связи между ними (Hebb, 1949). В структуре сети выделяют входной и выходной слои элементов и слои, не имеющие непосредственного контакта с окружающей средой — «скрытые элементы» (hidden units) (Фодор, Пылишин, 1995; Hintzman, 1990). Поскольку текущее состояние сети можно описать как функцию от начального состояния элементов сети, процесс ее приведения к новому состоянию часто обозначают как обучение (training). В рамках коннекционизма научение представляет одно из главных направлений исследования. Существенным преимуществом этого подхода является тот факт, что обучение сети происходит без специально заданных правил (Miller, 1988). При предъявлении сети определенных событий на входе она моделирует и воспроизводит их стохастические отношения. Как отмечают Дж. Фодор и З. Пылишин, такое воспроизведение напоминает закон соответствия (см. 4.3.2.1). Обнаружение статистических закономерностей, связывающих параметры входа и выхода, — задача, которая поставлена в рамках бихевиористской доктрины. Она оказалась неразрешимой в исследованиях процессов поведения и научения реальных индивидов — животных и человека, но при построении искусственных систем эту идею удалось реализовать именно за счет введенных в сеть скрытых элементов, специально разработанных принципов распределения весов и распространения взаимовлияний в сети (Фодор, Пылишин, 1995; Hintzman, 1990). Заметим, что успешность применения какого-либо принципа при построении модели

согласно логической фигуре *modus ponens* не дает основания для оценки истинности исходных посылок. При оценке собственно исследовательского потенциала построения практически полезных сетей, построенных из нейроподобных элементов, следует учитывать, что рассмотрение реальных нейронов как сумматоров, или логических элементов является неправомерным упрощением, поскольку при этом реализуются архаические версии фундаментальных объяснительных принципов: взаимодействия/развития, детерминации, целостности, активности. Такой подход не принимает во внимание важнейшие достижения в нейронауках (нейрофизиологии, нейрогенетике, психофизиологии), на основании которых нейроны рассматриваются как целостные организмы, обладающие развитой сферой потребностей, сложной и разветвленной историей формирования, фиксированной в специализациях относительно определенного поведения индивида (см. Александров, 2004а, 2004б).

Заметим, что нейрональные эффекты научения оценивают в терминах трансформации электрических, биохимических, морфологических и других свойств отдельных нейронов, а поведенческие эффекты (феноменологически) в терминах увеличения эффективности, снижения количества ошибок и временных затрат на решение задач. Прямое сопоставление этих описаний, избегающее использования представлений о психологических структурах (см. гл. 3), ведет к имплицитно или явно редукционистским решениям проблемы научения (см., например: Kleim, Lussing, Schwartz, Comery, Greenough, 1996).

4.3.6. СЕЛЕКТИВНАЯ КОНЦЕПЦИЯ НАУЧЕНИЯ

(см. также 1.5.1, 1.5.3, 1.6, 5.4)

Идея объяснения формирования новых структур на основе селективистских эволюционных представлений зародилась в исследованиях иммунитета (см.: Стил, Линдли, Бланден, 2002, с. 93–116) и, в силу высокой степени обобщенности эволюционной концепции, была использована нейрофизиологами для разработки проблемы научения. Наибольшую разработку эта идея получила в исследованиях Эдельмена (Эдельмен, 1981; Edelman, 1989), но он указывает и другие пионерские работы в этой области: «Antibodies and learning» (Jerne, 1967), в которой была обоснована аналогия между формированием иммунитета и процессом научения. Анализ соответствия между селективной теорией научения и основными постулатами синтетической теории эволюции (СТЭ) проведен нами в разделе 1.5.1, 1.6, здесь же отметим высокую степень согласованности между ними.

Селективистские представления о научении составили содержательную альтернативу инструктивным подходам к проблеме научения, а также к проблемам развития в целом (см. 1.5.1). Принципиально инструктивные пред-

ставления о научении составили основу бихевиористских концепций. С этой точки зрения именно воздействие стимула порождает новые акты поведения, их модификации, навыки, умения, опыт (см. 4.3.2). Хотя в формулировке «Закона эффекта» усматривали соответствие эволюционным представлениям об отборе, но, как показывает анализ (см. 4.3.2.1: «Закон эффекта»), это лишь поверхностное сходство, строго эволюционистская линия в этой группе парадигм (бихевиористской исследовательской программе) не получила развития. Важнейшая из основ эволюционизма — представление о популяции как единице эволюционного процесса (см. 1.1, 3 постулат СТЭ). Дж. Эдельмен указывает на нарушение этого принципа, приводя высказывание одного из самых радикальных современных бихевиористов, Б.Ф. Скиннера, который в статье, посвященной идее селекции, проводит аналогию между жестким (ruthless) бихевиоризмом и инструкционистскими установками и принципиально отвергает мысль о том, что мозговые структуры могут представлять собой популяции, на которых могла бы происходить селекция — основание для перцептивной категоризации (Edelman, 1989, p. 12).

Важнейший компонент инструктивизма — представление о ведущей роли стимула в научении и его собственно инструктирующем воздействии. Селективная концепция научения в версии Эдельмена не отказалась от понятия «стимул», но изменила представление об его роли, с порождающей — на условие селекции альтернативных вариантов. Более радикально разрешена проблема роли стимула в системно-селективной концепции научения, которая была разработана в рамках системно-эволюционного подхода, развитом на основе теории функциональных систем П.К. Анохина (см. гл. 5). В предельной форме событие, которое можно сопоставить со стимулом, представляется в СЭП «эффордансом», «средовым» фактором, который предоставляет возможности для индивида достигать определенные результаты, или для процесса — разворачиваться (см.: Александров, 2003, с. 55; Гибсон, 1988; Gibson, Adolph, Eppler, 1999).

Введение селекционных принципов позволяет разрешить принципиальные трудности, которые сложно преодолеть, находясь на позициях инструктивных теорий. Некоторые из этих трудностей, по мнению Дж. Эдельмена, состоят в следующем: (1) для того чтобы сформировалась инструкция, необходимо создание некоторой новой структуры, комплементарной по отношению к специфическому стимульному событию, которой ранее не существовало на молекулярном или клеточном уровне головного мозга; (2) необходимо наличие специального механизма, способного различать новые и старые элементы структур (Эдельмен, 1981).

Точное название концепции Эдельмена — теория селекции групп нейронов (The theory of neuronal group selection). Эта теория построена на фундаментальных эволюционных положениях (см. гл. 1). Она призвана преодолеть приведенные выше сложности, характерные для неэволюционных подходов

к анализу психологических, психофизиологических и нейрофизиологических явлений. По определению Эдельмена, она направлена на то, чтобы объяснить, каким образом «перцептивная категоризация» может происходить без допущений о том, что мир преформирован в соответствии с информационной метафорой, что мозг — вычислительное устройство или содержит гомункулюса, чтобы «объяснить категоризацию без представлений о переработке информации» (Edelman, 1989, р. 4). Заметим, что все перечисленные допущения так или иначе вступают в противоречия с эволюционными положениями (см. гл. 1). Для решения этих задач Эдельмен рассматривает мозг как организацию клеточных популяций, структура и функция которых отображена в индивидуальном развитии (и) в процессе поведения. Эти популяции — «нейрональные группы», представленных «ассортиментами функционально эквивалентных единиц» (Эделмен, 1981, с. 69). Группы формируются эпигенетически через селекцию первичного ассортимента нейронов — групп клеток, дифференцировавшихся из клеток-предшественников. Разнообразие этого ассортимента достигается за счет деления клеток, гибели некоторых из них и дальнейшей дифференциации клеток, прошедших селекцию. Вторичный процесс селекции через эпигенетические модификации приводит к избирательному изменению синаптических связей; в результате отбираются группы, комбинации активности которых связываются с различными сигналами, возникающими в адаптивном поведении. Этот отбор (селекция) совершается на группах первичного ассортимента; группы, прошедшие эту стадию селекции, представляют вторичный ассортимент (Edelman, 1989, р. 5). Согласно представлениям Эдельмена, первичный ассортимент складывается на основе процесса развития, а вторичный — через его селекцию при осуществлении поведения (р. 7).

Важное место в теории селекции групп занимает представление о перцептивной категоризации и, соответственно, о сигналах, которые соответствуют тем или иным возможностям совершения адаптивного поведения. Группы, прошедшие процесс селекции, проявляют некоторую степень специфичности по отношению к стимулам/сигналам. Эта степень специфичности обозначена Эдельменом как «вырожденность» (degeneracy) группы: «Под вырожденностью я имею в виду, что вообще при данном пороге должно быть больше одного способа распознавания данного входного сигнала. Для этого требуется множество нейронных групп разного строения, способных лучше или хуже выполнять одну и ту же функцию» (Эделмен, 1981, с. 77). После того, как группа сформирована, возможны ее модификации, которые ведут к снижению «вырожденности» (degeneracy). Общая тенденция состоит в том, что «развитие, особенно в критические периоды, может уменьшать эту вырожденность» (Эделмен, 1981, с. 118). Таким образом, можно выделить следующие формальные свойства групп: связь с определенным сигналом и конкретным адап-

тивным поведением, степень вырожденности (показатель, характеризующий также разнообразие состава группы), размер группы, ее связность.

С позиции Эдельмена все стадии процесса селекции групп нейронов, составляющие суть научения, инициируются новизной ситуации (novelty), неожиданной ситуацией (surprise) или нарушением ожиданий (violation of expectation) (Edelman, 1989, р. 296). Роль подобных событий в научении подчеркивается в большинстве концепций. Важно, что в селектогенетической теории эти события связываются с запуском процесса порождения и отбора групп нейронов. Заметим, что связь самых ранних стадий нейрогенеза — экспрессии ранних генов с новизной ситуации — продемонстрирована во множестве работ (см.: Anokhin et al., 1991; Nikolaev et al., 1992; Kruse, Stripling, Clayton, 2000; Radulovic, et al., 1998). Концепция Эдельмена и соответствующие ей результаты исследований открывают принципиально новые характеристики ситуации инициации процесса научения.

В концепции Эдельмена важное место занимает положение о том, что перцептивная категоризация должна как предшествовать научению, так и сопровождать его (Edelman, 1989, р. 7). Это утверждение указывает на то, что стимулу в этой теории придается особое значение (см. выше), но также и на то, что научение рассматривается как актуалгенетический процесс.

Следует специально заметить, что теория селекции групп нейронов направлена на изучения широкого класса явлений научения, памяти и даже феномена сознания (см. Эделмен, 1981, с. 70), но касается почти исключительно научения как перцептивной категоризации, формирования операции распознавания сигналов, избирательного распознавания, рассматривает приспособление нервной системы «к комплексам поступающей информации, с которыми она никогда раньше не встречалась в истории особи или вида» (Эделмен, 1981, с. 74). К изучению собственно обучения на основе сходных представлений подошли исследования неонейрогенеза — процесса порождения и селекции групп нейронов, активность которых связана с реализацией формирующихся новых навыков (см.: Barnea, Nottebohm, 1994, 1996; Gould, Gross, 2002; Nelson, Marler, 1994). Селективная концепция, построенная специально для объяснения феноменов научения, за счет опоры на фундаментальные эволюционные идеи выходит за пределы собственно этой проблематики в область представлений о развитии и шире — формирования нового.

Исследования, построенные на селективной концепции научения, сфокусированы на нейрогенетических и нейрофизиологических методиках, но эти обстоятельства не должны маскировать психологическую суть этой концепции, поскольку эти методики открывают доступ к собственно процессам порождения множеств групп нейронов (и связанных с ними вариантов новообразований в поведении) и их селекции как основе научения и, следовательно, к верификации гипотез о процессах формирования новых навыков, умений, опыта и т.п.

4.4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Общая тенденция развития представлений о научении — увеличение разнообразия аспектов рассмотрения процессов формирования, фиксации и использования нового опыта, использование эффективных, обладающих высокой разрешающей способностью психологических, электрофизиологических, био- и нейрхимических, генетических методик. Перспективы исследований состоят в: (1) преодолении концепций, обращающихся к представлениям преформизма и *tabula rasa*, к инструктивным теориям или к многообразным вариантам их эклектических смесей; (2) обращении к эволюционным — **эпигенетическим, селекционным, системогенетическим** представлениям. Селективные концепции научения привлекают методики и подходы, сложившиеся в рамках молекулярной биологии, биохимии, иммунологии, нейрофизиологии; они согласуются с результатами, полученными в психологических исследованиях научения.

Из эволюционных принципов (см. 1.1) следует необходимость введения представлений о структурах, представляющих собой фиксацию этапов развития (см. гл. 3). Только структуры, фиксирующие продукты взаимодействия индивида с окружением, могут служить основой процессов научения. Важно, что ни психологические структуры не могут быть изучены вне процессов их становления, ни процессы научения, развития, формирования не могут быть поняты без установления характеристик структур.

Законы научения, имеющие большое значение в исследованиях, складывались в соответствии с методологическими положениями зарождающегося, а затем классического, радикального бихевиоризма и частично необихевиоризма. Эти закономерности были сформулированы для описания и объяснения формирования нового в поведении, поэтому следовало бы ожидать их согласованности с эволюционными представлениями. Однако, хотя в рассмотренных формулировках и прослеживается эволюционистская направленность, напр., в «Законе эффекта» (см. 4.3.2.1), но это соответствие — поверхностное, поскольку для полной и непротиворечивой реализации принципа взаимодействия/развития (1.2), положений теории эволюции, необходимы представления о структурах, которые, собственно, и эволюционируют в процессе научения — фиксируют новые соотношения индивида с окружением, проходят отбор.

«Классические» законы научения реализуют инструктивные представления о формировании нового, это отражает их неэволюционный характер. Основные методики, которые использованы в исследованиях, на основе которых сформулированы эти законы, и для объяснения которых они применяются, точно соответствуют $S \rightarrow R$ логике и воспроизводят ее вновь и вновь. Представляется, что последовательно эволюционный подход к исследованию научения вынужден обратиться к методикам, соответствующим идеям селекционизма,

которые допускают выявление и контроль формирования альтернативных вариантов структур, их конкуренцию, дифференциацию, отбор и другие события и процессы, составляющие существо формирования нового как эволюционного процесса.

Бихевиористские формулировки законов научения имеют ярко выраженный феноменологический характер, они даны исключительно в терминах изменения эффективности (количества ошибок/правильных решений, вероятности ответа, времени, затрачиваемого на выполнение задачи и т.п.). Меры этого рода (временные параметры и результативность), которые использовались на протяжении всего развития психологических исследований «в различных школах в качестве критерия психического процесса, утратили какую бы то ни было “идеологическую” ангажированность теоретическим постулатам» (Ребеко, 1998б, с. 55).

По-видимому, именно феноменологический характер этих законов, отсутствие указаний на то, какие именно психологические структуры формируются в научении, обеспечили с одной стороны долготлетие этих законов, с другой — имплицитно ввели в обиход исследователей различных парадигм фундаментальную бихевиористскую схему $S \rightarrow R$. Феноменологические установки исследователей, как можно предполагать, привели к аналогичным результатам и в других исследовательских программах и парадигмах. Так, по замечанию Ребеко, «самые первые когнитивные модели 1960—1970 гг., определенно воодушевленные противостоянием бихевиоризму, тем не менее воспроизвели бихевиоральную постановку научной проблемы: фатальным образом в центре внимания опять оказалась связь между стимулом... и реакцией» (Ребеко, 1998а, с. 26). Отмеченный феноменологизм, отсутствие представлений о структурах, формирующихся, модифицирующихся и дифференцирующихся в процессе научения, которые фиксируют новые модели взаимодействия индивида с окружением, наращивают многообразие этих моделей, проходят отбор, является одним из самых серьезных препятствий в применении эволюционных взглядов к исследованиям научения (см. гл. 3). Без представления о структурах, в частности, оказывается невозможным различить, происходит изменение эффективности за счет формирования новых или модификации сформированных ранее навыков, умений, знаний и т.п., строго различить эффекты вработывания, научения и утомления при многочисленных повторениях. При введении представлений о структурах (например, о доменных образованиях в структуре знаний; см. также 3.2.3) оказывается возможным дать непротиворечивые объяснения эффектам переноса (см. 4.3.3.2, 4.3.4: «Перенос»).

ГЛАВА 5

СИСТЕМНО-ЭВОЛЮЦИОННЫЙ ПОДХОД

Системно-эволюционный подход (СЭП) сформировался в 1970–1980-х годах на основе теории функциональных систем (ТФС), сформулированной П.К. Анохиным.

Чтобы описать структуру парадигмы СЭП — предмет и объект исследования, образец исследования, закономерности, на установление которых направлены исследования, характерные методические приемы, следует охарактеризовать процесс становления СЭП. В этом процессе можно выделить следующие перекрывающиеся во времени этапы:

- 1) дифференциация «неклассической» версии ТФС (НТФС) из «классической» версии ТФС и ее развитие в работах В.Б. Швыркова и его сотрудников (1969–1978 гг.);
- 2) столкновение «неклассической» версии ТФС (НТФС) с аномалиями (1977–1982 гг.);
- 3) формирование парадигмы СЭП (с 1978 г. по настоящее время).

5.1. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ КЛАССИЧЕСКОЙ ТФС (КТФС)

Следует заметить, что парадигмальное сообщество, которое формировало положения ТФС, было весьма многочисленно. Анохин был основателем и научным лидером этого сообщества, им были сформулированы основные положения ТФС и даны их обоснования, при этом анализ истории становления теории показывают, что в точном соответствии с положениями концепции Т. Куна (Кун, 1977), в этот процесс было вовлечено множество специалистов, разделяющих данную точку зрения (Александров, Шевченко, 2004; Симонов (ред.), 1990; Судаков, Журавлев (ред.), 2003).

Основа ТФС — представление о **системе**, как «комплексе избирательно вовлеченных компонентов, у которых взаимодействие и взаимоотношения принимают характер взаимодействия компонентов на получение фокусированного полезного результата» (Анохин, 1975а, с. 35). Решающий фактор упорядочивания множества компонентов — системообразующий фактор — **результат**. Организация и реализация системы проходят определенные стадии, которые составляют «внутреннюю операциональную архитектуру функциональной системы» которая обеспечивает **взаимодействие** компонентов системы. Проходя стадии организации системы, компоненты «освобождаются от избыточных степеней свободы, чтобы установить взаимосвязь с другими компонентами на основе императивного влияния результата на всю систему» (Анохин, 1975а, с. 46).

«Решение о том, какой результат нужен в данный момент... приспособительной деятельности», принимается на основе «**афферентного синтеза**»; эти афференты — «*доминирующая на данный момент мотивация, обстановочная афферентация, ... пусковая афферентация, ... память*» (Анохин, 1975а, с. 47), (*выделено мной — И.А.*). Анохин подчеркивает, что «афферентный синтез, являющийся абсолютно необходимым этапом формирования функциональной системы, содержит все необходимое для постановки цели» (Анохин, 1975а, с. 49). Один из источников информации, которая интегрируется в афферентном синтезе — «*прошлый опыт*», который впоследствии станет одной из основных категорий эволюционирующей ТФС. Анохин выделяет важные свойства опыта: «Извлечение прошлого опыта из памяти происходит по той же нейрхимической трассе, по которой он был зафиксирован в момент приобретения опыта» (Анохин, 1975а, с. 47). Таким образом, *предполагаемые* свойства прошлого опыта таковы: 1) он составляет материал памяти; 2) фиксируется в момент приобретения в нейрхимической форме; 3) может быть извлечен из памяти.

Принятие решения «после того, как закончится афферентный синтез, является выбором наиболее подходящих степеней свободы в тех компонентах, которые должны составить рабочую часть системы» (Анохин, 1975а, с. 51). Специально заметим, что П.К. Анохин, обсуждая характеристики принятия решения как узлового механизма архитектуры функциональной системы, ссылается на работы В.Б. Швыркова: «Последние данные сотрудников нашей лаборатории (А.И. Шумилина, В.Б. Швырков) заставляют думать, что оценка **возможных** результатов при данной доминирующей мотивации происходит уже в стадии афферентного синтеза» (*выделено П.К. Анохиным*) (Анохин, 1975а, с. 51). Признаки, существенные для оценки будущего результата, «динамически формируются благодаря многосторонним процессам афферентного синтеза с извлечением из памяти прошлого жизненного опыта и его результата» (Анохин, 1975а, с. 53).

В результате принятия решения формируются **программа действия и акцентор результатов действия**.

Программа действия — отобранная совокупность взаимодействующих компонентов системы, у которых «выторможены все те степени свободы на моторных нейронах и мышечных аппаратах, которые не имеют отношения к получению данного результата» (Анохин, 1975а, с. 52).

Акцептор результатов действия — узловой механизм функциональной системы, который предвосхищает афферентные свойства результата, который соответствует принятому решению и, «следовательно, опережает ход событий в отношениях между организмом и внешним миром». Анохин подчеркивает, что «формирование этого механизма нарушает устоявшееся представление о поступательном ходе возбуждений по центральной нервной системе согласно рефлекторному процессу» (Анохин, 1975а, с. 52). Именно с представлением об акцепторе результатов действия связано такое принципиально новое понятие, как «**обратная афферентация**» (Анохин, 1968, с. 236 и далее), занимающее важное место в ТФС. Заметим, что Анохин описывает все системные процессы в терминах «возбуждения», «передачи возбуждения», «афферентации» и «эфферентных возбуждений», принятых для описания рефлексов, а, характеризуя акцептор результатов действия, отмечает коренное отличие ТФС от рефлекторной теории. Представляется, что именно концепция акцептора результатов действия дала основание радикального расхождения ТФС и всех вариантов рефлекторной теории. Более того, с нашей точки зрения, именно это нововведение позволило Анохину выйти за пределы картезианской исследовательской программы, для которой представления об исключительной роли стимула, об исключительности внешних источниках активности организма, составляют основу «твердого ядра», охраняемого всеми доступными средствами от опровержения (Лакатос, 1995).

Представление об акцепторе результатов действия впервые позволило обоснованно ввести в исследования конструкт «**цель**», дать объяснение явлениям **целенаправленности**, которые для круга дисциплин, исследующих живые организмы, и для психологии в том числе, играют важнейшую роль. Явления этого круга либо исключали из числа явлений, доступных исследованию, например, в бихевиористских парадигмах, либо были вынуждены для их объяснения вводить представления о специальных видах детерминации, например «целевая детерминация», или «детерминизм типа обратной связи» (см.: Петровский, Ярошевский, 1996). Эти понятия были введены, чтобы разрешить «временной парадокс», суть которого состоит в том, цель рассматривается как **будущее** состояние среды, и она представляет собой **причину** разворачивающегося поведения. Согласно такой формулировке будущее, которое еще не существует, оказывает влияние на настоящее. Такая интерпретация рассматривалась как проявление телеологической установки, а по сути ею и является, поскольку довольно точно воспроизводит представление Аристотеля о «конечной причине». Анохин разрешил временной парадокс цели, введя конструкцию «**акцептор результатов действия**»: он содержит информационный эквивалент будущего

результата (= цель). Эта информационная модель результата (цель) порождает и направляет поведение, организует прогноз, «активирует ориентировочно-исследовательское поведение» (Анохин, 1975а, с. 54), если результат не соответствует прогнозу, что устанавливается в результате **сличения** параметров результата, представленного в акцепторе результатов действия, и обратной афферентации. Таким образом, введение конструкта «акцептор результатов действия» позволяет исследовать основные феномены, связанные с целенаправленностью, целью, в том числе с формированием новых целей — целеполаганием, не попадая в «телеологическую ловушку», а также разрешить «временной парадокс».

П.К. Анохин специально подчеркивал, что теория функциональных систем является «концептуальным мостом» между системным и аналитическими уровнями рассмотрения процессов, обеспечивающих поведение. Он ассоциировал системный уровень организации процессов с психологическими характеристиками поведения и рассматривал ТФС как *концептуальный мост* между физиологическими и психологическими представлениями. Так, намечая пути исследования интеллекта, Анохин писал: «Цель в нашем понимании и наших экспериментах не является чем-то изначальным, а подготавливается сложной работой нервной системы в стадии афферентного синтеза. Именно это обстоятельство позволяет выразить *цель как психологическое понятие* на языке нейрофизиологических механизмов и объективных причинных связей между процессами, происходящими в головном мозге (выделено П.К. Анохиным)» (Анохин, 1978, с. 119). Потенциальные возможности ТФС в разрешении фундаментальной психофизиологической проблемы П.К. Анохин отметил в важном выступлении на Всесоюзном совещании по философским вопросам физиологии высшей нервной деятельности и психологии в 1962 г. Его результаты частично позволили преодолеть ущерб для нейрофизиологии и психологии, нанесенный «Павловской сессией» 1949 г. В своем докладе он говорил о том, как ТФС могла бы закрыть «пропасть, незаконно существующую между нашими науками уже много лет» (Анохин, 1963, с. 161). Обсуждая варианты решения проблемы соотношения психологических и физиологических процессов организации поведения, Анохин ставил задачу преодолеть такие представления, как параллелизм или взаимодействие этих процессов. Таким образом, и в подходе к решению психофизиологической проблемы П.К. Анохин вышел за пределы картезианской исследовательской программы.

В качестве компонентов функциональных систем (в точном соответствии с обозначением концепции) рассматриваются **функции**. Именно они интегрируются в процессах афферентного синтеза/принятия решения. Рассматривая структуру именно как *анатомическую структуру*, Анохин подчеркивает, что «функциональные системы организма складываются из динамически мобилизуемых структур в масштабе целого организма и на их деятельности и окончательном результате не отражается исключительное влияние какого-нибудь типа

участвующей структуры. Больше того, компоненты той или иной анатомической принадлежности мобилизуются и вовлекаются в функциональную систему только в меру их содействия получению запрограммированного результата». С его точки зрения, «внесение понятия структуры в формулировку системы привносит привкус чего-то жестко структурно детерминированного. Между тем, одним из самых характерных свойств функциональной системы является именно динамическая изменчивость входящих в нее структурных компонентов, изменчивость, продолжающаяся до тех пор, пока не будет получен соответствующий полезный результат» (Анохин, 1975а, с. 41).

Таким образом, для достижения необходимого результата на основе отбора определенных степеней свободы формируется специфический набор функций, который после достижения данного результата «рассыпается». Отобранная совокупность функций представлена нейронами, которые могут вовлекаться в различные функциональные системы, формирующиеся и реализующиеся для достижения определенных результатов. В качестве носителей функций выступают нейроны, обладающие способностью к интегративной деятельности, которая также строится в соответствии с универсальной схемой функциональной системы (Анохин, 1974а).

Представление об универсальности операциональной архитектоники функциональных систем любого масштаба (от функциональной системы, обеспечивающей получение результата одиночным нейроном, до организменных и даже социальных систем) получило выражение в иерархическом принципе организации систем. *Иерархия* предполагает выделение более низких («*субсистем*») и более высоких уровней систем («*суперсистем*»), подчинение субсистем суперсистеме, включенность (вложенность) субсистем в суперсистему. Порядок соподчинения систем соответствует порядку соподчинения результатов: «...всякий более низкий уровень систем должен как-то организовать контакт результатов, что и может составить следующий, более высокий уровень систем и т.д.» (Анохин, 1975а, с. 44).

ТФС уже в своей основе — эволюционная теория. Так, для того чтобы раскрыть содержание одного из базовых понятий концепции, *опережающего отражения*, Анохин описывает ранние стадии формирования живых организмов (Анохин, 1968, с. 21 и далее). Роль эволюционных представлений в формировании ТФС выделяет и сам П.К. Анохин: «...уже в 1937 г. была опубликована кардинальная для наших исследований работа “Функциональная система как основа интеграции нервных процессов в эмбриогенезе”. Фактически это было зарождением той эволюционной концепции, которая в 1945 г. была сформулирована как теория *системогенеза*» (Анохин, 1975а, с. 55). Формирование представления о системогенезе, отказ от концепции органогенеза составило потенциал применения ТФС для изучения процессов развития и научения с самых современных эволюционных позиций (см. раздел 1.5.3).

Можно перечислить основные ключевые понятия ТФС — функциональная система, системная организация, функция, архитектоника функциональной системы, узловые механизмы, обстановочная афферентация, пусковая афферентация, пусковой стимул, афферентный синтез, принятие решения, акцептор результатов действия, программа действия, результат действия, цель, обратная связь, обратная афферентация, сличение, саморегуляция, интеграция функций, взаимодействие, предпусковая интеграция, системные механизмы поведения, поведенческий акт, интегративная деятельность нейрона, целенаправленность, целостность, прошлый опыт, доминирующая мотивация, системогенез, иерархия, субсистема, суперсистема.

Содержание этих понятий, целей, методических средств и результатов исследований (по обзорам, представленным в монографиях: Анохин, 1968; Ата-Мурадова, 1980; Судаков, 1971; Шулейкина, 1971) позволяют дать обобщенное описание предмета и объекта этих исследований:

предмет исследования КТФС — процессы организации компонентов (функций) в систему, направленную на достижение определенного результата, и архитектоника (структура) этих процессов; атрибуты этого предмета — целостность, целенаправленность, организованность, взаимодействие компонентов, вовлеченность компонентов в определенные узловые механизмы функциональных систем;

объекты исследования КТФС — индивиды (животные, человек как представитель биологического вида) на разных этапах онтогенеза, достигающие определенных результатов поведения; функционирующие ткани, органы у обездвиженных, наркотизированных животных и у препаратов.

5.2. ФОРМИРОВАНИЕ И ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ НЕКЛАССИЧЕСКОЙ ТФС (НТФС)

Новая, неклассическая форма ТФС *выделилась* из КТФС¹. Обозначая ее появление таким образом (как выделение), мы подчеркиваем, что в качестве ключевых положений В.Б. Швырковым с сотрудниками без радикальных

¹ Предмет предлагаемого анализа — ветвь развития ТФС, ведущая к системно-эволюционному подходу. Другие направления эволюции ТФС, представляющие родственные, но иные варианты развития исходных классических концепций, например, разработка системогенетической теории в исследованиях К.В. Шулейкиной и ее сотрудников (Хаютин, Дмитриева, 1981, 1991; Шулейкина, 1971; Шулейкина, Хаютин, 1989; Raevsky, Alexandrov, Vorobyeva

изменений была принята центральная часть концептуальной системы, исследовательских приемов и достижений КТФС, эту часть можно обозначить в виде твердого ядра ТФС как «исследовательской программы» (Лакатос, 1995).

Начало обособления НТФС и становления ее как специфической парадигмы можно связать с формированием специфической формы исследования, обладающего концептуальной, методической и эмпирической новизной. Несомненным лидером НТФС был В.Б. Швырков, но что характерно для парадигмального сообщества (Кун, 1977), планирование исследований, теоретические построения, интерпретация результатов проходили с участием всех сотрудников и сторонников парадигмальной точки зрения. Так, монография В.Б. Швыркова «Нейрофизиологическое изучение системных механизмов поведения» (Швырков, 1978), представляла итоги исследований всего коллектива лаборатории и фиксировала общую парадигмальную позицию на начало 1978 г. В соответствии с точкой зрения Т. Куна, именно исследование, принятое группой специалистов в качестве образца, является центром, образующим структуру парадигмы, «парадигмальную матрицу специалистов» (Кун, 1977). Такое «парадигмообразующее» исследование складывалось приблизительно с 1969—1977 гг. Один из первых следов этого процесса зафиксирован в публикации (Швырков, Гринченко, 1969), в которой была представлена методика, позволяющая выделить «**элементарный поведенческий акт**» по критерию достижения определенного результата в пищедобывательном поведении. В этот период терминология, связанная с условнорефлекторной концепцией, например, «О возможности выработки условного оборонительного рефлекса у бодрствующего кролика в остром опыте» (Швырков, 1968а); «О форме участия корковых проекционных соматосенсорных нейронов в образовании условного оборонительного рефлекса» (Швырков, 1968б), начинает замещаться парадигмальными терминами КТФС (выделено мной — И.А.): «Сравнительная характеристика опережающего и безусловного возбуждений в соматосенсорной коре кролика при выработке условного оборонительного рефлекса» (Швырков, 1969); «Электрофизиологическое изучение акцептора результатов действия в инструментальном поведении» (Швырков, Гринченко, 1972).

В основных эмпирических исследованиях этого периода было установлено соотношение во времени компонентов вызванного потенциала, фаз импульсной активности нейронов и электрической активности мышц у бодрствующих животных, фиксированных в стереотаксисе, которым предъявляли условные

сигналы (вспышки света), подкрепляемые электрокожным раздражением. Основываясь на данных о том, что «нейрофизиологические процессы во многих областях мозга имеют одинаковую временную структуру и оказываются синхронными, ... <что> позволяет рассматривать их как корреляты узловых механизмов функциональной системы поведенческого акта» (Швырков, 1976, с. 167). Хотя соотношение импульсной активности нейронов и медленных потенциалов было предметом изучения других исследователей (например, Кондратьева и др., 1970), синхронность медленных потенциалов в разных областях мозга была показана в классических работах М.Н. Ливанова (Ливанов, 1972), а синхронность фаз вызванных потенциалов — в работах Е.Р. Джона с сотрудниками (John, Morgades, 1969), полученные результаты и их интерпретация обладали принципиальной новизной. Впервые эти феномены — медленные электрические потенциалы, разряды нейронов разной анатомической принадлежности, активность мышц, были рассмотрены в связи друг с другом как проявление системных процессов организации поведенческого акта. Верификация гипотезы о том, что разряды нейронов в разных областях мозга синхронны и соответствуют реализации узловых механизмов функциональной системы, потребовала проведения специального сложнейшего в техническом отношении исследования, в котором у кроликов регистрировали активность нейронов в соматосенсорной и зрительной областях коры двумя микроэлектродами одновременно, а также медленную электрическую активность и ЭМГ (Александров, Швырков, 1974). Существование этого соотношения было установлено также для активности подкорковых нейронов (ретикулярная формация) (Шевченко, 1975, 1976). Вовлечение нейронов в реализацию узловых механизмов функциональной системы поведенческого акта оценивали с помощью нейрохимических методик, при ионофоретическом подведении медиаторов к мембране нейрона у бодрствующих животных (Безденежных, Швырков, 1976).

В этих исследованиях впервые делаются попытки дать эмпирические оценки характеристик системной организации поведения, формируется критерий «включенности элемента в системные процессы» — соответствие фаз активации тем или иным компонентам ВП, дается оценка объема интеграции — через количество нейронов, вовлеченных «в последовательные системные механизмы данного поведенческого акта», предлагаются формальные характеристики структуры интеграции, такие как количественное соотношение совокупностей нейронов, участвующих в различных системных процессах (Шевченко, Александров, 1978, с. 255, 258).

В формирующейся парадигме принципиальную важность приобрело решение психофизиологической проблемы, которое было предложено В.Б. Швырковым. Оно состояло в том, что «организация физиологических процессов в единую систему осуществляется с помощью качественно своеобразных системных

et al., 1997) или представлений о принципах квантования поведенческого континуума в трудах К.В. Судакова (1996), заслуживают специального рассмотрения. Такая картина эволюции ТФС была бы более полной и содержательной.

процессов: их субстрат — физиология, их информационное содержание — свойства и отношения внешних объектов» (Швырков, 1978, с. 217). Это было принципиально новым решением. В рамках КТФС системные процессы рассматривались как «концептуальный мост», связывающий два класса процессов — психологических и физиологических. В решении, данном с позиций НТФС, психологические и физиологические процессы — аспекты единых общемозговых системных процессов, «их субстрат — физиология, их информационное содержание — свойства и отношения внешних объектов» (Швырков, 1978, с. 217). Этот подход позволил преодолеть представления и о параллельном течении, и о взаимодействии психологических и физиологических процессов. Развитие такого подхода к решению психофизиологической проблемы обусловило увеличение разрыва с картезианской исследовательской программой.

Установление соотношения между нейрофизиологическими и системными процессами имело важнейшее значение для формирования парадигмы НТФС, поскольку определило предмет и объект исследования в парадигмальном исследовании:

предмет исследования НТФС — системные процессы организации элементарного поведенческого акта, обладающие определенной структурой (узловые механизмы функциональной системы);

объект исследования НТФС — индивид, реализующий определенный элементарный поведенческий акт, который выделяется как интервал между достижением двух последовательных результатов поведения.

Сложилась новая требования к **методикам** исследования. Главные из них определяют возможность: (1) регистрации активности мозга у индивида, достигающего результаты поведения (как медленной, так и импульсной активности), а также (2) определенного членения континуума поведения на интервалы по результатам поведения разного иерархического уровня. Для решения второй задачи было необходимо *построить формальные критерии* достижения результатов (что, как показывает анализ публикаций, связано с радикальным отказом от понятия «стимул», даже в версии «пусковой стимул»), *а также операционализировать эти критерии*, сделать их применимыми в эмпирическом исследовании.

Реализовать эти парадигмальные предписания оказалось возможным только тогда, когда был создан микроманипулятор, позволяющий регистрировать стеклянными микроэлектродами активность отдельных нейронов у свободноподвижных животных (Гринченко, Швырков, 1974, использовать методику начали раньше). Сложность решения этой технической задачи иллюстрирует высказывание Дж. Сомьена: «Регистрация активности одиночного нейрона у свободно ведущего себя животного — трюк, удавшийся лишь немногим» (Сомьен, 1975).

Этот манипулятор сначала использовали в опытах с мягко фиксированными животными, это было все еще не «свободное» поведение, но оно принципиально отличается от состояния животного в стереотаксисе. Появилась возможность использовать модели не только пассивно-оборонительного, но и пищевого поведения, сопоставлять показатели активности мозга и поведения в различных поведенческих актах. Так, например, было проведено исследование закономерностей вовлечения элемента (нейрона зрительной области коры) в функциональную систему пищевого или оборонительного актов, в котором было показано, что «мотивация активизирует все нейроны, деятельность которых приводила когда-либо к достижению приспособительного результата», но «в конкретном поведении из всех нейронов, целенаправленно отобранных мотивацией, участвуют только те, рецептивные поля которых специфически связаны с параметрами данного зрительного стимула» (Швыркова, 1979, с. 325).

Использование манипулятора позволило «освободить» животное из стереотаксиса, опыты проводили с животными, мягко фиксированными за лапы (см., например: Александров, Гринченко, 1977; Шевченко, 1976; Шевченко, Александров, 1978), или со свободно подвижными (Гринченко, 1979; Карпов, 1979). В этих условиях животное способно *достигать результаты поведенческих актов*. Одно из центральных положений КТФС состоит в том, что «состав и характер физиологических механизмов, вовлекаемых в поведенческий акт, определяется не «стимулом», т.е. событием, непосредственно предшествующим и запускающим поведенческий акт, а тем будущим событием, т.е. результатом или целью, на достижение которого этот поведенческий акт направлен» (Швырков, 1979, с. 7). Использование новой методики регистрации открыло принципиально новую возможность верифицировать это представление в исследовании организации нейрональной активности в конкретных поведенческих актах, при достижении определенных результатов поведения. Для того чтобы выявить связь активности нейронов с достижением результата в качестве референтного момента при построении гистограмм стали использовать не «стимульные» события, а момент достижения результата. Было установлено, что эти гистограммы не «постстимульные», а «**предрезультатные**». Они характеризуют вовлечение нейронов в процесс достижения результатов, в организацию «исполнительных механизмов поведения» (см., например, Гринченко, 1979; Шевченко, 1979). Моменты достижения результатов использовали как референтные точки также и для анализа медленных электрических потенциалов мозга (Максимова, 1979).

Одно из наиболее важных следствий применения микроманипулятора и рассмотрения показателей активности организма по связи с достижением результата поведенческого акта состояло в том, что исходное эклектичное определение поведенческого акта как интервала между пусковым стимулом

и достижением результата, было заменено. Поведенческий акт был определен как отрезок континуума между двумя последовательными результатами поведения. Приведем характерную для этого нового представления формулировку: «В частном случае роль результата может выполнить “пусковой стимул”, являющийся результатом специально выработанного “пассивного ожидания”» (Александров, Гринченко, Хвастунов, 1980, с. 126; Швырков, 1978).

Основное направление развития методических приемов состояло в том, чтобы ввести возможно более подробные метки достижения результатов, соответствующих системе поведенческого акта и подсистемам, субординированным по отношению к ней.

Для регистрации перемещения животного по клетке применяли инфракрасные датчики, вводили несколько педалей (включающих подачу пищи) с регистрацией механограммы нажатия на них (опыты В.Б. Швыркова и Б.Н. Безденежных, 1978 г., публикации: Швырков, 1982; Shvyrkov, 1980). Для подробного описания поведения кролика при распознавании запахов была разработана методика регистрации «открывания животным доступа к запаху», причем для регистрации движения воздуха в этом поведении в трахею вшивался специальный датчик (начало опытов около 1974 г.), (Карпов, 1979).

Исследования 1976–1980 гг., сфокусированные на центральных для НТФС проблемах, выявили противоречия в системе понятий, описывающих предмет и объект исследования, трудности в их согласовании. Это касалось принципа иерархической организации функциональных систем, представления о функциях и их связи с морфологией, содержательной интерпретации активаций нейронов. Основные дискуссии касались именно этой проблематики, новые методики создавались для разработки именно этих проблем.

Возможно, что важнейшее значение для развития парадигмальных представлений в этот период имела методика, разработанная Ю.И. Александровым и Ю.В. Гринченко для изучения иерархической организации функциональной системы элементарного поведенческого акта и результаты этого исследования (Александров, Гринченко, 1977, 1979; Александров, Гринченко, Хвастунов, 1980). Принцип иерархической организации функциональных систем — один из фундаментальных в КТФС. Для НТФС проблема иерархии рассматривалась как наиболее актуальная — для понимания закономерностей системной организации поведения. Приведенная работа была первым эмпирическим исследованием иерархической организации систем. Методика позволяла идентифицировать моменты достижения результата пищедобывательного поведенческого акта у кролика и результаты подсистем, входящих в состав этого элементарного поведенческого акта. Для этого использовали видеорегистрацию, запись шумов, возникающих при выполнении акта, элект-

рическую активность пяти мышц, участвующих в движении головы, движении челюсти, фотоэлектрическую запись движения головы и движения нижней челюсти (у некоторых животных — и вертикальную и горизонтальную составляющую). У животных регистрировали медленную электрическую активность, а также импульсную активность корковых и мезэнцефалических нейронов (Александров, Гринченко, 1979; Александров, Гринченко, Хвастунов, 1980).

Анализ иерархической организации поведенческого акта, проведенный в этом исследовании, представляет собой, на наш взгляд, «энциклопедию проблемы иерархии». Но основное его значение, как нам представляется, состояло в том, что именно столь детальный, многоаспектный и в точном смысле слова *системный* анализ проблемы показал, что парадигма НТФС столкнулась с *аномалией* — в полном соответствии с феноменологией, описанной Т. Куном (Кун, 1977).

Во-первых, попытка точного выделения систем и подсистем по эмпирическим критериям заставила вспомнить (со ссылкой на П.К. Анохина), что «...осуществляя необходимое для исследования выделение систем, следует учитывать, что оно может производиться только с дидактической целью» (разрядка авторов статьи. — И А.) (Александров, Гринченко, Хвастунов, 1980, с. 128). В таком случае принцип иерархии следовало рассматривать только как «дидактический прием», а таким понятиям, как суперсистема, подсистема, организация подсистем, не следует придавать статус существования.

Во-вторых, организация суперсистемы представлялась объединением «готовых», «заранее существующих» подсистем-«кирпичиков», что вступало в противоречие с системной версией принципа целостности, составляющей основу КТФС и НТФС, а также выводило из области функционально-системного анализа в область структурно-функционального, ассоциировало идею иерархии с представлениями о локализации функций.

По ретроспективной оценке В.Б. Швыркова, данной им существенно позже этих дискуссий, «...представления сталкивались с непреодолимыми трудностями: “иерархия функциональных систем” не вытекала ни из каких фактов и была точно также произвольно “придумана” экспериментатором, как и различные “функции”; при этом активность нейронов приходилось объяснять его вовлечением в ту или иную функциональную систему, т.е. принимать первичность системных процессов по отношению к нейрональным» (Швырков, 1995, с. 63). Таким образом, отвержение концепции иерархии было с необходимостью связано с отказом от понятия функции.

Дискуссия, которая состоялась летом 1978 г., показала неприменимость принципа иерархии для изучения системной организации поведения и способствовала выявлению аномалии, пониманию ее сути и поиску выхода

из кризиса. Заметим, что линию отвержения принципа иерархии отстаивал Ю.И. Александров, а автор этого текста (И.О. Александров) — выступал с его защитой.

5.3. ПЕРЕХОД К СИСТЕМНО-ЭВОЛЮЦИОННОМУ ПОДХОДУ (СЭП); ЕГО ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Формирование СЭП в результате разрешения кризиса НТФС можно связать с: (1) переходом от *иерархических* представлений к *историческим, эволюционным*; (2) изменением содержания понятий *функция* и *система*; (3) интенсивным развитием концепции *поведенческой (системной) специализации нейронов*; (4) сменой представления о линейной, последовательной организации систем в поведении на идею об *одновременной актуализации множества систем*, входящих в состав целостной структуры (жизненного опыта, субъекта поведения, и т.п.).

Необходимость и возможность введения понятия *история* в понятийный аппарат парадигмы НТФС была впервые обоснована в работе Ю.И. Александрова и И.О. Александрова (опыты проведены в 1978 г., публикации: Александров, Александров, 1980; Alexandrov, Alexandrov, 1982)¹. В этой работе объяснение особенностей связи активности нейронов различной анатомической принадлежности (зрительной и моторной областей коры) с этапами формирования и реализации элементарного поведенческого акта дано в терминах онтогенеза, истории формирования структур. Важно заметить, что в 1979 г. авторы этой работы были вынуждены рассмотреть и обработать данные с позиций представления об иерархии, и после дополнительной обработки сумели доказать неприемлемость иерархического подхода и плодотворность исторического на заседании лаборатории. Позже В.Б. Швырков также отметил, что «функциональные системы образуют не иерархию, а историю» (Швырков, 1995, с. 120).

¹ Следует подчеркнуть, что в работах (Александров, Александров, 1980; Alexandrov, Alexandrov, 1982) дано именно обоснование необходимости исторического подхода, но не собственно исследование с этих позиций. Исследование истории формирования системной организации потребовало введения и операционализации новых понятий, таких как «субъективный опыт», «структура индивидуального опыта», «специализация нейронов». Первая работа, в которой история обучения использовалась как независимая переменная, была проведена А.Г. Горкиным в 1986–1988 гг., первая публикация результатов (Горкин, Шевченко, 1991).

Функция — центральное понятие теории *функциональных* систем. Определение функции как «части общей работы» (Швырков, 1995, с. 44) предполагает установление принципа такого разделения. Как отметил В.Б. Швырков, «названия функций берутся готовыми из психологии, неврологии, кибернетики или здравого смысла в зависимости от того, как представляет себе поведение тот или иной исследователь» (Швырков, 1995, с. 57). При этом оказывается, что функции выделяются в соответствии с произвольно установленными *асpekтами* рассмотрения поведения (с. 90, сноска¹). Попытки уточнить представления о *функциональной* специализации нейронов, используя в качестве *асpekтов* рассмотрения поведения «цели», «движения» и «среду», и выделяя «нейроны целей», «нейроны движения» и «нейроны среды» как типы специализации (Александров, Гринченко, Швырков, Ярвилехто, Самс, 1983), натолкнулись на логические препятствия, в частности, угрозу возврата к уже отвергнутой идее иерархической организации (Швырков, 1995, с. 63).

Обращение к истории, к категориям *эволюции*, дало основание для пересмотра понятия «функция». По словам Швыркова, если следовать *эволюционному критерию*, то в качестве функции можно рассматривать организованную совокупность активности, которая приводит к достижению адаптивного полезного результата для организма, фиксированную в видовом или индивидуальном опыте и воспроизводимую как целостные акты поведения (Швырков, 1995, с. 44). Такой критерий был принят, так как он позволял выйти из логического тупика и был доступен операционализации: «В реальном эксперименте активность нейрона объективно может быть сопоставлена лишь с последовательностью целостных актов наблюдаемого поведения. В связи с этим в наших экспериментах на кроликах устанавливалась *не функциональная, а именно поведенческая специализация нейронов*, которая давалась в виде перечня всех актов, где нейрон во всех случаях давал активации» (Швырков, 1995, с. 57–58).

Важнейшее следствие пересмотра понятия *функция* состояло в том, что с этой точки зрения функциональная система должна рассматриваться *не как временная интеграция частных функций, а как набор нейронов с фиксированной одинаковой поведенческой специализацией*. В этом контексте *поведенческая специализация* может пониматься как феноменологическое выражение специализации относительно определенной системы нейронов, *системной специализации*. Формирование набора нейронов с определенной поведенческой специализацией (со специализацией относительно определенной системы, позволяющей достичь результат конкретного поведенческого акта) фиксирует специфическое адаптивное взаимоотношение соотношения организма со средой, что составляет этап развития; активность набора специализированных нейронов воспроизводит зафиксированное взаимоотношение,

позволяет достигать полезный результат поведения. Эта логика устанавливала эквивалентность понятий «функция», «система», «группа специализированных нейронов», и определяла их соотношение с понятиями «поведенческий акт» и «характеристики поведения».

Новые представления о специализации нейронов предписывали «сопоставлять активации нейронов с историей обучения кролика, а не только с дефинитивным поведением» (Швырков, 1995, с. 79). В этой связи В.Б. Швырковым и С. Вогником (Швырков, Вогник, 1982) были заново проанализированы результаты исследования «экстренного обучения», проведенного В.Б. Швырковым и Б.Н. Безденежных в 1977–1978 гг. (Швырков, 1982; Shvyrkov, 1980).

Более ранний текст был подготовлен для выступления на советско-американском семинаре «Нейрофизиологические механизмы целенаправленного поведения и обучения» в апреле 1978 г.; первая публикация этого текста — на английском языке (Shvyrkov, 1980) (мы рассмотрим русское издание: Швырков, 1982). Это сообщение было посвящено «выяснению роли различных образов, составляющих жизненный опыт, в детерминации активности отдельных нейронов в целенаправленном поведении» (с. 166). Образы рассматривались как «информационные или психические модели реальных объектов среды», извлекаемые из памяти, причем «одни и те же образы одних и тех же объектов» — информационные модели — «до осуществления соответствующих действий ... выступают как цели, а после — как результаты» (с. 168). Основная парадигмальная новизна этой работы проявилась в фокусировании исследования на «**жизненном опыте**» организма, причем в методике исследования говорилось о **контролируемом** жизненном опыте (с. 168). Предполагалось, что «структура связей между отдельными моделями отражает реальную структуру связей объектов среды и составляет фонд памяти или жизненного опыта организма» (с. 165), а «в стадиях обучения осуществляется смена одной системы воспроизводимых образов на другую» (с. 168). Поскольку «появление импульсной активности у избирательной совокупности нейронов означает их вовлечение в систему, которая, с одной стороны, информационно соответствует некоторым психическим образам, а с другой — определяет специфику организации избранных периферических процессов в определенном поведенческом акте», изучение структуры активаций нейронов у животного, выполняющего определенное поведение (**объект исследования**. — И.А.) открывает доступ к «структуре памяти или жизненного опыта» (с. 166) (**предмет исследования**).

В тексте 1982 г. (Швырков, Вогник, 1982) также рассматривается жизненный опыт кролика, но это анализ **формирования нового жизненного опыта**, которое происходит как **дифференциация** ранее зафиксированного опыта. Активация нейрона рассматривается как «свидетельство реализации

соответствующих систем». Для оценки перестроек межсистемных отношений были исследованы статистические характеристики поведения. «Возможность перехода от одного акта к нескольким другим означает актуализацию систем всех этих актов в “предпусковой интеграции” ...» (с. 32), т.е. **одновременность реализации различных систем в поведении**. Анализ показал, что выделяются «разнообразные и перекрывающиеся объединения актов в пределах отдельных поведенческих циклов, ... типы циклов, и, наконец, совокупности циклов...» (с. 32–33). «Сопоставление статистически выделенной структуры систем пищедобывательного поведения с типами активаций нейронов в этом поведении позволяет предполагать, что **структура систем отражает историю формирования всего поведения в экспериментальной клетке**» (с. 33), (курсив мой. — И.А.). Важно отметить, что авторы вводят принципиально новое для парадигмы понятие: «жизненный опыт кролика существует только как целое, сопоставимое с понятием **«субъекта поведения»**» (с. 34). Уточненное определение этого понятия дано в одной из ключевых работ этого периода — в статье «Системно-эволюционный подход к изучению мозга, психики и сознания» (Швырков, 1988). «**Субъект поведения**» представляет собой весь набор функциональных систем поведенческих актов различного филогенетического возраста, составляющих весь жизненный опыт; часть этой совокупности систем, которые находятся в состоянии одновременной актуализации, названа «**состоянием субъекта поведения**». Использование понятия «субъект» подчеркивало пристрастный, активный характер взаимодействия индивида с окружением, использование в этом взаимодействии всего прошлого опыта.

Таким образом, парадигмальное значение работы (Швырков, Вогник, 1982), состояло в том, что в ней был определен новый **предмет изучения** — **структура и динамика жизненного опыта (субъекта поведения)**, выделены его основные свойства: жизненный опыт рассматривается как структура систем, формируется через дифференциацию исходных форм, отражает историю его становления, компоненты этой целостной структуры соответствуют различной степени дробности опыта, они могут актуализироваться одновременно. В качестве **объекта изучения** выступают индивиды, формирующие и реализующие ранее сформированный жизненный опыт.

Доступ к верификации гипотез о свойствах предмета исследования — структуры и динамики жизненного опыта обеспечивается эквивалентностью понятий «система», «группа специализированных нейронов», «поведенческий акт как компонент структуры поведения». Из этого следуют основные требования к **методикам** исследования:

- возможность выделения компонентов структуры поведения (актов, субактов, этапов);

- формального количественного описания структуры и динамики поведения и систем, составляющих жизненный опыт (состава компонентов субъекта поведения, состояния субъекта поведения);
- регистрации электрофизиологических показателей активности групп специализированных нейронов — косвенных (ЭЭГ; потенциалы, связанные с событиями) и прямых (импульсная активность нейронов, хроническая регистрация импульсной активности).

Необходима выработка критериев установления *возраста систем, порядка их формирования, уровня (степени) актуализации систем*. Специальной задачей становится построение методик контролируемого формирования жизненного опыта.

Общей характеристикой нового образца исследования становится описание предмета и объекта исследования в терминах *эволюционирующих систем*. Именно поэтому новая парадигма получила название «*системно-эволюционный подход*».

С этих позиций было сформулировано новое — *системно-эволюционное* решение психофизиологической проблемы — не через соотнесение психологических и физиологических процессов как различных аспектов системных процессов организации поведения (Швырков, 1978); оно состояло в том, что группы специализированных клеток аккумулируют <модели> адаптивных поведенческих актов, все множество которых составляет «нервно-психическую память» (Швырков, 1988, с. 138). Это конкретно-научное решение находилось в точном соответствии с формулировкой психофизиологической проблемы и было предложено Я.А. Пономаревым. Это «проблема отношения модели к моделирующей системе» (Пономарев, 1983, с. 100). Моделирующей системе в формулировке Я.А. Пономарева соответствуют группы специализированных нейронов, а моделям — свойства этих групп аккумулировать и воспроизводить (актуализировать) адаптивные взаимодействия с окружением.

Основные положения новой парадигмы прямо указывали на необходимость создания новых методик. Была сформирована принципиально новая методика для регистрации активности корковых нейронов у кроликов в «зоосоциальном» поведении (Швыркова, Андрушко, 1990). С 1982 г. началась разработка методики контролируемого формирования индивидуального опыта (знания) у человека, которая предусматривала также и формальное, количественное описание процесса формирования и характеристик формирующейся структуры (Александров, Максимова, 1988; Aleksandrov, Maksimova, 1988). Важнейшее значение имели методики для изучения процесса специализации нейронов, для выявления связи характеристик структуры субъективного опыта и способа его формирования (Горкин, 1986, 1987), методические приемы для

определения возраста систем по соотношению активности нейронов в различных поведенческих актах (Александров, 1989; Горкин, 1986).

С новых, системно-эволюционных позиций была рассмотрена одна из ключевых для КТФС и НТФС, фундаментальная для психофизиологии и нейрофизиологии проблема организации центральных и периферических структур (Александров, 1989). Было предложено новое решение проблемы значения основных характеристик медленных потенциалов мозга, связанных с событиями (Александров, Максимова, 1985; Максимова, Александров, 1987; Aleksandrov, Maksimova, 1985; 1987).

Чтобы охарактеризовать переход от НТФС к СЭП оценивали частоту употребления терминов, отнесенных четырьмя экспертами к понятийному аппарату той или другой парадигмы. (Работа выполнена совместно с Н.Е. Максимовой и М.В. Колосеец). Списки этих терминов представлены в таблице 1. Анализировали формальные разделы диссертаций, а также названия, аннотации, формулировки целей, задач гипотез и выводов статей сотрудников лаборатории НОП, опубликованных в 1973—1998 гг.

На рисунке 1, показывающем динамику частоты использования терминов, можно выделить момент резкого падения (1982 г., точный критерий Фишера, $\chi^2 = 21.67$, $p = 0.0002$) в частоте применения терминов НТФС. При этом следует обратить внимание на то, что употребление терминов, отнесенных к набору СЭП, начинает учащаться с 1979 г., совпадая с весьма высоким уровнем употребления терминов НТФС, т.е. в 1979—1982 гг. применялась терминология и НТФС и СЭП. Таким образом, парадигма СЭП формировалась в период весьма активной работы в рамках НТФС. Доминирование терминологии СЭП после 1985 г. может служить показателем разрешения кризиса, который, судя по графику, развернулся около 1979 г. Поскольку публикация текстов запаздывает по отношению к их подготовке и написанию на 1—2 года, можно заключить, что ключевые моменты относятся к 1977—1978 гг. (можно предположить, что это формирование представления об аномалии) и к 1980—1982 гг. (предположительно, период обострения и рефлексии кризиса). Заметим, что возникновение кризиса совпадает с проведением исследования иерархической организации элементарного поведенческого акта (Александров, Гринченко, 1979; Александров, Гринченко, Хвастунов, 1980), а обострение и рефлексия — с публикациями и обсуждениями работ (Александров, Александров, 1981; Швырков, Вогник, 1982; Shvyrkov, 1980; Alexandrov, Alexandrov, 1982), с началом исследований поведенческой специализации нейронов (Горкин, 1986), созданием методики контролируемого формирования индивидуального опыта и исследования его структуры у человека (Александров, Максимова, 1988; Aleksandrov, Maksimova, 1988).

Принципиально важно, что описание эволюции ТФС в период 1977—1990 гг. в терминах «смены» парадигм НТФС и СЭП — неправомерное

Таблица 1

Основные понятия, отнесенные экспертами к	
КТФС и НТФС	СЭП
1) иерархия	1) состояние субъекта поведения
2) элементарный поведенческий акт	2) субъект поведения
3) поведенческий акт (ПА)	3) эволюция
4) узловые механизмы функциональной системы	4) история
5) функциональная система	5) онтогенез
6) переходные процессы	6) развитие
7) системные процессы	7) целостность
8) поведенческий континуум	8) новые системы
9) функция	9) прасистемы
10) последовательность поведенческих актов	10) базовые системы
11) системная организация поведения	11) дифференциация
12) контакт результатов иерархии	12) дифференцированные системы
13) подсистема	13) дискретизация среды
14) уровень системы	14) конкретизация
15) ФС поведенческого акта	15) одновременная актуализация
16) результат	16) актуализация
17) реализация поведенческого акта	17) субъект
18) смена поведенческих актов	18) организм
19) степени свободы системы	19) организация
20) объединение подсистем для достижения результата	20) межсистемные отношения
21) контакт результатов подсистем	21) конкуренция
22) вариативность связи подсистем	22) синергия
23) общемозговой уровень	23) специализация нейрона
24) «ядро» (суб)системы	24) системная специализация
25) большая система	25) поведенческая специализация
26) фазы развития системы	26) этапы поведения
27) степень свободы нейрона	27) субъективный опыт
28) избирательная чувствительность нейрона	28) индивидуальный опыт
29) извлечение из памяти	29) структура субъективного опыта
30) развитие поведенческого акта	30) структура индивидуального опыта
31) «память» организма	31) «исторический» подход
32) популяции нейронов	32) реализация наборов систем,
33) системные механизмы поведения	33) элементы субъективного опыта
	34) структура опыта
	35) «жизненный опыт»

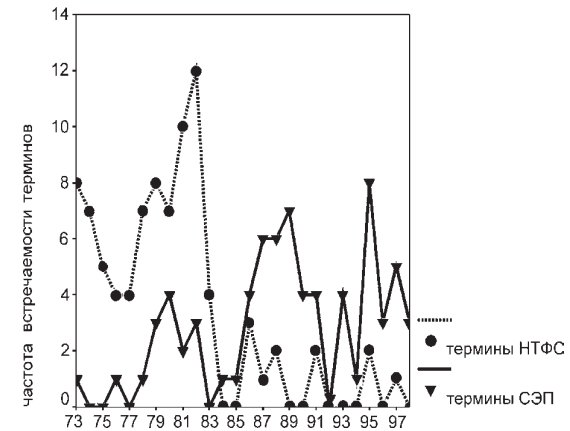


Рис. 1. Частота встречаемости терминов, отнесенных экспертами к понятийным системам НТФС (прерывистая линия) и СЭП (сплошная линия) в 1973–1998 гг.

сведение ветвления дерева развития ТФС к единственной траектории (КТФС → НТФС → СЭП). «Материнские» по отношению к СЭП парадигмы КТФС и НТФС продолжают активно развиваться, привлекать сторонников, формировать новый эвристический потенциал, служить основой для проведения современных и перспективных исследований (см., например: Безденежных, Пашина, 1987). В качестве примера следует привести также монографию Б.Н. Безденежных, основу которой составили исследования, выполненные в период 1975–2003 гг. в рамках КТФС и НТФС, причем многие из них были проведены после бифуркации 1977–1986 гг. (Безденежных, 2004). Заметим, что в схеме революционной смены парадигм Т. Кун не предусматривает непрекращающегося параллельного развития дивергировавших парадигм (Кун, 1977), хотя существование этого варианта обоснованно следует из эволюционных представлений о развитии (см. 1.1).

В развитии понятийного аппарата СЭП можно выделить две линии. Первая из них разрабатывала конструкт «опыт» (см. 3.4). На первых этапах подчеркивался аспект субъективности опыта, его пристрастности, уникальности отражения мира в фиксированном опыте — использовали понятие «субъективный опыт» (см., например, Горкин, 1986). Позже этот термин был заменен на «индивидуальный опыт» (Александров, Греченко, Гаврилов и др., 1997; Александров, Максимова, и др., 1999). Этот термин более точен, поскольку существующие методики не направлены на фиксацию субъективного переживания, отношения субъекта к собственному опыту. Понятие «опыт» используется в психологии (а скорее — в психологически ориентированной философии

познания) с XVII—XVIII вв. для обозначения *индивидуального переживания*, поэтому применение этого термина к структуре, доступной изучению в эмпирическом исследовании при помощи определенных методических приемов, может вызвать недоразумения. Сужение объема понятия «*индивидуальный опыт*» до точно определенной области предметной компетенции отражено в формировании понятия «*индивидуальное знание*» (Максимова, Александров, 1998; Александров, Максимова, и др., 1999). Понятия этого круга описывают структуру, в которой зафиксированы модели прошлых взаимодействий индивида с той или иной предметной областью (*индивидуальный опыт, индивидуальное знание*) или множеством предметных областей (*жизненный опыт индивида*). Все эти конструкты обозначают структуру, компоненты которой — модели взаимодействия с предметной областью (функциональные системы), фиксированные как специализации определенных групп нейронов; компоненты структуры связаны отношениями различного типа (они реализуются как межнейронные отношения) (см.: Александров, Греченко, Гаврилов и др., 1997; Александров, Максимова, и др., 1999).

Другая линия разрабатывала исходное понятие «*субъект поведения*». Этот концепт обозначал ту же самую структуру, представленную компонентами и отношениями между ними, но его использование подчеркивало *субъектность* (не *субъективность!*) этой структуры — ее активность, целостность, уникальность истории формирования. Представлялось, что ее рассмотрение как *структуры субъекта* позволит приблизиться к решению одной из центральных проблем в разработке общепсихологической категории «субъект» — раскрытию структурной организации субъекта. Статус существования структуры субъекта может быть обоснован с позиций СЭП, так как эта структура является продуктом эволюционного и индивидуального развития (см. 3.3.3). Именно такой структурной организации субъекта могут быть атрибутированы такие свойства, как активность и целостность. При этом структурная организация субъекта — необходимое условие его развития, основа целостности и всех проявлений активности. Свойства активности и целостности, принятые как базовые качества субъекта в рамках системно-деятельностного подхода, — неотъемлемые свойства психологического субъекта как структурной организации, и именно эта структура лежит в основе качеств, производных от них, — самоактуализации и самодетерминации. В этой линии развития СЭП были даны обоснования понятий *индивидуального и коллективного субъекта*, высказаны предположения об основных свойствах этих гипотетических структур (Максимова, Александров, Тихомирова и др., 2004). Заметим, что в этом обосновании существенное место занимают положения концепции Я.А. Пономарева, которую можно рассматривать как особую версию системно-эволюционного подхода (Пономарев, 1983).

Отмеченное сходство СЭП и концепции, разработанной Я.А. Пономаревым — не единственный пример методологического родства с другими вариан-

тами применения эволюционных взглядов. Важнейшее место в СЭП занимают общеэволюционные представления о селектогенезе (см. гл. 1.1, а также: Воронцов, 1999), клонально-селективистские представления о нейрогенезе (Эделмен, 1981) (см. 1.5, 1.6, 4.3.6), результаты нейрогенетических исследований (см. Александров, 2004а, 2005). Связь СЭП с этими воззрениями, их общность, согласованность в рамках современных фундаментальных эволюционных представлений, объясняется их соподчиненностью положениям становящейся общенаучной методологии *универсального эволюционизма*, в которой ключевую позицию занимают принципы эволюции и системности (Степин, 2000, с. 641 и далее).

Проведенный анализ показывает, что СЭП обладает всеми признаками парадигмы — в его основе лежит *образец исследования*, представление о *предмете исследования*, специфический *концептуальный аппарат*, отличающие ее как от «неродственных» парадигм, так и от генетических предшественников (Кун, 1977). Поэтому аббревиатуру СЭП было бы более правильно раскрыть как «Системно-эволюционная парадигма». Это уточнение позволяет точно обозначить различие между системно-эволюционной *парадигмой* и концептуально близкими системно-эволюционными *концепциями*, например, развитой Я.А. Пономаревым.

Для рассмотренных парадигм выделяется подмножество общих базовых положений, характеризующих, например, атрибуты системы и системной организации, процесс их формирования (системогенез). Этот набор положений по общности, функциям в исследованиях можно сопоставить с «твердым ядром» исследовательской программы (Лакатос, 1995). В таком случае все множество парадигм, на которые дифференцировалась ТФС, следует рассматривать как принципиально новую *исследовательскую программу*.

5.4. ОРГАНИЗАЦИЯ И ФОРМИРОВАНИЕ НОВЫХ СТРУКТУР С ПОЗИЦИИ СИСТЕМНО-ЭВОЛЮЦИОННОГО ПОДХОДА

Представление об эволюционирующих системах — основа системно-эволюционного подхода, из которой выводятся закономерности формирования новых структур, характеристики их организации и свойства. Концепция, в которой органически согласованы эволюционные идеи и принцип системности — системогенез (см. 1.5.3, 1.6). Положения, составляющие суть системогенетической теории, весьма точно соответствуют базовым постулатам современной «синтетической теории эволюции» (СТЭ) (см. подробный анализ в 1.1). Опора

на селекционистские эволюционные представления и принцип системности подчеркнута в наименовании теории научения, сформулированной в рамках СЭП, — «**системно-селекционной концепции**» (Александров, 2004а; Швырков, 1985). По свидетельству основоположника этой концепции, В.Б. Швыркова, она была построена по аналогии с клонально-селекционной теорией иммунитета (см.: Стил, Линдли, Бланден, 2002, с. 93–116; Швырков, 1985, 1988). Другой близкий аналог системно-селекционной концепции — теория селекции групп нейронов, сформулированная Дж. Эдельменом (Эдельмен, 1981; Edelman, 1989). Заметим, что, в отличие от клонально-селекционной теории иммунитета, системно-селекционная концепция точно соответствует дисциплинарной специфике психофизиологии и нейрофизиологии. От теории Эдельмена она отличается последовательным проведением системной точки зрения, принципиально иными представлениями о психологических и психофизиологических основах поведения (см. подробнее в: Александров, 2004а, 2004б, а также 4.3.6).

Предмет изучения СЭП — структуры, которые фиксируют этапы развития индивида и являются основой для дальнейших этапов. Эти структуры описываются в терминах функциональных систем и их отношений. Множество функциональных систем, сформировавшихся на протяжении онтогенеза, находящихся в определенных взаимоотношениях, представляют структуру индивидуального опыта (СИО) (Александров, Греченко и др., 1997).

Описание структур, фиксирующих этапы развития, в терминах систем и их отношений является инвариантным относительно частных, аспектных описаний взаимодействий индивида с окружением (см. 3.2.5, 3.3.1, а также: Пономарев, 1983, с. 43; Швырков, 1988, с. 134; 1995, с. 31).

«В рамках системно-селекционной концепции научения формирование новой системы рассматривается как формирование нового элемента индивидуального опыта в процессе научения» (Александров, 2004а). Отношения между компонентами СИО этой структуры определяются тем, какие именно этапы индивидуального развития зафиксированы в этих компонентах. Поэтому организация СИО описывается в терминах истории — выделяются компоненты разного возраста, обладающие различающимися свойствами (Александров, 1989, 2003; Александров, Греченко, Гаврилов и др., 1997), а не иерархии (см. 5.2).

Компоненты СИО представлены группами нейронов, специализированных относительно систем определенных поведенческих актов (Александров, 2003; Швырков, 1995). Собственно процесс специализации группы нейронов лежит в основе формирования нового компонента СИО. Активность группы нейронов, обладающих общей специализацией, взаимодействующих для достижения полезного приспособительного результата, может воспроизводиться при соблюдении некоторых (ключевых) условий, а система, которую пред-

ставляет эта группа нейронов, может быть актуализирована для достижения определенного результата поведения. Таким образом, фиксация этапа индивидуального развития в специализации нейронов относительно конкретного акта, представляющих определенную функциональную систему, лежит в основе феномена активности (см. 3.2.4). Специализация группы нейронов относительно этапа развития является содержательной характеристикой связи активности нейронов с поведением (Горкин, Шевченко, 1990, с. 299). Поэтому анализ взаимодействия индивида с окружением в терминах актуалгенеза компонентов СИО, становления и модификации этой структуры вскрывает не только «формально-динамические» характеристики психологических структур и процессов, но и собственно содержательные.

Из сказанного следует, что компонент СИО представляет собой функциональную систему, которая реализуется активностью группы специализированных нейронов. Отношения между компонентами являются межсистемными, а реализуются они как межнейронные (Александров, 2003; Александров, Греченко, Гаврилов и др., 1997). Соотношение понятий «функциональная система», «компонент структуры», «модель» и «субстрат» (в рассматриваемом случае — специализированные нейроны) проанализировано в главе 2.

Основные положения системно-эволюционной парадигмы содержат предпосылки для обоснованного придания онтологического статуса предмету изучения — структуре индивидуального опыта (см. 3.3.3). Эти предпосылки — строгий эволюционный критерий выделения любых компонентов СИО и определенное соотношение структуры с субстратом (нейронами, специализированными относительно конкретных поведенческих актов) (Швырков, 1985; 1988, с. 133; 1995).

Компоненты СИО фиксируют определенные этапы индивидуального развития; структура в целом — индивидуальную историю взаимодействий с окружением. Связь формирования структуры опыта с приобретением корковыми нейронами определенной специализации продемонстрирована на модели обучения животных сложному инструментальному пищедобывательному поведению (Горкин, 1990). Показано, что животные, которые были обучены стандартной последовательности актов пищедобывательного поведения различными способами, реализуют феноменологически одинаковые навыки, однако структуры опыта, сформированные в результате научения, различаются (Горкин, Шевченко, 1990; Горкин, 2001). Представляется, что формирующиеся в процессе научения структуры фиксируют все аспекты истории взаимодействия индивида с окружением, так что при приобретении компетенции даже в одной и той же предметной области, но в различающихся контекстах поведения, структуры опыта могут быть настолько различными, что перенос между ними либо асимметричен, либо невозможен (ср. McKendree, Anderson 1987, Pennington, Nicolich, Rahm, 1995) (см. 4.3.4: «Перенос»).

Сопоставление активаций нейронов, соответствующих во времени актам поведения, по отношению к которым они специализированы, и «неспецифических» активаций, которые наблюдаются в других актах поведения, показало, что паттерн активности специализированных нейронов отражает историю обучения (Александров, Греченко, Гаврилов и др., 1997, с. 248–250). Соотношение этих видов активаций позволило реконструировать межсистемные отношения в структуре СИО. Один вид отношений, определяющий порядок актуализации систем, связывает акты пищедобывательного цикла в жесткую инвариантную последовательность. Другой вид отношений (облегчающих) между системами поведенческих актов, относящихся к различным пищедобывательным циклам, сформированным непосредственно друг за другом, проявляется в повышении степени актуализации сформированной позже системы (Горкин, Шевченко, 1991). В.Б. Швырковым было высказано предположение о существовании реципрокных отношений между системами. В таких отношениях могут находиться системы, «произошедшие с помощью разных “добавок” к одной и той же прасистеме» (Швырков, 1985, с. 31). Специально отметим, что приведенное предположение связывает свойства отношений между системами (компоненты СИО) с особенностями их формирования.

В силу одновременности актуализации множеств различных компонентов СИО (Александров, Греченко, Гаврилов и др., 1997; Горкин, Шевченко, 1991; Швырков, 1985), степень актуализации каждого компонента, состояние целостной структуры, а также «какое именно внешнее поведение реализуется, ...зависит от состояния всех межсистемных отношений» (Швырков, 1985, с. 31). Таким образом, построение «алгебры межсистемных отношений» (Швырков, 1985, с. 34) открывает возможности изучения закономерностей динамики актуализации компонентов СИО, состояния структуры индивидуального опыта как целостного образования, а также поведения индивида. Результаты изучения межсистемных отношений в структуре индивидуального опыта суммированы в монографии Б.Н. Безденежных (Безденежных, 2004).

Процесс образования компонентов СИО описывается закономерностями селектогенеза, поскольку специализация нейронов, группы которых представляют эти компоненты, формируется в результате отбора на множествах нейронов, еще не достигших специализации (Александров, 2004а, 2004б; Швырков, 1995). Предполагается, что существуют два источника специализирующихся нейронов: (1) преспециализированные в раннем онтогенезе и (2) сформированные процессе неонейрогенеза (Александров, 2005).

Гипотеза о мобилизации нейронов для образования систем приобретенного поведения из «молчащих» нейронов была верифицирована в исследовании А.Г. Горкина (Горкин, 1987; Gorkin, 1988). Согласно этой гипотезе, «молчащие» нейроны (не имеющие импульсной активности) представляют собой дифференцированные нервные клетки, не специализированные относительно

какого-либо поведения. Эти клетки могут быть сопоставлены с нейронами, составляющими «первичный ассортимент» по Дж. Эдельмену (Александров, 2004а, 2004б; Эдельмен, 1981; Edelman, 1989; см. 4.3.6). «В процессе обучения новая система нейронов может образоваться только в результате отбора и фиксации одной из многих пробных интеграций избирательных совокупностей различно дифференцированных клеток резерва» (Швырков, 1989, с. 193). «Обучение лишь отбирает нужную систему нейронов из существующего разнообразия специализаций нейронов запаса» (Швырков, 1995, с. 91). Все множество молчащих нейронов представляет собой резерв для разнообразных вариантов специализаций, которые соответствуют новообразованиям в поведении, и, соответственно, резерв для формирования новых компонентов СИО. Поскольку предполагается, что резерв «молчащих» нейронов, из которого рекрутируются специализации нейронов, ограничен (Швырков, 1995), возможности формирования СИО также имеют ограничения.

Другой источник вновь специализированных нейронов — неонейрогенез, процесс образования нервных клеток в мозгу на протяжении всего онтогенеза, в том числе и у взрослых индивидов, выявленный также и у людей (Eriksson, Perfilieva, et al., 1998; Gould, Gross, 2002; Gould, Reeves, Fallah, et al., 1999). За счет неонейрогенеза происходит пополнение набора преспециализированных клеток (первичного ассортимента по Эдельмену). Особенно важно, что эти клетки не только компенсируют гибель клеток первичного и вторичного ассортимента, но могут служить основой формирования новых систем, представляющих новые компоненты индивидуального опыта (см.: Александров, 2004а, с. 14-16; 2004б, с. 8-9). В пользу такого заключения свидетельствуют данные о тесной связи неонейрогенеза с процессами научения и памяти (см., например: Kempermann, 2002; Kruse, Stripling, Clayton, 2000; Shors, Miesegaes, Beylin, et al. 2001).

Важная составляющая системно-селекционной концепции научения — представление о резерве преспециализированных клеток, из которого происходит вовлечение в процесс системогенеза. Даже учитывая возможности неонейрогенеза восполнить количественные потери в составе нейронов полностью невозможно, поскольку объем резерва принципиально ограничен (см., например: Prickaerts, Koopmans, Blokland, Scheepens, 2004). Можно предположить, что возрастная специфика в темпе неонейрогенеза (Barnea, Nottebohm, 1996) и апоптоза (Najbauer, Leon, 1995) должна проявляться и в темпе формирования СИО и в особенностях ограничений ее строения.

Следует подчеркнуть принципиальное сходство процессов формирования нейронов первичного репертуара и неонейрогенеза (см. Gage, 2002; Gould, Gross, 2002). Однако, притом, что эти процессы эквивалентны (Gage, 2002) и, судя по данным конкретных исследований, не различимы, экстренный характер неонейрогенетического процесса открывает возможность изучения его

связи с формированием новых компонентов СИО. В точном соответствии с основными представлениями о научении первые признаки экстренного нейрогенеза отмечаются с момента предъявления животному новой или проблемной ситуации, ситуации «новизны» или реализации ориентировочно-исследовательского поведения. Начинается экспрессия ранних генов (причем момент начала экспрессии «по-видимому, не зависит от модели научения»: Сварник, 2003), а также связанные с ней процессы специализации нейронов, активность которых будет реализовать этот компонент (Сварник, Анохин, Александров, 2001). Синхрония этих процессов — выражение системогенетической сути специализации групп нейронов, лежащей в основе порождения новых компонентов структуры опыта. Формирование нового компонента не завершается его первой реализацией во взаимодействии индивида с предметной областью, поскольку биохимические процессы, которые можно связать со специализацией нейронов, продолжают до нескольких десятков часов после совершения первых актов нового поведения (см., например: Анохин, 1997; Bailey, Kandel, 1993; Kleim et al., 1996).

Принимая во внимание результаты исследований экспрессии ранних генов, лежащей в основе «формирования специализаций нейронов в отношении вновь формируемых инструментальных поведенческих актов», детерминацию активности нейрона рассогласованием между его «потребностями» и притоком метаболитов, Ю.И. Александров делает вывод о том, что общим фактором, определяющим запуск молекулярно-генетических, морфологических перестроек и «модификации на уровне поведенческих адаптаций», является неэффективность ранее сформированных способов согласования метаболических потребностей в «условиях стойкого изменения микросреды нейронов» (Александров, 2004б, с. 10). Приобретение группой нейронов специализации относительно нового поведенческого акта (эквивалент формирования нового компонента СИО), означает, что в рамках системогенеза сложилось новое устойчивое согласование метаболизм множеств нейронов, представляющих уже существующие и вновь сформированные компоненты СИО (Александров, 2004а, 2004б).

Если рассогласование между метаболическими потребностями нейрона и состоянием его микросреды оказывается не устраненным, то нейрон либо снова вовлекается в процесс системогенеза, либо оказывается на траектории апоптоза — программированной не некротической гибели клеток. Как замечает Ю.И. Александров, ситуация «сводится не к альтернативе «системогенез или смерть», а, коротко говоря, к двум взаимосвязанным путям обеспечения системогенеза: модификация нейрона или его гибель» (Александров, 2004а, с. 29). В этом утверждении раскрывается одно из важных положений системогенетической концепции — ее соответствие фундаментальному эволюционному положению: развитие протекает как порождение многообразий

с отбором на этих многообразиях (ср. 2, 4, 10 постулаты СТЭ, см. 1.1). Специально следует заметить, что гибель нейрона по модели апоптоза не является пассивным процессом. Согласно системно-эволюционной точке зрения принцип активности «распространяется на весь период и все аспекты существования нейрона, включая и процессы, связанные с реализацией альтернативы: измениться или умереть». «Клетка включает программу самоэлиминации для того, чтобы таким образом устранить иным путем неустранимое метаболическое противоречие и обеспечить успешную адаптацию индивида к изменившимся условиям» (Александров, 2004б, с. 12).

Успешная системогенетическая модификация нейрона означает не только устранение рассогласования между потребностями нейрона и возможностью их удовлетворения, но и установление возможностей взаимодействия с другими нейронами, что собственно и означает формирование новой системы/компонента СИО. Активность нейрона, у которого сформирована определенная специализация, обеспечивает «выживание других клеток, принадлежащих к тому же клону» (Александров, 2004б, с. 12). Таким образом, системно-селекционная концепция характеризует процесс научения/развития как популяционный (в соответствии с 3 постулатом СЭП, см. 1.1). Активность вновь сформированной популяции специализированных клеток (компонента СИО) способствует выживанию других популяций клеток, представляющих другие компоненты СИО и реализующих их взаимоотношения. Эта активность является фактором, составляющим условия запуска и реализации других системогенезов, разворачивающихся одновременно, и во всей их совокупности составляющих «эпигенетическую ситуацию» актуалгенеза СИО (см. 1.5.1, 1.1, 4 и 11 постулаты СЭП).

Опора системно-селекционной концепции научения на эволюционные представления — формирование «пробных» популяций и последующий отбор на их множестве, «устраняет дихотомию между созреванием и научением» (Александров, 2004а, с. 12). СЭП рассматривает процессы научения и развития как принципиально неразличимые, что находится в соответствии с результатами современных исследований (см. 4.2.1). «Научение» и «развитие» — лишь различные наименования единого процесса формирования новых систем, реализующих и фиксирующих модели взаимодействий индивида с окружением (компонентов структуры индивидуального опыта) и реорганизации формирующейся структуры.

ГЛАВА 6

СТРАТЕГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СТРУКТУРЫ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ОПЫТА/ЗНАНИЯ

Закономерности организации и формирования психологических образований, одна из наиболее фундаментальных проблем современной психологии, соотносима с имеющими важнейшее общепсихологическое значение принципами взаимодействия/развития и целостности (см. 1.2 и 2.1). Концептуальные основания для решения этой проблемы предоставляет системно-эволюционный подход (СЭП) (см. 5.3 и 5.4). Анализируя развивающиеся объекты в терминах *эволюционирующих систем*, СЭП реализует принцип взаимодействия/развития в эволюционистской версии, а принцип целостности — в абстрактно-аналитической версии принципа системности (см. 2.2). СЭП подчеркивает взаимосогласованность этих принципов, требующих рассматривать структуры не как статические, дефинитивные образования, а в процессе их становления (см. 5.2—5.4). Такие возможности предоставляет парадигмообразующая для СЭП концепция *системогенеза*, которая, как показал проведенный нами анализ, точно соответствует базовым постулатам современной «синтетической теории эволюции» (СТЭ) (см. 1.1).

Сопоставление основных положений СЭП (см. 5.3 и 5.4), наиболее общих характеристик процессов формирования новообразований (гл. 1), представлений о системах (гл. 2), психологических структурах (гл. 3) и научении (гл. 4) позволяет сформулировать **основную теоретическую гипотезу исследования**.

Формирование психологических структур происходит *системогенетически* — как генез систем, через *дифференциацию* структур-предшественников, *порождающую многообразие* новых структурных образований, *селекцию* этих новообразований. Поскольку в континууме системогенеза актуализация и формирование структур неразрывны, этот процесс протекает как *актуалгенез*. Свойства формирующихся структур определяются не только траекториями их

генеза, но всей ситуацией их взаимодействия со всеми одновременно актуализирующимися структурами — *эпигенетической ситуацией*.

Формирующаяся структура как целостное образование может быть описана как множество *компонентов* и *отношений* между ними; разнообразие отношений порождает *неоднородность структуры*. Компоненты структуры представляют собой *системы*, которые фиксируют *модели целостных взаимодействий индивида с предметной областью* и реализуются как *группы нейронов, специализированных относительно этого взаимодействия*. Содержательная характеристика наборов актуализирующихся компонентов, их взаимоотношения в рамках целостной структуры, определяют *репертуар взаимодействий индивида с предметной областью и его психологические характеристики*.

Оценка гипотетических положений, касающихся закономерностей формирования и организации психологических образований, возможна в исследовании, **объектом** которого 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.

Предмет исследования — структура, лежащая в основе опыта взаимодействия индивида с конкретной предметной областью, фиксирующая знания о строении предметной области, **структура индивидуального опыта (СИО)** или **структура индивидуального знания (СИЗ)** (см. 3.4 и 5.3).

Цель исследования состоит в том, чтобы дать формальное количественное описание строения и процесса формирования СИО/СИЗ в определенной предметной области через установление типологии компонентов структуры, отношений между ними, групп компонентов, суборганизации компонентов, организации и генеза групп компонентов, закономерностей актуалгенеза структуры, соответствия между особенностями структуры, логической организацией предметной области, историей взаимоотношения индивида с предметной областью, активностью мозга и его индивидуальными психологическими характеристиками.

На основе приведенной общей гипотезы могут быть сформулированы частные гипотетические положения об организации и формировании, а также актуалгенезе структуры индивидуального опыта/знания.

I. Организация и формирование структуры

I.1. Компоненты и отношения между ними

I.1.1. Существуют типы компонентов, отличающиеся по происхождению, ограниченности ресурса протокомпонентов, из которых они дифференцируются, по возможным траекториям их дальнейшего развития.

- I.1.2. В процессе формирования нового компонента могут быть выделены стадии актуалгенеза, соответствующие особенностям эпигенетической ситуации в рамках формирующейся структуры и характеристикам взаимодействия индивида с предметной областью в этот период времени.
- I.1.3. Состояние структуры в процессе формирования новых компонентов характеризуется неравновесностью, неустойчивостью, которые разрешаются при актуализации вновь сформированного компонента.
- I.1.4. Компоненты представлены группами нейронов, специализированных относительно определенного целостного взаимодействия индивида с предметной областью; суборганизация компонента соответствует вариациям специализации данной группы нейронов.
- I.1.5. Компоненты обладают субструктурой, которая формируется в процессе генеза компонентов и соответствует характеристикам эпигенетической ситуации. Разнообразие субструктуры компонентов определяет разнообразие отношений между компонентами.
- I.1.6. Траектории формирования компонентов и отношений различных типов отличаются по форме.
- I.1.7. Траектории формирования компонентов и отношений различных типов изменяются на протяжении онтогенеза.
- I.1.8. В возрастных особенностях траекторий формирования компонентов проявляются изменяющиеся в онтогенезе ресурсы формирования структуры.
- I.2. *Группы компонентов*
- I.2.1. Организация структуры может быть охарактеризована в терминах строения неоднородных семантических сетей, поскольку компоненты связаны отношениями различных типов.
- I.2.2. Составляющие неоднородной семантической сети формируются гетерохронно, скоординированно в рамках генеза целостной структуры.
- I.2.3. Разнообразие отношений между компонентами (неоднородность сети, представляющей структуру) проявляется в образовании групп компонентов. Типы этих групп соответствуют образующим их отношениям.
- I.2.4. Характеристики сложности организации групп компонентов изменяются в онтогенезе.
- I.2.5. Формирование структуры, т.е. множества компонентов, связанных отношениями в группы — селективный процесс, который может быть представлен ветвлением траекторий развития.

II. Закономерности актуалгенеза структуры

- II.1. Компоненты структуры актуализируются группами, состав которых определяется отношениями между ними.
- II.2. Изменение состава актуализированной совокупности компонентов и их групп в процессе взаимодействия с предметной областью происходит в соответствии с эволюционными закономерностями — порождением множеств компонентов (актуалгенезом) и селекцией этих множеств.
- II.3. Динамике состава актуализированной совокупности компонентов и их групп в процессе взаимодействия с предметной областью соответствуют изменения в активности мозга — наборах активных нейронов и конфигурации медленных потенциалов.
- II.4. Интервалам, на которых происходит формирование новых компонентов структуры, соответствует специфический состав совокупностей актуализированных компонентов, их групп и закономерная динамика этого состава. Порождение определенного компонента инициируется особенностями эпигенетической ситуации, ей соответствует развитие проблемной ситуации в предметной области. Актуалгенетический процесс направлен на создание определенного соотношения индивида с предметной областью, разрешающего проблемную ситуацию.
- II.5. Особенности актуалгенеза структуры, фиксирующей опыт индивида в конкретной предметной области, соответствуют общему уровню познавательного развития и индивидуальным психологическим характеристикам, а также определяют феноменологию наблюдаемого поведения, его временные и содержательные характеристики.

Как показал анализ данных литературы (см. 3.3.2), для создания условий в полной мере эволюционного формирования структуры опыта/знания, развивающий эффект которых настолько силен, что может быть зарегистрирован объективно (Артемяева. 1999, с. 169), необходимо использовать «нерегламентированные извне ситуации». 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 обладать «проективными» свойствами, т.е. 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 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.

Для решения задач, касающихся описания организации нейрональной активности и/или медленной активности мозга, использованы модели сложного пищедобывательного поведения кроликов, в которых обнаружимы эффекты научения. Для решения задач, уточняющих закономерности актуализации компонентов СИЗ в ситуации выбора, применяли задачи обнаружения пороговых сигналов (у человека и животных), а также распознавания сигналов, предъявляемых в случайной последовательности (у человека).

Для того чтобы оценить приведенные теоретические гипотезы¹, необходимо, используя приведенные методические приемы, решить следующие **задачи исследования**:

1. Разработать формальное описание ситуаций на игровом поле и их динамики.
2. Разработать описание взаимодействия индивида с предметной областью; для этого следует решить частные задачи: (1) определить правила выделения актов игры в связи с изменениями ситуации на игровом поле; (2) построить типологию актов игры и репертуары актов для каждого из игроков; (3) установить соответствие между актами игры и параметрами суммарной медленной активности мозга в процессе решения игровых задач.
3. В специальных исследованиях активности мозга (активности нейронов и электроэнцефалограммы) 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.
4. Сопоставить закономерности динамики СИО и ее связи с активностью мозга у человека и животных.
5. Сформулировать основания реконструкции динамики актуализации компонентов СИЗ на протяжении акта игры и в последовательностях актов, используя установленную для ситуации обнаружения пороговых сигналов связь между характеристиками медленной электрической активности, изменением составов активирующихся нейронов и событий в развитии поведенческих актов.

6. 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.
7. Построить описание СИО в циклическом пищедобывательном поведении кроликов на основании последовательности поведенческих актов и активности корковых нейронов, специализированных относительно этих актов.
8. Сопоставить организацию СИО (построенную на основании идентификации групп специализированных нейронов) и СИЗ (построенную на основании анализа последовательностей реализации актов в игре).
9. Сопоставить характеристики актуализированных совокупностей компонентов СИЗ на протяжении последовательностей актов, предшествующих первой реализации нового акта репертуара и не завершающихся таким событием.
10. Дать количественное описание закономерностей формирования компонентов СИЗ, отношений между ними и групп компонентов различного типа.
11. Описать закономерности формирования СИЗ как семантической неоднородной сети.
12. Сопоставить закономерности формирования СИЗ у испытуемых различных возрастных групп.
13. Оценить связь дескрипторов организации СИЗ, актуализации компонентов и их групп с индивидуально-психологическими характеристиками.

¹ Исследовательские гипотезы, выведенные из теоретических, даны в разделах, посвященных описанию соответствующих задач исследования.

ГЛАВА 7

ФОРМАЛЬНОЕ ОПИСАНИЕ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ

Для того чтобы установить структуру индивидуального опыта/знания, закономерности актуалгенеза этой структуры, используя принцип реконструкции (см. 3.3.1, а также: Александров, Максимова, 2006), необходимо определить предметную область, относительно которой индивид приобретает компетенцию. Во взаимодействии с предметной областью происходит формирование и модификация СИЗ/СИО.

Предметная область — «совокупность реальных или абстрактных объектов (сущностей), связей и отношения между этими объектами, а также процедур преобразования этих объектов при решении задач, возникающих в предметной области» (Аверкин, Гаазе-Рапопорт, Поспелов, 1992, с. 54). В качестве предметной области, которую задают инструкция испытуемому, конкретные методические процедуры, а также возможность фиксации продуктов деятельности испытуемого, как определенных инструкцией, так и выходящих за ее рамки, по отношению к которой возможна регистрация последовательности и вероятности событий в исследовании, вербального отчета испытуемых, временных и темповых характеристик поведения, двигательной активности, различных электрофизиологических параметров (например, ЭМГ, ЭЭГ, нейрональная активность) в данном исследовании была применена игра «крестики-нолики» на поле 15×15. Эта игра относится к тому же классу игр, что шахматы, шашки и рэндзю — играм *позиционным, стратегическим, с полной информацией* и с *нулевой суммой* (Гарднер, 1988).

7.1. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА ПОЗИЦИОННЫХ ИГР

Позиционные игры (англ. *games in extensive form* — игры в развернутой форме) — игры, в которых последовательные шаги, **позиции**, фиксируются в доступной для игроков форме. Например, в карточной игре позиции скрыты, а в шахматах — открыты. Важнейшие особенности позиционных игр (Оуэн, 1971, с. 26) состоят в следующем:

- 1) выделяется *начальная позиция*;
- 2) определена *функция выигрыша* («которая ставит в соответствие каждой *окончательной позиции* некоторый вектор», окончательных позиций может быть несколько, как, например, в рэндзю);
- 3) все множество *неокончательных позиций* разбивается на множества *очередности* S_0, S_1, \dots, S_n ;
- 4) каждое множество S_i подразбивается на множества S_i^j , которые называются *информационными множествами*, а позиции, следующие из одного информационного множества, называются *альтернативами*. Следует заметить, что введение понятия позиционной игры требует представления *динамики игры в виде дерева*.

Стратегические игры, в отличие от случайных (например, от рулетки), требуют содержательного решения о будущих действиях (ходах). В абстрактном случае (в теории игр) полагают, что «уже до начала игры каждый игрок решил, что он будет делать в каждом случае» (Оуэн, 1971, с. 29).

Согласно теоретико-игровому определению, «игра (G) есть игра с **полной информацией** для игрока i , если каждое его информационное множество состоит из одного элемента» (Оуэн, 1971, с. 28). В этом определении заключено требование определенности оценки положения игрока. «Крестики-нолики на поле 3×3», как игра с полной информацией, допускает определение по окончательной позиции координат первого и последующих ходов (Гарднер, 1988, с. 136). Иногда «полноту информации» представляют не в терминах мощности информационного множества, а в чрезмерно расширенной форме — как доступность игроку всего «дерева игры», представляющего все возможные ходы во всех возможных позициях, учитывая оценки эффективности ходов. «Игрок, который не видит все дерево, как бы находится в условиях игры с неполной информацией» (Адельсон-Вельский, Арлазаров, Донской, 1978, с. 21). Согласно такому пониманию, полнота информации — потенциальное свойство игры, раскрывающееся по мере формирования компетенции игрока.

Игра обладает **нулевой суммой**, если «в каждой окончательной позиции функция выигрыша (ρ_1, \dots, ρ_n) удовлетворяет условию:

$$\sum_{i=1}^n p_i = 0 \quad (\text{Оуэн, 1971, с. 35}).$$

Это означает, что игра с нулевой суммой является замкнутой системой: выигрыш одного игрока в точности равен проигрышу другого. Игры с нулевой суммой — *антагонистические*; согласно определению, в таких играх между игроками заданы строго конкурентные отношения. Пример игры с ненулевой суммой — «дилемма узника», в которой игроки могут принять решения, при которых оба окажутся в проигрыше, или в выигрыше (см., например: Milinsky, Wedekind, 1998). В играх рассматриваемого типа — шахматах, шашках, рэндзю, конфликт разрешается либо выигрышем одного и проигрышем другого, либо ничьей. Н.В. Крогиус замечает, что «это довольно грубая оценка, не позволяющая отразить в результате партии широкий диапазон качественных особенностей ситуации» (Крогиус, 1976, с. 19). Эти ограничения касаются не только шахмат. Так, согласно правилам го-моку и рэндзю, существуют принципиально различные выигрыши для игрока, ходящего вторым. Для него выигрыш представляют как построение выигрышной цепочки (как и для первого игрока), так и вынуждение противника сделать запрещенный ход. Во всех играх этого класса ничья — результат компромисса, условия которого не определены строго (см. Крогиус, 1976). Поводы для такого соглашения могут быть самые разные, но игроки получают равное количество очков. Показано, что в антагонистических играх с полной информацией, в случае повторных игр между партнерами складываются кооперативные отношения (McCabe, Rassenti, Smith, 1996). Авторы полагают, что кооперация в повторяющихся антагонистических играх проявляется у лиц с «врожденной склонностью к кооперативному поведению», которые стремятся в этих играх упрочить свою репутацию, причем кооперация не возникает с оппонентами, готовыми достичь выигрыш любыми средствами. Эти результаты указывают на ограниченность применения строгого понимания «нулевой суммы» в исследовании игр не абстрактных, а реальных партнеров.

Анализируемые игры относятся к типу «*board games*». Неточный русский эквивалент этого термина — «настольные игры», однако важно не то, что игра происходит на столе; карточные игры и рулетка в этом смысле также «настольные». Важно, что все события игры происходят на *игровом поле*, построенном как матрица, это важное условие для позиционных игр. Структура игрового поля и фиксация позиций на нем жестко оговариваются в правилах. Для шахмат это 6 типов фигур двух цветов на доске 8×8 и правила их перемещения и взаимодействия; для шашек — одинаковые шашки двух цветов, правила превращения их в «дамки» и доска либо 8×8, либо 10×10 (стоклеточные шашки), а также правила движения шашек по доске и их отношений. Игра, как система приемов создания и разрешения конфликта, включает и действия на игровом поле, и меж-

личностные отношения игроков, но продукты этих отношений отображаются в позициях игры (см.: Крогиус, 1976, с. 9–16).

Еще одно важное свойство позиционных игр — их *абстрактный характер*. С. Лем замечает: «шахматы в целом, а также их элементы — фигуры, не имеют никаких десигнатов и сами ничего не денотируют во внешнем мире; отсюда их сходство с “пустыми” системами математики и логики» (Лем, 1998, с. 50).

Принадлежность шахмат, шашек, го, рэндзю, крестиков-ноликов к классу позиционных игр, формальная характеристика их основных свойств (это стратегические игры с полной информацией), их абстрактный характер определяет сопоставимость сведений, полученных в исследованиях каждой из игр. Так, шахматы, как объект психологических исследований, рассматриваются как «не менее ценная находка, чем дрозофила для генетика» (Крогиус, 1976, с. 19). Результаты исследований психологических аспектов шахматной игры, способов ее формального описания, имеют важнейшее значение и для моделей, основанных на других играх этого класса.

Позиционные игры удовлетворяют основным условиям для методики, позволяющей изучать структуру индивидуального знания:

- 1) все множество возможных положений следует только из четко определенных правил игры;
- 2) способы достижения выигрыша, избегания проигрыша, как и все операции на игровом поле, должны быть сформированы игроком в процессе разрешения ситуации конфликта с противником (в активном взаимодействии с партнером);
- 3) сложность игры позволяет практически неограниченно совершенствовать компетенцию.

7.2. ПРАВИЛА ПОЗИЦИОННЫХ ИГР

Среди позиционных игр можно выделить две группы игр. Пример первой из них представляют шахматы, второй — го. Для сопоставления этих игр, воспользуемся работой (Burmeister, Wiles, 1995):

1. В шахматах игрок оперирует фигурами нескольких типов с разными возможностями, которые определяются специальными правилами для каждой фигуры, в играх типа го — фигурами только одного типа.
2. В шахматах все фигуры могут перемещаться по полю, некоторые из них (ладья, королева) — на значительные расстояния, так что

общее расположение фигур может изменяться на протяжении игры непредсказуемым способом. В го позиции изменяются только через добавление новых фигур. «Камни» (в рэндзю — знаки), поставленные на доску, своего положения не меняют.

3. В шахматах сложность оценки позиции возрастает с увеличением количества фигур на поле; для го и рэндзю такая связь не прослеживается.
4. В шахматных позициях выделяются группировки фигур (Chase, Simon, 1973). В играх типа го камни (знаки) одновременно входят во множество группировок.
5. В шахматах для игроков, играющих белыми и черными, правила одинаковы, несмотря на известное преимущество в игре, которое дает первый ход. В го и рэндзю правила для оппонентов в начале игры различны. Они, как предполагается, компенсируют преимущества первого хода. Для игрока, вступающего в игру вторым, существуют дополнительные правила, определяющие выигрыш¹.

Правила использованной нами игры состоят в следующем: на поле 15×15 клеток требуется построить прямую непрерывную цепочку из пяти одинаковых знаков — по горизонтали, вертикали или диагонали. Игроки совершают ходы по очереди, выставляя на поле присвоенные ему знаки. Выигравшим считается игрок, первым построивший цепочку из пяти знаков. Игру следует продолжать до построения пятерки. В случае заполнения всего поля до того, как выигрышная последовательность построена, объявляется ничья. Других вариантов ничьей не предусматривается. Никаких ограничений на положение первого или последующих ходов не вводили.

Этот вариант игры относится к группе игр, называемых «пять в ряд» (*pentle*) и представляет собой упрощение современной стандартной игры рэндзю (близкой к го). Принятые правила совмещают свойства шахмат и го, выгодные для исследования. В игре участвуют знаки (фигуры) только одного типа (цвет обозначает не тип фигуры, а принадлежность определенному игроку), определены единые правила операций с фигурами (см. п. 1); положение на поле изменяется только в результате добавления новых знаков, перемещение ранее поставленных знаков (как в шахматах и шашках) исключено (п. 2); можно предполагать, что сложность описания положений на поле не будет возрастать по ходу игры, что характерно для шахмат (п. 3); проблема

¹ В рэндзю запрещенным ходом для игроков, начинающих партию, является построение одним ходом хотя бы двух «троек» или двух «четвёрок», или «длинного ряда» из шести и более знаков. Для игрока, который ходит вторым, запрещенных ходов нет. Он может выиграть партию, вынудив соперника построить запрещенную комбинацию.

включения одного и того же знака в различные группировки (см. п. 4) должна быть решена способом описания игровых позиций; устранение различия правил для игроков (см. п. 5), составляет преимущество шахмат, это существенное упрощение, оно может предопределять перевес для игрока, делающего первый ход, но это не противоречит целям настоящего исследования, причем несколько скорректировать этот перевес может смена игроками первого хода после каждой игры.

Заметим, что даже в такой упрощенной форме игра в крестики-нолики может сохранять существенные компоненты сложности, присущие ее протоформам — го и рэндзю. По формальным оценкам эти игры не только не уступают в сложности шахматам, но превосходят их (Burmeister, Wiles, 1995; http://www.absoluteastronomy.com/encyclopedia/g/ga/game_complexity.htm). В пользу этого заключения, сделанного на основе сопоставления свойств дерева игр, говорит также следующее наблюдение: современные шахматные программы способны выигрывать у гроссмейстеров и чемпиона мира, в то время как для игры в го до настоящего времени удалось достичь только любительского уровня (Barrett, 2002).

Представляется, что сформулированные правила могут быть даны в стандартной форме испытуемым разных возрастных групп, начиная с дошкольников. Они достаточно просты для того, чтобы за время порядка десятков минут (одного-двух часов) игроки могли достичь некоторого уровня компетенции.

7.3. ФОРМАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА ИГРЫ «КРЕСТИКИ-НОЛИКИ» НА ПОЛЕ 15×15

Игра крестики-нолики — весьма абстрактная задача. М. Гарднер оценил степень ее абстрактности, высказав предположение, что эта игра независима от конкретной формы ее представления — даже если вместо знаков «Х» и «О» будут использованы числа (в этом случае целью игры будет получение определенной суммы чисел), или буквы (чтобы прочесть размещенное в клетках слово) (Гарднер, 1988, с. 139). Однако сопоставление изоморфных представлений крестиков-ноликов (Zhang, Johnson, Wang, 1998) в виде линий, чисел и цветовых пятен показало, что в этих случаях у игроков формируются различающиеся стратегии с различным уровнем обобщенности. Наибольшую степень обобщенности и наименьшую эффективность для формирования стратегий имеет представление в числовой форме; большую эффективность имеет представление игры в цвете, максимальную — в виде линий (рядов занятых клеток). Важно, что перенос между знаниями, сформированными для

разных форм представления игры, может быть как позитивным, так и негативным (с «числовой формы» на «линии») (см. 4.3.4: «Перенос»). Эти результаты указывают на необходимость соблюдения стандартной формы представления игры для всей выборки испытуемых, а также на то, что цветовую форму представления, возможно, следует считать предпочтительной. Принципиально важно также, что вариации структуры знания, связанные с различными формами представления игры, образуют единую структуру.

Одна из важных характеристик позиционных игр — их «ничейность». Для ничейной игры существует стратегия, которая гарантированно сводит игру к ничьей. Пример ничейной игры — «крестики-нолики на поле 3×3 », в которой оба игрока, при том условии, что они не перейдут к игре в поддавки, и не сделают грубых ошибок, могут добиться ничьей. Существование стратегии, гарантированно ведущей к ничьей, как и стратегии, которая обеспечивает неизбежный выигрыш¹, разрушает ситуацию конфликта, который, собственно и делает игру привлекательной. По нашим оценкам (которые совпадают с оценками других исследователей) ничейная игра в «крестики-нолики на поле 3×3 » быстро наскучивает не только взрослым игрокам, но и детям. Распространенное объяснение отказа продолжать игры указывает на примитивный характер игры, на ее ничейный характер.

Для игр класса го, рэндзю и «крестиков-ноликов» фактор, который определяет существование ничейной или выигрышной стратегий или их отсутствие, — соотношение длины выигрышной цепочки и размера игрового поля (Гарднер, 1988; Gammill, 1974). Существует доказательство того, что при игре в «крестики-нолики без ограничений типа “ n в ряд”» на достаточно большом поле, при $n \geq 9$, ничейная стратегия существует. Это доказательство распространено на случай $n = 8$, но не доказано для $n = 5, 6$ и 7 (Гарднер, 1988, с. 149). На большом («бесконечном») поле при $n \leq 4$ неизбежно выигрывает игрок, начинающий игру (совершающий 1-й ход) (с. 140). Несколько отличающуюся оценку (первый игрок выигрывает при $n \leq 5$) дает доказательство (Allis, van den Herik, Huntjens, 1995). Р. Гаммилл доказал, что для игры на поле 15×15 при выигрышной цепочке $n = 5$ не существует ничейной стратегии (Gammill, 1974). Размеры поля для игры в го (19×19) и рэндзю (15×15) и длина цепочки $n = 5$ определились на основе многовековой практики игр, поскольку для таких правил не существует ничейной стратегии (Allis, van den Herik, Huntjens, 1995), причем существование выигрышной стратегии для первого игрока частично компенсируется введением запрещенных ходов (см.

¹ Для шахмат, го и рэндзю не построено такой теории, которая бы точно указывала оптимальный ход для всего множества возможных позиций, как это было сделано Чарльзом Бутонем для позиционной игры двух партнеров «Ним» (Oltean, 2004).

п. 5 в 7.2, сноска 1). Заметим, что разнообразие возможных реализаций игр этого типа настолько велико, что для того, чтобы преимущества игрока, делающего первый ход, обнаружались, необходим большой опыт игры (особенно при обязательной передаче первого хода в последовательных играх).

7.4. ОСНОВЫ ОПИСАНИЯ ПОЗИЦИОННОЙ СТРАТЕГИЧЕСКОЙ ИГРЫ

Описание позиционных стратегических игр по определению должно опираться на характеристики позиций, содержать правила последовательности смены позиций и выделять на их множестве стратегические последовательности. Основные проблемы — выделение «единицы анализа» игры и критериев описания этих единиц.

Наиболее разработано как для решения спортивных задач, так и в качестве предмета моделирования, описание игры в шахматы. В практических пособиях в шахматной игре (а также в шашках) по задачам, которые решаются на этих этапах, по особенностям позиций и их динамике выделяют три интервала: дебют, миттельшпиль и эндшпиль. Наиболее общее описание игр дается в терминах смысла позиции, хода или группы ходов: сильная или слабая позиция (ход), атака, защита, угроза, демонстрация истинных или ложных целей, блеф, выжидание, заманивание и т.п. (Крогиус, 1979, с. 116–130). Эти описания имеют довольно четкое игровое выражение, но строятся на основе экспертных оценок. Поэтому, по нашему мнению, они могут служить материалом для верификации формальных описаний, но не их основой.

Основы подхода к формальному описанию стратегических игр (на примере шахмат) были сформулированы К. Шенноном (Шеннон, 1963б). Шахматная позиция может быть определена через: (1) положение всех фигур на доске; (2) указание стороны, которая должна сделать ход в данной позиции; (3) указание на возможность рокировки; (4) указание последнего сделанного хода; (5) указание числа ходов, сделанных после последнего взятия фигуры (Шеннон, 1963б, с. 194). Заметим, что пункты 3 и 5 специфичны для шахмат, а 1, 2 и 4 обязательны для описания позиций в любой позиционной игре 2-х партнеров. Поскольку в шахматах существуют различные фигуры с особыми игровыми свойствами, этот список дополняется оценками «стоимости фигур». Так, в терминах «пешечных единиц» «ферзь стоит примерно девять пешек, ладья около пяти, а слон или конь около трех» (Шеннон, 1963а, с. 186). Для шахмат эти оценки были даны в XVIII в. Эйлером (см. Ботвинник, 1989, с. 18), они уточняются на основе развивающейся теории шахматной игры,

но это — *экспертные* оценки. «Почти все они не имеют точных формальных определений» (Адельсон-Вельский, Арлазаров, Донской, 1978, с. 61).

Используют абсолютную и относительную оценки фигур (см. таблицу в Тихомиров, 1969, с. 88). Относительная ценность фигур различна в разных позициях. Среди факторов, определяющих этот вид ценности, выделяют подвижность, ударность, неуязвимость места расположения, связи со своими силами, активность. Ценность позиции должна включать также оценки ценности хода (атака, угроза, сильные, форсирующие ходы) и полей доски (критические, слабые пункты) (Тихомиров, 1969, с. 88-90). Усложняет построение этих оценок то обстоятельство, что требуется оценить не просто стоимость фигур как таковых, но учесть соотношения положения фигур на доске, например, «две пешки» и «сдвоенные пешки» имеют различную оценку. «Координированное действие отдельных фигур создает особую ценность, ... отличную от ценности отдельных фигур (выделено О.К. Тихомировым)» (Тихомиров, 1969, с. 90). Таким образом, все характеристики ценности позиции либо являются экспертными оценками, либо имеют существенную «экспертную» составляющую. Заметим, что рассмотренные компоненты оценочной функции не являются независимыми. В некоторых случаях выбор той или иной характеристики затруднителен и имеет отпечаток «приписывания», например, в случае различия «реальной» и «мнимой» жертвы (см. Тихомиров, 1969, с. 92–93). Заметим, что в подобных случаях не следует полагаться и на собственную (ретроспективную) оценку позиции игроком.

«Материальная оценочная функция», включающая экспертные оценки фигур, выглядит так:

$$f_n(A) = \sum_{\mu=1}^M h_{\mu} P_{\mu}^{\sigma}(A) - \sum_{\mu=1}^M h_{\mu} P_{\mu}^{\alpha}(A),$$

где h_{μ} — вес μ -той фигуры; M — количество разных фигур, которые могут быть у одного игрока; $P_{\mu}^{\sigma(\alpha)}(A)$ — предикат, равный 1, если в позиции A фигура белых (черных) стоит на доске, и 0 — в противном случае (Адельсон-Вельский, Арлазаров, Донской, 1978, с. 92).

В играх типа «крестиков-ноликов» используются фигуры только одного типа, но для характеристики позиций так же, как и в шахматах, используются экспертные оценки (см., например, Allis, van den Herik, Huntjens, 1995). Так, для *Chinook*, одной из лучших программ, играющих в шашки (также с фигурами одного типа, которые могут приобретать функции «дамки»), оценочная функция содержит 25 эвристических компонентов, причем веса в этой функции различаются для четырех фаз игры, выделенными авторами программы (Schaeffer, Lake, 1996). Эффективность оценочной функции существенно повышают ее дополнения оценками топологии и динамических особенностей позиции (Buro, 1995).

Значение оценочной функции как разницы ценностей позиций игрока и противника характеризует величину материального перевеса и кто (черные или белые) им обладает. Однако «даже рекомендация о желательности материального перевеса является эвристической. Она не только не доказана, но даже известны многочисленные противоречащие ей примеры...» (Адельсон-Вельский, Арлазаров, Битман и др., 1983, с. 60). С нашей точки зрения для оценки такого описания позиций важна не столько его эвристичность, сколько его экспертное основание.

Формальное определение позиционной игры (см. 7.1) эксплицитно вводит описание динамики игры в виде ориентированного дерева — через понятия *неокончателных позиций, множества очередности, информационных множеств, альтернатив*. (Некоторые положения теории графов, важные для описания деревьев, см. в 1.3). Вершины дерева игры называются *позициями*, а концевые вершины — *окончательными позициями*. Дуги дерева, соединяющие вершины, представляют «полуходы», включающие описания исходной позиции и действия игрока, изменяющую ее. Таким образом, последовательность дуг отражает последовательные полуходы двух игроков (в шахматах — белых и черных). «Целым ходом называется совокупность последовательных ходов белых и черных» (Адельсон-Вельский, Арлазаров, Донской, 1978, с. 53). Т.е. «ходом» называется последовательность: исходная позиция (вершина), действие игрока (дуга), позиция, созданная игроком (вершина), действие противника (дуга), результирующая позиция (вершина) (см. рисунок 1). Вершина дерева представляет собой *информационное множество*, множество исходящих из этой вершины дуг — альтернативные полуходы игрока. Вершины, инцидентные концам этих дуг, соответствуют *альтернативным позициям*, представляющим *информационные множества* для игрока-оппонента (рисунок 2).



Рис. 1. Ветвь дерева игры, представляющая соотношение позиций, полуходов игроков и хода, где a, b, c, d — вершины дерева (позиции), стрелки $a \rightarrow b, b \rightarrow c, c \rightarrow d$ — дуги дерева. **Полуходы** представлены последовательностями вершин и дуг: вершина a , дуга $a \rightarrow b$ (белая стрелка), вершина b , а также вершина c , дуга $c \rightarrow d$ (белая стрелка), вершина d — полуходы белого игрока; вершина b , дуга $b \rightarrow c$, вершина c — полуход черного игрока. **Ход** белого игрока представляет последовательность: вершина a , дуга $a \rightarrow b$, вершина b , дуга $b \rightarrow c$, вершина c ; черного игрока: вершина b , дуга $b \rightarrow c$, вершина c , дуга $c \rightarrow d$, вершина d

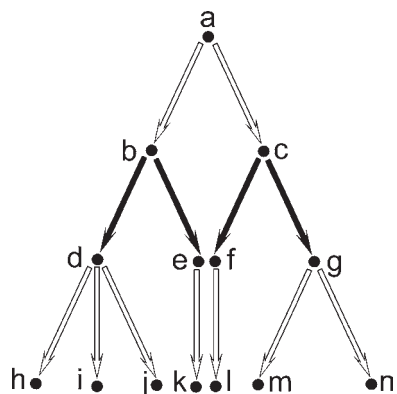


Рис. 2. Фрагмент дерева игры двух игроков. Вершины дерева a, b, \dots, n — информационные множества; исходящие из вершин дуги с вершинами, в которые они входят (совокупности вершин и дуг, например, $a, a \rightarrow b, b; \dots, b, b \rightarrow d, d$) — альтернативные полуходы для черного и белого игрока (для позиций a, b, c и g — по две альтернативы, e и f — по одной, для d — три альтернативы)

На рисунке 2 видно также, что ход игрока как планируемое действие может иметь сложное строение, поскольку включает несколько возможных ответных альтернативных полуходов оппонента. В начальной позиции (информационном множестве) b , выбранной альтернативой $b \rightarrow d$ (полуход черного игрока), три варианта завершения полуходами противника — белого игрока (дуги $d \rightarrow h, d \rightarrow i$ и $d \rightarrow j$ и инцидентные им вершины h, i и j) ведут к трем различным вариантам хода черного игрока.

Таким образом, деревья игры, построенные по этим правилам (см. (-Адельсон-Вельский, Арлазоров, Донской, 1978; Ботвинник, 1989), отображают **процесс игры для двух игроков**, причем позиции игры описаны в терминах, **предложенных экспертами** на основе **совокупного опыта игры, выработанного сообществом** и зафиксированного в правилах подготовки игроков и в теории соответствующей игры. Выделенные нами характеристики такого описания маскируют собственно индивидуальные характеристики знания, затрудняют его вычленение.

Следует подчеркнуть, что экспертные оценки являются эффективным эвристическим приемом, на это указывает высокое качество играющих программ. Однако эти оценки даются в терминах «*индивидуальной*» компетенции, они представляют совокупный опыт шахматного (шашечного, рэндзю) сообщества. Можно предположить, что строение совокупного знания

сообщества, кодифицированное в теории игры (например, шахмат), зафиксированное в приемах обучения игре, может быть несопоставимым со строением структуры индивидуального знания для данной предметной области (см. 5.4, а также гл. 6). Действительно, цель моделирования игр — построить теорию *оптимальных решений* в этих играх, создать модель «*идеального игрока*». Эта область исследований, как и тесно связанная с ней теория игр, «не занимается решениями как психологическими актами» (Оуэн, 1971, с. 7).

7.5. ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ПОЗИЦИЙ В ИГРЕ «КРЕСТИКИ–НОЛИКИ» НА ПОЛЕ 15X15

Один из вариантов описания позиций на игровом поле может быть основан на их геометрических конфигурациях. Ранее такой подход к классификации позиций был предложен Р. Сильвером для игры в крестики-нолики в трехмерном пространстве (Silver, 1967). Представляется, что он может быть применен и для шахмат, поскольку существуют определенные конфигурации расположения фигур в дебютах, а также в вариантах, реализуемых на других этапах игры. Известны случаи точного повторения перемещения фигур в разных партиях у одних и тех же партнеров, например, в матче на звание чемпиона мира по шахматам между А. Карповым и Г. Каспаровым. По-видимому, классы таких положений могут быть определены и в крестиках-ноликах.

Предполагали, что повторяющиеся позиции или их фрагменты представляют собой этапы достижения окончательной позиции; сравнения этих конфигураций позволят выявить существенные преобразования позиций, ведущие к выигрышу или препятствующие проигрышу.

Анализировали все последовательные позиции (конфигурации расположения всех знаков на поле) в 76 партиях в крестики-нолики на поле 15x15, сыгранных 6 игроками¹ по правилам (см. 7.2), т.е. без ограничений на ход в центральный квадрат 5x5 и на выигрышные позиции. Сопоставляли между собой координаты каждого знака во всех парах позиций для их положения согласно протоколу игры, а затем максимизировали число совпадений, изменяя точку сопоставления позиций, применяя все возможные повороты осей, включая зеркальные отображения. Для обработки применяли мини-ЭВМ «Plurimat-S».

¹ На материале, полученном в опытах с участием этих игроков, разработано количественное описание игр и рассчитаны все детальные вспомогательные оценки, приведенные в этом разделе.

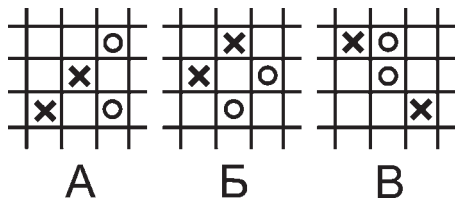


Рис. 3. Примеры некоторых устойчивых конфигураций знаков, складывающихся к четвертому полуходу игры. Показаны фрагменты игрового поля 15×15

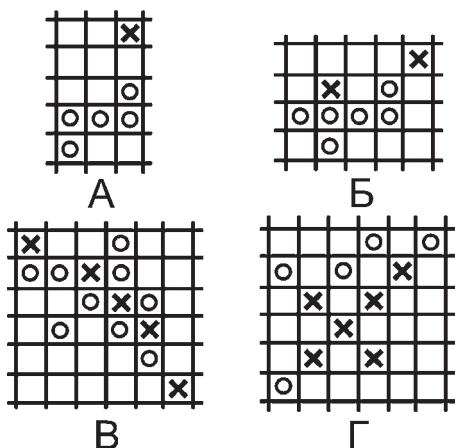


Рис. 4. Устойчивые конфигурации знаков, выявленные при сравнении позиций в двух (А, Б), трех (В) и четырех (Г) играх

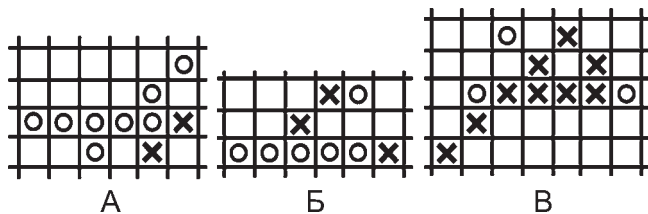


Рис. 5. Устойчивые конфигурации знаков, выявленные при сравнении двух партий, включающих выигрышные цепочки

Наиболее точно воспроизводимым оказалось расположение знаков в начале игры. Так, у игроков ES и KA в 8 партиях из 14 первые четыре полухода образовывали одну и ту же конфигурацию (см. рисунок 3 А), которая, впрочем, могла образовываться при различном порядке постановке знаков. Эта конфигурация отмечена также для всех игроков, но с различной частотой встречаемости в разных диадах. Другие расположения знаков, устойчиво повторяющиеся в различных играх разных диад игроков, показаны на рисунках 3 Б и В. Для каждой диады наблюдалось по 3–6 повторяющихся вариантов начала партий. Такие устойчивые конфигурации могли включать до 6–7 первых знаков игры. Аналогичные, но более простые инварианты для дебюта крестиков-ноликов на поле 3×3 были проанализированы (Crowley, Siegler, 1999).

При большем количестве сделанных полуходов в конфигурациях могли совпадать не все последовательно поставленные знаки (см. рисунки 4 А, Б, В), хотя в некоторых случаях отмечено полное совпадение конфигураций, например, на рисунке 4 Г показано 11 совпавших последовательных полуходов в четырех партиях.

Сравнение позиций, включающих цепочки из трех и четырех знаков, выявляет разнообразные конфигурации, содержащие пересечения нескольких цепочек игрока и его оппонента (см. рисунок 4).

Сопоставление позиций, включающих выигрышную цепочку из пяти знаков, показало, что количество знаков, поставленных проигрывающим игроком, снижается. Эту тенденцию иллюстрирует сопоставление позиций, представленных на рисунках 4 В и Г, на которых количество крестиков и ноликов расходится на 1–4 знака и на рисунке 5, где это различие достигает 6 знаков.

Для ситуаций с реализованной окончательной позицией, при сопоставлении большого количества партий (более пяти), выявлялась только выигрышная цепочка из пяти знаков, со знаками противника, закрывающими один из концов цепочки, или (для повторяющихся случаев цепочки, открытой с двух сторон), — без воспроизводимого расположения знаков противника.

Таким образом, некоторые составляющие позиций на всех этапах игры устойчивы к сдвигам, поворотам и зеркальным отображениям, т.е. *автоморфны*, подобны себе. Это указывает на то, что они остаются инвариантными при преобразовании позиции из начальной в окончательную. В начале игры разнообразие таких типичных позиций невелико у обоих игроков, и, поскольку эти конфигурации включают *все* знаки обоих игроков, они имеют минимальную вариативность. В конце игр устойчивы преимущественно выигрышные комбинации, включающие мало знаков, поставленных проигрывающим игроком. Это инварианты выигрышной позиции с некоторыми признаками попыток защиты проигрывающего игрока, что говорит о различной вариативности позиций для членов диады: меньшей для победителя и большей для проигравшего. Важность и доступность информации в виде «выигрышных инвариантов и их

симметрии» в крестиках-ноликах была показана в исследовании (Zhang, 1997). Инварианты, характерные для середины игры, представляют этапы построения цепочки их пяти знаков — тройки и четверки, которые могут также и пересекаться (поскольку это допускается упрощенными правилами). В эти устойчивые комбинации включены также и знаки, препятствующие развитию цепочек в пятерки, причем большее количество знаков представляет развивающиеся цепочки и их пересечения, а не препятствия к их развитию.

Специально следует отметить, что инварианты окончательной конфигурации с выигрышной пятеркой включают мало знаков, окружающих это «ядро» позиции, в том числе и знаков, поставленных противником. Таким образом, построение пятерки качественно отличается от построения промежуточных, этапных цепочек — двоек, троек и даже, возможно, четверок.

Сокращение количества знаков, не относящихся непосредственно к центральной комбинации позиции, к ее «ядру», позволяет предполагать, что выделенные инварианты характеризуют логические составляющие комбинации, но не «оперативное поле», в котором сфокусированы операции игрока. В пользу этого предположения говорит то, что по оценкам экспертов в играх типа го знаки одновременно входят во множество группировок (Burmeister, Wiles, 1995). Инвариантность составляющих игровых позиций выделена нами с помощью многообразных трансформаций (сдвигов, вращений и зеркальных обращений). Представляется малоправдоподобным, что эти инварианты воспроизводятся игроками в результате избирательного ментального вращения избранных подмножеств знаков на игровом поле. Поэтому возникает вопрос: что именно является инвариантом в оценке позиций, включены ли в систему этих признаков геометрические характеристики позиции и в какой степени?

Проведенный анализ выявил множество инвариантных конфигураций, которые представляют этапы преобразования начальной позиции на игровом поле в окончательную. В эти позиции оказались закономерно включены не только те знаки, которые составляют растущие и пересекающиеся цепочки, но и знаки, препятствующие их росту. Установлена тенденция к снижению вариативности расположения знаков, составляющих выигрышную комбинацию на этапе приближения к выигрышу.

Выявленные инвариантные конфигурации расположения знаков на поле, их связь с процессом игры можно сопоставить с результатами анализа исследовательской активности шахматистов: «группы ситуаций начинают выступать для испытуемого как некоторое единое целое, а реально развертывающаяся исследовательская деятельность относиться фактически сразу к этой группе ситуаций» (Тихомиров, 1969, с.131).

7.6. ФОРМАЛЬНОЕ ОПИСАНИЕ ИГРЫ

7.6.1. ОПИСАНИЕ ПОЗИЦИЙ НА ИГРОВОМ ПОЛЕ

Основные положения, которые описывают свойства позиционных игр, характеризуют не только сами позиции, но их динамические свойства, возможность их развития. Так, теоретико-игровое определение этого класса игр включает понятия *очередности позиций*, которые по определению являются последовательными пошаговыми преобразованиями *начальной позиции* в *окончательную* (Оуэн, 1971, с. 26), (см. 7.1). Правила рэндзю, ограничивающие возможности выигрыша, вводят запреты на происхождение выигрышной цепочки — «пятерки», точно указывают на единственно допустимую цепочку предшественник — «прямую четверку», которая определяется как «четыре камня одного цвета, расположенные по прямой линии (горизонтально, вертикально или горизонтально), открытую с обеих сторон» (Wagner, Virág, 2001, p. 32), т.е. четверка, из которой возможно построение пятерки двумя определенными геометрически различными способами. Иное определение четверки — «четыре камня одного цвета в ряд, который в один ход может быть преобразован в пятерку». Собственно запреты касаются форм, исходных для развития в пятерку: это «двойные четверки» (определяются через способ создания — один ход создает более чем одну четверку); «двойные тройки» (создание одним ходом более чем одну тройку); «тройка/четверка» (четверка и тройка, которые создаются единым ходом) (Wagner, Virág, 2001, p. 32). Эти запреты описывают условия формирования цепочек и возможности ее дальнейшего преобразования. Анализ геометрических конфигураций знаков, проведенный нами в предыдущем разделе, показывает значимость троек и четверок как этапов роста пятерок, причем зоны возможного (и наиболее опасного) роста выигрышной композиции помечены знаками противника. Следует вспомнить также, что динамические характеристики шахматных позиций рассматриваются как важнейшие составляющие оценочной функции (см., например, Адельсон-Вельский, Арлазоров, Донской, 1978; Тихомиров, 1969; Вуго, 1995).

Можно полагать, что особенности игр класса «крестики-нолики» значительно упрощают описание динамики позиций. Поскольку в игре участвуют фигуры только одного типа, разнообразие необходимых преобразований, ведущих к окончательной позиции, может быть охарактеризовано в терминах длин цепочек, обладающих потенциалом увеличения. Р. Гэммилл, анализируя позиции в играх типа крестиков-ноликов на различных по размеру игровых полях, ввел представление о продуктивных и непродуктивных цепочках, которые

могут или не могут быть преобразованы в пятерки (Gammill, 1974). Такой подход может быть применен не только к предполагаемой текущей комбинации игрока, а ко всей позиции, сложившейся к данному ходу на доске. Во-первых, как показал проведенный нами анализ воспроизводимости конфигураций знаков на доске, изоляция единичной цепочки как «функциональной единицы» не представляется осуществимой (см.: Burmeister, Wiles, 1995). Во-вторых, распространение описания возможностей роста на все множество комбинаций знаков обоих игроков может открыть путь к оценке взаимных соотношений отдельных знаков и их групп и к описанию позиции как целого — к характеристике «координированного действия отдельных фигур» (Тихомиров, 1969, с. 90).

Количественная оценка позиций

Поскольку длина цепочек увеличивается либо за счет добавления к ней одиночного знака (с одной, или, если это возможно, с другой стороны), либо за счет слияния цепочек меньшего размера (что допускают принятые нами упрощенные правила), то для описания позиции и возможных вариантов ее ближайшего развития, достаточно перечислить все потенциальные увеличения всех возможных цепочек на следующем полуходе игры.

Для последовательности позиций, показанных на рисунке 6, оценки возможностей развития цепочек показаны в таблице 1.

Позиции представлены двумя числовыми векторами, один из которых характеризует возможности построения цепочек из 2-х, 3-х, 4-х и 5-ти знаков крестиков, а другой — ноликов. Начальная позиция для крестиков (один знак на поле) открывает на втором ходе крестиков возможности построения цепочки из двух знаков в восьми вариантах (восемь возможных двоек) (рисунок 6, 1; таблица 1, первая позиция). Знак нолика, поставленный в соседней клетке, дает возможность построения семи возможных цепочек из двух ноликов и оставляет для крестиков только семь из восьми возможных цепочек (рисунок 6, 2; таблица 1, вторая позиция). В пятой позиции (рисунок 6, 5) ход крестика реализует одну из возможностей построения «тройки крес-

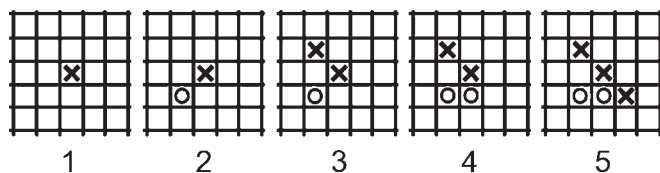


Рис. 6. Последовательность позиций, соответствующие пяти первым полуходам игры

Таблица 1

Описания последовательных позиций в игре (первые девять полуходов).
Пять первых позиций показаны графически на рис. 6

Последовательность позиций (см. рис. 6)	Количество цепочек, которые возможно построить на следующем шаге игры							
	длина возможных цепочек							
	для крестиков				для ноликов			
	5	4	3	2	5	4	3	2
1	0	0	0	8	0	0	0	0
2	0	0	0	7	0	0	0	7
3	0	0	2	11	0	0	0	7
4	0	0	2	10	0	0	2	10
5	0	2	0	15	0	0	1	10
6	0	1	0	15	0	0	1	17
7	1	0	0	21	0	0	1	17
8	0	0	0	21	0	0	1	24
9	0	0	4	20	0	0	1	23

тиков», открывая при этом новую возможность построения двух вариантов «четверки», лишается потенциальных «троек» и изменяет возможности развития позиции для ноликов, уничтожая возможность построения одной их «троек-ноликов» (табл. 1, позиция 5).

Если поставленный знак не нарушает автоморфность позиции (т.е. созданная позиция изоморфна по отношению к себе самой, инвариантна при всех возможных симметричных преобразованиях), то ее оценка отличается только от иных автоморфных позиций, но не в пределах множества инвариантов. Например, при любом порядке формирования позиции на рисунке 3 Б оценка к четвертому полуходу будет одинаковой; четыре варианта постановки нолика на рисунке 3 В (выше и ниже центрального нолика, справа и слева от него) дают идентичную оценку позиции. Это означает, что описание в терминах возможностей роста цепочек точно соответствует свойствам инвариантности геометрии позиций. В тех случаях, когда автоморфна конфигурация только некоторого подмножества знаков на поле, различная позиция нового знака на поле приводит к различию описаний позиции. Так, на рисунке 7 сопоставлено два варианта постановки крестика; описания позиций при реализации этих вариантов

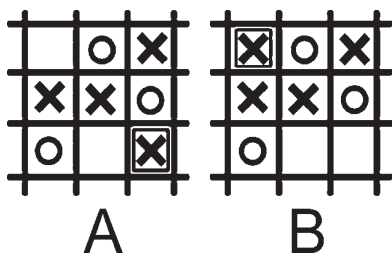


Рис. 7. Два из возможных в определенной позиции вариантов полухода крестиками (обведены линией). Оценка позиций дана в таблице 2

Таблица 2

Сопоставление описания позиций, сложившихся при различных вариантах ее развития

Варианты постановки знака	Количество цепочек, которые возможно построить на следующем шаге игры							
	длина возможных цепочек							
	для крестиков				для ноликов			
	5	4	3	2	5	4	3	2
Рис. 7 А	0	0	4	14	0	0	2	12
Рис. 7 В	0	0	5	11	0	0	2	12

различаются (см. таблицу 2). Анализ показывает, что описание различает варианты построения цепочек (постановка знака в середине растущей цепочки, за ход до ее замыкания, замыкающая ее; постанова знака на разных концах цепочки), построение и развитие вилки, «креста» и др. Важно, что эти оценки не «приписывают» единственного значения поставленному знаку, например, «завершение четверки», или «построение вилки», или «закрытие тройки противника», поскольку знак, завершающий четверку, может открывать возможности построения будущих «четверок», «вилок», закрывать цепочку противника (или несколько цепочек), т.е. входить в «несколько группировок» (Burneister, Wiles, 1995).

Рассматриваемый вариант описания позиций, таким образом, не снимает геометрии позиций, но характеризует их топологические особенности, различающие инварианты и даже уточняющие их, поскольку выделенные нами инварианты характеризуют только некоторые подмножества знаков на поле,

а численное описание — **всю позицию как целое**, в котором выделяются частные описания для каждого из игроков, но даны и их соотношения во всех аспектах возможного развития позиции.

Следует заметить также, что переход от численного описания к расположению знаков на поле — восстановление позиции по ее численному описанию — «обратная» задача, определить условия и пределы разрешимости которой, с нашей точки зрения, довольно сложно.

7.6.2. ОТ ОПИСАНИЯ ПОЗИЦИЙ К ОПИСАНИЮ ПРОЦЕССА ИГРЫ

Описание деревьев игры в полуходах и ходах

Описание позиций в терминах возможностей развития цепочек различной длины исходит из динамики преобразования позиций и точно характеризует выбранный вариант «крестиков-ноликов» как стратегическую игру (см. 7.1). Поскольку описание характеризует все потенциально возможные трансформации всех цепочек, оно фиксирует свойства позиции как *информационного множества*, а каждую из «зон роста» — как один из *альтернативных способов преобразования позиции*.

Используя эти свойства описания, можно построить динамическое **индивидуальное** описание процесса игры в терминах ориентированного дерева, ветви которого представлены *полуходами* или *ходами* каждого из игроков (см. 7.4).

Организация полухода и хода отражает основные свойства стратегической игры, которым соответствует описание. Каждый полуход характеризует некоторую позицию S_i как информационное множество, которому поставлено в соответствие множество альтернативных возможностей ее преобразования в следующую позицию S_{i+1} , причем позиции S_i и S_{i+1} входят в множество очередности S . Такое описание характеризует процесс игры как чередование интервалов, на которых действует то один, то другой игрок, причем когда действует один, то другой оказывается за «горизонтом событий». Описание в полуходах позволяет достигать целей моделирования игр; усечение ветвей такого дерева дает возможность выбора наилучшего полухода (а также хода и ветви дерева игры). Но для описания структуры индивидуального опыта необходимо построение индивидуального протокола событий, в то время как игра, представленная в терминах полуходов, отображает лишь часть событий для каждого из игроков. На рисунке 2 можно видеть, что протоколу первого игрока (множество его ходов показано белыми стрелками) соответствуют пропуски в протоколе второго игрока (черные стрелки). Таким образом, индивидуальный протокол игры в терминах полуходов игры **неполон**. Дополнение

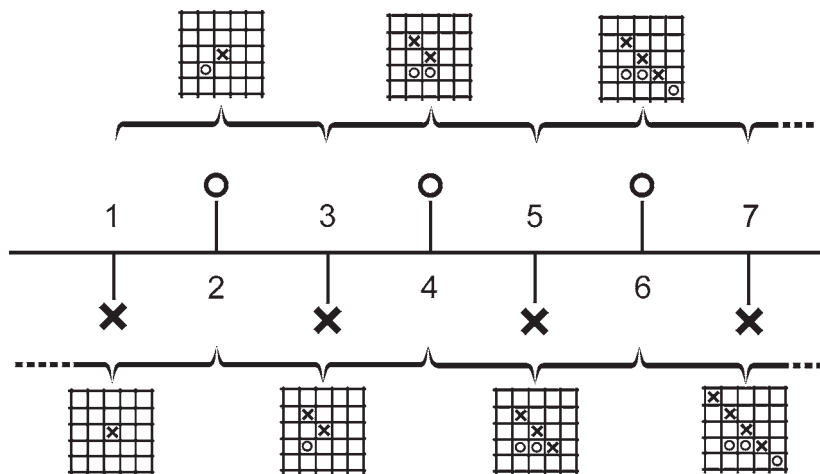


Рис. 8. Соотношение позиций, моментов постановки знака и ходов игры. На фрагментах доски 15×15 показана последовательность первых семи позиций в игре (та же игра, что на рисунке 6). Вертикальные отметки — моменты постановки знаков игроками (крестики — вниз, нолики — вверх). Цифры — порядок постановки знаков. Фигурные скобки отмечают интервалы ходов; снизу — ходы крестиков, сверху — ноликов

полухода описанием позиции, которая возникает в результате ответного хода противника, позволяет выделить **ход**.

На рисунке 8 показаны последовательности ходов крестиков и ноликов. Каждый ход описывают три последовательные позиции: начальная (результатирующая позиция предшествующего хода), преобразованная игроком (завершающая полуход) и затем преобразованная противником (начальная позиция для следующего хода). Пример числовой оценки этих составляющих хода даны в таблице 3. Следует обратить внимание на то, что ходы двух игроков сдвинуты относительно друг друга так, что позиция, преобразованная действием игрока, является начальной позицией хода его оппонента. Описания процесса игры для каждого игрока в ходах не содержат «пропусков», которые неизбежны при описании в полуходах.

Пример дерева игры, представленного в ходах игрока, играющего крестиками, показан на рисунке 9; это дерево описывает ту же самую игру, что и на рисунке 2 — в полуходах обоих игроков. Сравнение этих деревьев показывает, что индивидуальные протоколы при описании процесса игры в ходах не имеют пропусков. При таком описании выявляются ходы разной степени

Таблица 3

Описания ходов для крестиков и ноликов (первые пять позиций показаны графически на рис. 6)

Порядковый номер постановки знака (см. рис. 8)	Количество цепочек, которые возможно построить на следующем шаге игры								Описание изменения позиции								Тип хода для	
	длина возможных цепочек								изменение количества цепочек									
	для крестиков				для ноликов				для крестиков				для ноликов				X	0
	5	4	3	2	5	4	3	2	5	4	3	2	5	4	3	2		
									0	0	0	8	0	0	0	0	1	17
1	0	0	0	8	0	0	0	0										
									0	0	0	-1	0	0	0	7	2	18
2	0	0	0	7	0	0	0	7										
									0	0	2	4	0	0	0	0	5	19
3	0	0	2	11	0	0	0	7										
									0	0	0	-1	0	0	2	3	171	20
4	0	0	2	10	0	0	2	10										
									0	2	-2	5	0	0	-1	0	162	
5	0	2	0	15	0	0	1	10										
									0	-1	0	0	0	0	0	7	162	
6	0	1	0	15	0	0	1	17										
									1	-1	0	6	0	0	0	0	162	
7	1	0	0	21	0	0	1	17										
									-1	0	0	0	0	0	0	7	162	
8	0	0	0	21	0	0	1	24										
									0	0	4	-1	0	0	0	-1	162	
9	0	0	4	20	0	0	1	23										
									0	0	-1	0	0	1	-1	6		

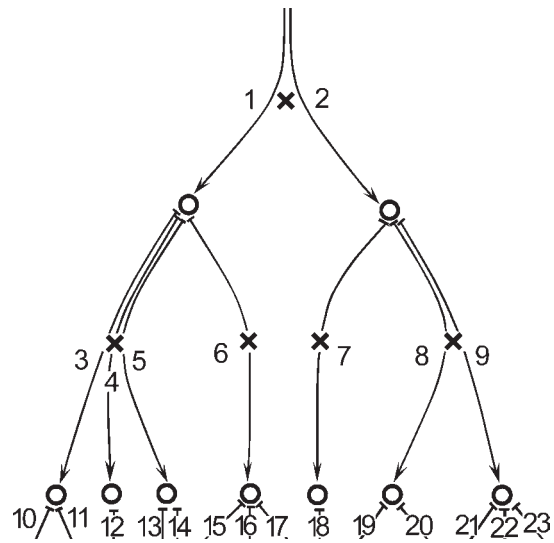


Рис. 9. Дерево игры, представленное в ходах игрока, играющего крестиками. Крестики и нолики — моменты постановки знака; стрелки — ходы; цифры — обозначения ходов

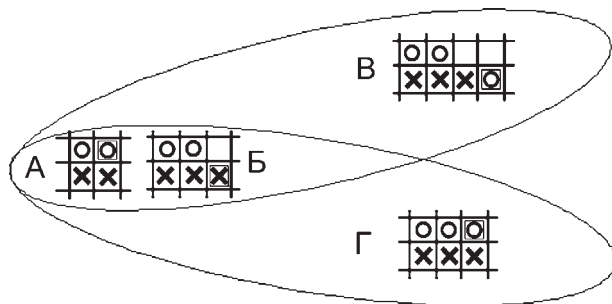


Рис. 10. Схема группы ходов, имеющих общую исходную позицию (А) и способ ее трансформации крестиками (Б), но различающихся по вариантам результирующей позиции, созданной ноликами (В и Г). Последние ходы на позициях обведены

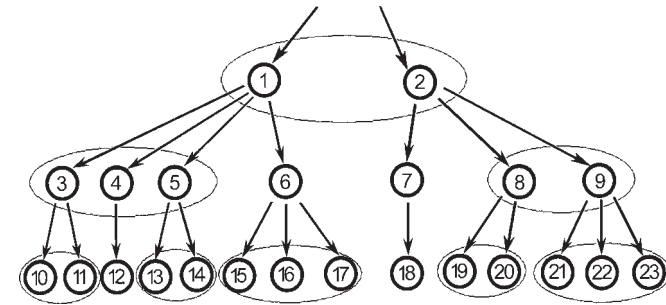


Рис. 11. Дерево игры для крестиков, представленное в терминах ходов и связей, показывающих их последовательность. Номера вершин дерева — обозначения ходов — как на рисунке 9. Овалами объединены группы ходов с общностью по исходной позиции и способу ее трансформации

общности: (1) имеющие сходство только по исходной позиции (например, ходы 5 и 6; 7 и 8 на рисунке 9), (2) сходные по исходной позиции и способу ее преобразования, различные только по результирующей позиции (ходы 1 и 2; 3, 4 и 5; 8 и 9; рисунок 9). Два хода игрока, играющего крестиками, имеющие такую общность, показаны на рисунке 10. Эти ходы представляют два варианта развития начала игры: крестики одинаково изменяют исходную позицию, но два варианта постановки знака игроком, играющим ноликами, создают различающиеся результирующие позиции, следовательно, два различных хода.

Дерево (то же, что на рисунке 9), представленное в терминах ходов игры (вершины дерева) и переходов от одного хода к другому (дуги), показано на рисунке 11. Исходные и результирующие позиции, способы их трансформации не даны в явной форме, они «свернуты» в описание конкретного хода. Следует обратить внимание на то, что ходы, показанные на рис. 9 полностью, представляют слой ходов 3–9 дерева на рисунке 11. Группы ходов, обладающих общностью по исходной позиции и способу ее трансформации, обведены овалами.

Таким образом, на разных основаниях можно построить различные деревья игры. Свойства этих деревьев можно сопоставить, сравнивая качественный состав информационных множеств, соответствующих вершинам этих деревьев (см. 7.1). Информационное множество в позиционных играх — это поэлементный состав позиции («элементам информационного множества ставятся во взаимно однозначное соответствие так называемые *ключи* — информационные элементы без внутренней структуры» (Евстигнеев, Касьянов,

1999, с. 97). Для всех видов дерева ключами являются *знаки* в определенных положениях на поле и их соотношения. Для дерева, показанного на рисунке 2, знаки характеризуют позиции, созданные игроком (результатирующие позиции полуходов), но это — *ключи* для противника, они — элементы множества, информационного для противника. Для деревьев, вершины которых представляют ходы (рисунки 9 и 11), информационные множества создаются ответным ходом противника (результатирующие позиции ходов) Это *ключи* для игрока, они несут информацию и для игрока, и для его противника, но их множество используется непосредственно как информационное игроком. Именно поэтому деревья, представленные в терминах ходов — индивидуальные деревья игры.

Упрощение описания хода

Описание хода, таким образом, должно включать численные оценки трех последовательных позиций в терминах возможностей роста цепочек различной длины. Поскольку преобразования позиции на протяжении хода осуществляются последовательно, то описание результирующей позиции можно заменить оценкой преобразования, совершенного игроком или его противником (см. табл. 3). Для идентификации хода нами использованы 3 числовых вектора, оценивающих для крестиков и ноликов: (1) исходную позицию, (2) ее изменение при постановке знака игроком, (3) позицию, полученную в результате постановки знака противником.

Последовательные позиции представляют собой компоненты *множества очередности* (см. 7.4), изменения в позициях фиксируются, и хотя могут элиминироваться (см. отрицательные величины в оценках изменения позиций в таблице 3), происходит их накопление. Для того чтобы проверить предположение об избыточности полного численного описания хода игры, оценивали: (1) связь количества возможностей развития цепочек различной длины с порядковым положением хода в игре; (2) независимость изменений оценок количества возможностей развития цепочек различной длины.

Например, если количество возможных двоек нарастает на протяжении игры и связано с номером хода, и при этом не проявляет связи с количеством возможных четверок и пятерок, то численное описание хода можно упростить, «округляя» двойки при некоторых условиях.

Для этих оценок использовали выборку оценок 574 позиций, зарегистрированных в 15 квазислучайно выбранных играх взрослых партнеров (мужчин и женщин 19-23 лет).

I. Для оценки связи увеличения количества возможных двоек, троек, четверок и пятерок с номером позиции в игре строили и сопоставляли линейные, квадратические, кубические и логарифмические регрессионные уравнения, связывающие эти величины.

Связь количества возможных цепочек из двух знаков наилучшим образом описывается логарифмическим регрессионным уравнением ($R^2 = .494$, $df = 574$, $F = 425.29$, $\rho < .0001$), а из трех знаков — линейным ($R^2 = .566$, $df = 574$, $F = 749.34$, $\rho < .0001$); диаграммы рассеяния для этих соотношений показаны на рисунках 12 и 13.

Хотя для количества цепочек из четырех и пяти знаков получена достоверная линейная связь с номером позиции в игре (для четверок: $R^2 = .293$, $df = 574$, $F = 237.80$, $\rho < .0001$; для пятерок: $R^2 = .051$, $df = 574$, $F = 30.59$, $\rho < .0001$), эти связи имеют качественно иной характер, чем для двоек и троек. На диаграммах рассеяния для двоек и троек облако точек группируется вокруг аппроксимирующей прямой и по верхней, и нижней его границе; увеличение количества цепочек происходит постепенно, с исчезновением нулевых и единичных значений (см. рисунки 12 и 13).

Диаграммы рассеяния, показывающие увеличение количества четверок и пятерок, имеют иную форму. Градиент нарастания для четверок непостоянен (рисунок 14), а для пятерок — сомнителен, поскольку аппроксимирующая прямая на протяжении облака не достигает даже единичного значения; это скорее *статистическая тенденция*, а не закономерное поступательное увеличение количества таких цепочек (рисунок 15). Таким образом, закономерности увеличения количества цепочек из четырех и пяти знаков иные (особенно для пяти), чем для двоек и троек.

II. Предполагали, что значения количества цепочек из двух, трех, четырех и пяти знаков в рамках позиции соотносятся как разряды в позиционном исчислении: определенное количество возможных двоек и троек приводит к возникновению возможности построения троек и четверок, соответственно, и т.д. Такая связь, даже статистическая, учитывает случайное возникновение высокого разряда при достижении низшим разрядом определенного значения (или пороговой величины), а также указывает на зависимый характер разрядов в таком гипотетическом исчислении.

В полную множественную регрессионную модель связи количества пятерок (зависимая переменная) с количествами четверок, троек и двоек (независимые переменные) с прохождением расчетной прямой через начало координат оценки для четверок и троек оказались незначимыми ($t = 1.77$, $\rho = .077$; $t = .71$, $\rho = .479$, соответственно), а для двоек — достоверны ($t = 2.127$, $\rho = .034$).

В модель количества четверок, как зависимой переменной, с высоким уровнем значимости вошли и тройки и четверки ($t = 7.57$, $\rho = 1.77 \cdot 10^{-13}$; $t = 3.88$, $\rho = .00012$, соответственно).

Наиболее тесная связь установлена для оценок троек (зависимая переменная) и двоек (независимая переменная): ($t = 45.10$, $\rho = 1.62 \cdot 10^{-181}$)

Таким образом, по отношению к пятеркам количество четверок и троек достигают критерия независимости, а количество двоек показывает достаточно

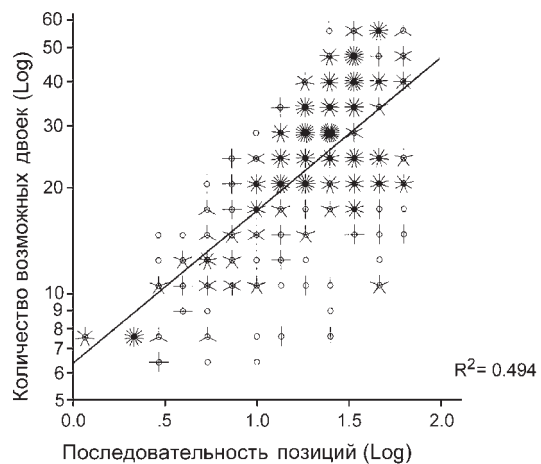


Рис. 12. Связь между количеством возможных цепочек из двух знаков и номером позиции в игре. Здесь и далее «лепестки» показывают количество объектов, совпадающих в данной точке

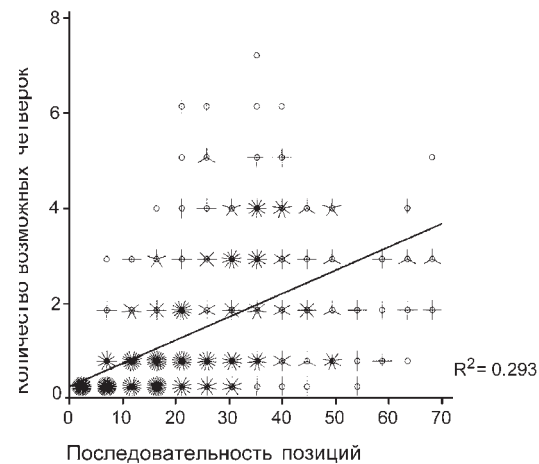


Рис. 14. Связь между количеством возможных цепочек из четырех знаков и номером позиции в игре

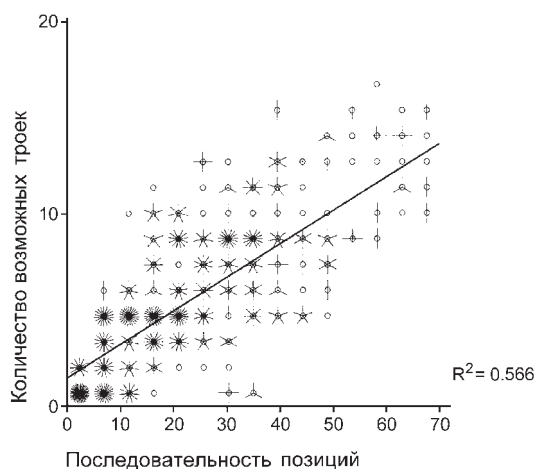


Рис. 13. Связь между количеством возможных цепочек из трех знаков и номером позиции в игре

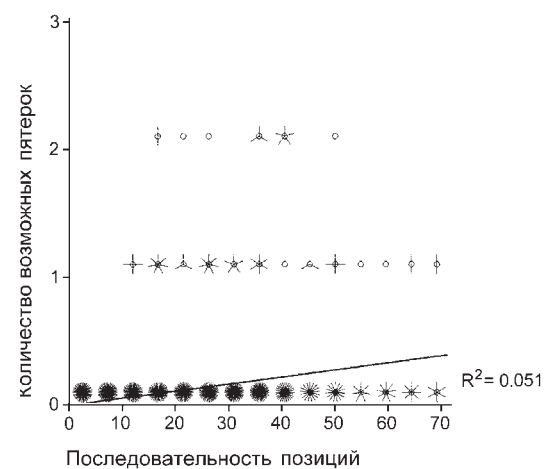


Рис. 15. Связь между количеством возможных цепочек из пяти знаков и номером позиции в игре

тесную связь с количеством пятерок. На основании приведенных оценок представляется возможным внести в численное описание позиций, а следовательно, и ходов, упрощение: в случае появления возможности построения хотя бы одной цепочки из пяти знаков, количество потенциальных двоек можно не принимать во внимание. Округление не касается наиболее вероятного приближения к выигрышу, а при устранении таких ситуаций противником описание «возвращается» к полной версии. Это — минимальное упрощение, однако его введение сократило количество типов ходов приблизительно вдвое, что позволяет дать достаточно детальное, но не избыточное, обобщенное описание ходов.

Заметим, что проведенная операция «округления» значений, описывающих позиции на игровом поле, хорошо соответствует понятию «огрубления структуры» (*coarsening of a structure*), обоснованному Э. Косиным (Cosyn, 2002), хотя методически эти процедуры выполнены различно.

Обобщенное дерево игры и индивидуальные деревья

Описание позиций через оценку *потенциала* развития цепочек различной длины изменяет содержательное представление информационных множеств: хотя такое описание воспроизводит некоторые особенности топологии позиций, в качестве ключей для игроков выступают не *положения знаков, составляющих позицию, а возможности ее преобразования*. Каждая из таких возможностей соответствует не статичной альтернативной позиции, а «дочернему» информационному множеству, элементы которого представляют динамику игры — *возможности дальнейших преобразований позиций*. Различие деревьев, описывающих процесс игры в полуходах и ходах, состоит в том, для кого из игроков позиция, представленная в данной вершине дерева, является информационным множеством (см. сопоставление в 7.6.2: «Описание деревьев игры в полуходах и ходах»), в остальном эти деревья, в основе которых лежит описание статики позиций, эквивалентны. Деревья игры, вершины которых — ходы, т.е. информационные множества, элементы которых соответствуют динамическим оценкам позиции, точно передают основные особенности позиционных игр (см. 7.1). Представляется, что такие деревья более полно описывают динамические свойства этого класса игр.

Простота игры в крестики-нолики по сравнению с шахматами, го и рэндзю (см. 7.2), открывает возможность полного перечисления возможностей (альтернатив) трансформации позиций. Обобщенное дерево игры, вершины которого содержат описание всех потенциальных альтернатив, содержит множество возможных индивидуальных деревьев, которые описывают игры конкретного игрока. Вершины такого дерева должны характеризовать возможности развития позиций и совершившиеся альтернативы их трансформации в актуальных играх. Переход от такого исчерпывающего дерева к актуальному — приближение к решению задачи *описания индивидуального прото-*

кола игры, формирования компетенции данного игрока. Представляется, что перечисление конкретных альтернатив развития позиции, реализованных определенным игроком, а также описание полной истории выбора тех или иных траекторий перемещения по дереву игры — способ решения этой задачи.

7.6.3. ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГРАФА, ОПИСЫВАЮЩЕГО ИГРУ

Задача состояла в том, чтобы установить основные характеристики графа, описывающего процесс игры, описать его основные структурные компоненты.

Предполагали, что: (1) вершины графа разделяются на подмножества по их отношению к началу, середине и концу игры (дебюту, миттельшпилью и эндшпилью), игре крестиками или ноликами, выигрышу и проигрышу; (2) на графе выделяются различные компоненты связности; (3) на множестве ребер графа выделяются подмножества ребер с различными свойствами.

Описание графа игры, основанное на численных оценках возможностей развития позиций, строили для шести участников исследования (5 мужчин и 1 женщины, возраст 21–36 лет), каждый из которых сыграл от 14 до 34 игр, длиной от 5 до 27 ходов (всего от 168 до 393 ходов). Согласно инструкции игра продолжалась до завершения непрерывной цепочки из пяти знаков (т.е. до этого момента нельзя было признать свое поражение и прекратить игру). Первый ход в последовательных играх делал то один, то другой игрок. Всего было проанализировано 2025 ходов.

Зафиксированные в протоколе последовательности координат знаков на игровом поле обрабатывали по специально подготовленным программам, строя на их основе описания *позиций*, затем — *ходов*. Классифицируя численные описания ходов, строили *типологию ходов* и перечисления ходов, составляющих *индивидуальный репертуар* для каждого игрока. Каждый тип хода характеризовали частотой встречаемости, моментом первого появления в индивидуальном репертуаре, положением в игре — расстоянием (в ходах) от начальной позиции до завершающей, отдельно — до выигрышной и до проигрышной, соотношением частот встречаемости в выигранных и проигранных играх, при игре крестиками и ноликами.

В каждой игре выделяли три этапа: «дебют» (первые три хода, для игрока крестиками — 6 знаков, ноликами — 7 знаков), «эндшпиль» (последние три хода игры, 6 знаков для выигравшего игрока, 7 — для проигравшего), ходы между дебютом и эндшпилем рассматривали как ходы «миттельшпиля». Эти интервалы были определены на основе результатов анализа геометрии расположения знаков в позициях (см. 7.5).

7.6.3.1. Структура графа игры

В качестве вершин графа рассматривали *типы ходов*; два хода, следующих непосредственно друг за другом, считали связанными дугой. Частоту встречаемости хода приписывали соответствующей вершине как ее вес; частоту перехода от хода к ходу (или вероятность перехода) — как вес дуги. Для удобства анализа к графу добавляли три «виртуальные» вершины, обозначающие выигрыш, проигрыш и «прерванную игру».

Так как ходы определенного типа, которые представляют вершины графа, могли встречаться на различном удалении от начальной и конечной вершин, в качестве расстояний на графе введены средние оценки номера хода в игре от начала и конца игры. Округление этих оценок до целых величин позволяет разбить множество вершин графа на подмножества с одинаковой удаленностью от корневых (или конечных) вершин. Эти подмножества представляют «уровни» графа. (Заметим, что уровни, упорядоченные по корневым и по конечным вершинам, будут различны).

Анализировали графы как для каждого из игроков, так и суммарный граф, объединяющий все индивидуальные графы. На выборке 2025 ходов было выделено 349 типов. Наибольшая частота встречаемости достигала 76 (4 типа ходов встречались чаще 60 раз), 216 типов встретились 1–2 раза. Таким образом, граф игры для этой группы игроков содержит 349 вершин с весами от 1 до 76.

На суммарном и индивидуальных графах выделяются две вершины, в которые не входит ни одна дуга. Эти вершины представляют первые акты игры крестиками или ноликами. Для крестиков из этой вершины исходит три дуги, а для ноликов — 8, причем эти множества альтернатив не пересекаются. Множества вершин следующего, третьего уровня дерева содержат 14 элементов для крестиков и 27 для ноликов, 8 из них — пересекаются. Далее объем множеств вершин возрастает до ~30 элементов для обоих игроков, объем пересечения множеств также увеличивается до ~15 элементов.

Граф имеет три выходных вершины, обозначающие исходы игры, определенные правилами: выигрыш, проигрыш и «прерванную игру». Количество прерванных игр (пять) недостаточно для анализа. С вершиной «выигрыш» непосредственно связано дугами 26 вершин, с «проигрышем» — 37; множества этих вершин не пересекаются. Предыдущий уровень графа (два хода до завершающей позиции) представлен 40 вершинами, связанными с выигрышем и 40 — с проигрышами, 9 из них общие, их них достижимы и выигрыш, и проигрыш. Эти соотношения воспроизводятся и на индивидуальных графах.

Таким образом, анализ суммарного и индивидуальных графов, показал, что для первых 4–5 уровней характерно интенсивное расширение графа, затем

расширение существенно замедляется, хотя эта тенденция сохраняется. На завершающих 4–5 уровнях происходит существенное сужение графа («фокусировка» на выходных вершинах), при этом возрастает специфичность наборов вершин по отношению к определенным исходам игр.

7.6.3.2. Распределение вершин графа (типов ходов)

по трем этапам игры

Сопоставляли состав вершин графа (типов ходов), встречавшихся в дебюте, миттельшпилье и эндшпилье. В дебюте отмечено 46, в миттельшпилье — 182, в эндшпилье — 162 типа ходов. Специфичность по отношению к дебюту проявили 7 типов ходов, к миттельшпилье — 30, к эндшпилье — 13 типов. Общими для дебюта и миттельшпиля были 7 типов ходов, миттельшпиля и эндшпиля — 58, для дебюта и эндшпиля — 13 типов. Семнадцать типов ходов встречались на всех трех этапах.

Для того чтобы сравнить количество типов ходов, специфичных и общих для этапов игры, отбирали типы ходов, которые встречались чаще, чем один раз. Количество типов ходов, встретившихся по одному разу, составило 12 (дебют), 70 (миттельшпиль) и 71 (эндшпиль). Сравнение этих количеств показало достаточно равномерное распределение по этапам ($\chi^2 = 4.81$; $\rho = .090$; $df = 2$). Доля типов ходов, строго специфичных для каждого из этапов, по сравнению с количеством типов, встречающихся на всех этапах игры, достоверно меньше для дебюта, чем для миттельшпиля ($\chi^2 = 6.32$; $\rho = .012$; $df = 1$); для миттельшпиля и эндшпиля различия в этом не найдено ($\chi^2 = .62$; $\rho = .43$; $df = 1$). Количество типов ходов, встречающихся на всех этапах игры, было максимальным в дебюте, по сравнению с миттельшпилем ($\chi^2 = 15.81$; $\rho = 6.9 \cdot 10^{-5}$; $df = 1$) и эндшпилем ($\chi^2 = 10.73$; $\rho = .001$; $df = 1$), для которых различия не найдено ($\chi^2 = .226$; $\rho = .636$; $df = 1$).

Взаимные перекрытия наборов вершин, отнесенных по критерию удаленности от входных и выходных вершин (начальной и окончательной позиции), показывают, что граф содержит обратные дуги и/или циклы (Евстигнеев, Касьянов, 1999, с. 141, 244). Эти составляющие структуры графа охватывают множество его уровней, хотя вершин дебюта, общих с миттельшпилем отмечено 7, а с эндшпилем — всего три.

Приведенные результаты показывают, что состав ходов для дебюта наименее специфичен, а специфичность наборов ходов возрастает к середине, сохраняясь до конца игры. С целью разграничения этапов игры для данного анализа использованы жесткие критерии в терминах номера акта. Эти критерии являются лишь некоторым обобщением результатов исследования устойчивых геометрических конфигураций расположения знаков (см. 7.5), которое

показало подвижность этих границ. Заметим, что, хотя границы этапов игры установлены не строго, использование этих критериев позволяет выявить некоторые их особенности.

7.6.3.3. Идентификация типа графа

Каждая игра пересекает весь граф от вершины входа до одного из исходов; последовательность ходов для конкретных игр представляет собой актуально реализованный маршрут на графе. Самый длинный из реализованных маршрутов проходит через 24 вершины (игрок АУ — крестики, противник ВВ, игра № 26):

1-2-5-256-48-136-107-257-12-127-111-168-111-11-36-125-227-59-14-36-14-125-14-69-«Выигрыш».

В приведенном маршруте выделяются четыре цикла (выделены курсивом, подчеркиванием, жирным шрифтом и сочетанием подчеркивания и жирного шрифта). Длины этих циклов — от 2 вершин (111, 14) до пяти (36) и шести (125). В других играх обнаружены также циклы, представленные обратной дугой к той же вершине.

Самый длинный простой путь (маршрут, в котором все вершины различны, т.е. не содержащий циклов) включает 21 вершину (игрок GV — крестики, противник GA, игра № 9):

1-2-5-171-172-173-174-12-142-175-133-160-6-176-177-178-179-180-14-29-93-«Проигрыш».

Кратчайший путь включает четыре вершины (игрок ВВ — нолики, противник GV, игра № 17):

17-88-79-106-«Проигрыш». Медиана длины таких путей — 11 вершин.

Таким образом, граф, описывающий множество конкретных игр, имеет более чем одну входную вершину, уровни графа содержат максимальное количество вершин в области середины пути от входов к выходным вершинам. Принципиально важно, что он содержит *обратные дуги и циклы*. Поэтому он не относится к классу деревьев, а является **ориентированным графом** («орграфом») (Евстигнеев, Касьянов, 1999; Харари, 1973).

Если бы структура графа представляла собой дерево в точном смысле этого термина (Евстигнеев, Касьянов, 1999, с. 65; Харари, 1973, с. 48–49), то отдельные игры соответствовали бы его ветвям, которые, пройдя бифуркации, больше не пересекались. Это важное свойство деревьев, которое заключается в том, что все вершины дерева (исключая корневую), делятся на непесекающиеся множества, каждое из которых само является деревом; т.е. компоненты дерева есть деревья. Поэтому разделившиеся ветви дерева не могут «срастись» серединами или концами. Заметим, что деревья игр обладают одной выходной вершиной, которая для одного игрока представляет

выигрыш, а для другого — проигрыш, причем предшествующие уровни дерева содержат более чем три вершины. Добавим, что в шахматах, например, правила допускают точные повторения позиций, хотя допустимое количество повторов ограничено. Это означает, что граф, описывающий шахматную игру, также потенциально содержит циклы. Поэтому представление графа игры как дерева, хотя и позволяет довольно эффективно решать задачу выбора оптимального хода, используя алгоритмы усечения ветвей, — чрезмерно упрощенное описание процесса игры.

7.6.4. СТРУКТУРА ГРАФА ИГРЫ

7.6.4.1. Степени вершин, ориентация дуг

Орграфы, построенные для индивидуальных игроков, содержали 141–144 вершины. В дебюте для вершин характерны более высокие величины полустепени исхода вершин, чем захода (например, вершина № 2 для различных игроков: количество случаев 14–16, 1 заходящая дуга, 4–7 исходящих). Для эндшпиля — более низкие степени исхода, чем захода (вершина № 45, игрок GA, $N = 21$, заходящих дуг 11, исходящих 7; № 33, игрок ВВ, $N = 7$, заходящих дуг 7, исходящих 5). Заметим, однако, что сокращение степеней исхода в конце игр происходит не так интенсивно (отмечена лишь тенденция к их снижению), как увеличение степеней захода на протяжении дебюта. В середине игр соотношение степеней захода и исхода может быть любым (вершина № 5, игрок GA, $N = 23$, заходящих дуг 11, исходящих 7; игрок GV, $N = 5$, заходящих дуг 8, исходящих 10). На этом этапе наблюдается как интенсивное увеличение количества степеней исхода (вершина № 8, игрок GA, $N = 11$, 1 заходящая дуга, исходящих — 6), так и их равенство (вершина № 29, игрок АУ, $N = 8$, заходящих дуг 5, исходящих — 5).

Значения медиан степеней исхода для дебюта миттельшпиля и эндшпиля составили соответственно 3, 6, 5.5, если исключить вершины с единичной частотой встречаемости, то 4, 8 и 7. Сопоставление количества степеней исхода для этих этапов с помощью медианного теста показало, что их минимум соответствует дебюту, а миттельшпиль и эндшпиль по этой характеристике не различаются (сравнение для дебюта и миттельшпиля: $\chi^2 = 28.46$, $df = 1$, $p = 1,6 \cdot 10^{-7}$; миттельшпиль и эндшпиль: $\chi^2 = 1.57$, $df = 1$, $p = .210$).

Вершины с наибольшей степенью (общее количество дуг, инцидентных вершине) характерны для миттельшпиля. Максимальные величины для разных испытуемых варьировали от 30 (вершина № 12, игрок GA, $N = 27$, заходящих дуг 11, исходящих — 19) до 21 (вершина № 36, игрок ВВ, $N = 14$,

заходящих дуг 9, исходящих — 12). Наибольшее количество вершин имеет единичные значения полустепеней захода и исхода (от 53 до 81 вершины у разных игроков). В большинстве случаев такие вершины имеют вес (частоту встречаемости), равный единице, хотя у четырех из шести испытуемых отмечены вершины с весом, большим, чем единица, но инцидентные одной дуге захода и одной — исхода.

Исходящие из вершин дуги могут быть и обратными, т.е. ориентированными «против движения по цепи» (Евстигнеев, Касьянов, 1999, с. 141), не к выходным вершинам, а к вершине входа, или не увеличивающими расстояние от вершины входа. Простейшие циклы — петли (дуга возвращается к той же вершине, откуда она исходит) найдены у всех игроков — от 1 до 13 случаев; циклы, включающие два типа вершин, также выделены на всех проанализированных орграфах — от 7 до 13 случаев. Если учитывать и более сложные циклы, то частота встречаемости таких структур варьирует от 13 до 19.

7.6.4.2. Связность графа, компоненты связности

Важное свойство орграфов — их связность. Орграф называется сильно связным, если любые две его вершины взаимно достижимы; он слабо связан, если любые две его вершины связаны полупутем (путь, который не обладает свойством ориентации) (Харари, 1973, с. 233). Поскольку циклы могут быть стянуты в отдельную вершину (см.: Евстигнеев, Касьянов, 1999, с. 52, 208), то рассматриваемые орграфы могут быть отнесены к классу слабо связных. Для таких орграфов не существует остова маршрута (ориентированного, содержащего все вершины графа). Это означает, что не существует такой единичной игры, в которой были бы актуально использованы все ходы, составляющие полный репертуар игрока; любая игра включает только некоторые подграфы.

По свойству связности, определенному через достижимость вершин (см.: Харари, 1973, с. 233), можно определить некоторые важные компоненты орграфа. *Сильными компонентами* орграфа называются максимальные сильные подграфы. К их числу можно отнести **циклы**. *Односторонние компоненты* — максимальные односторонние подграфы (в которых для любой пары вершин, по крайней мере, одна достижима из другой). К таким компонентам формально можно отнести последовательности вершин (маршруты) в каждой конкретной игре, однако, если использовать параметр «вес дуги» (частота использования дуги) и отобразить только повторяющиеся маршруты, то этому критерию соответствуют маршруты, содержащие 2–7 вершин. Такие маршруты могут содержать циклы (например, игрок GA, последовательность вершин 32-45-12-45-36-29, повторяющиеся вершины подчеркнуты), или могут не содержать циклов, т.е. представляют собой *пути* (игрок GV, последователь-

ность вершин 1-2-79-140-10-172-202). Такие повторяющиеся маршруты встречаются у всех игроков. На индивидуальных орграфах количество последовательностей, не включающих циклов (путей), составляет 18–21, максимальная длина у отдельных игроков — от 4 до 7 вершин; с включением циклов (маршрутов) — от 11 до 18, длина которых достигает от 3 до 6 вершин.

Другое понимание связности графов вводится через наименьшее число вершин, удаление которых приводит к несвязному графу (вершинная связность), или наименьшее число ребер, удаление которых приводит к таким последствиям (реберная связность) (Харари, 1973, с. 60). Заметим, что в процессе игры, при формировании компетенции, увеличение количества вершин в графе ведет к потенциальному снижению связности, а увеличение степени вершин — к ее росту. Проведенный анализ степеней, а также разнообразия вершин на разных уровнях орграфа позволяет предположить, что его связность может быть легче разрушена на первых уровнях, описывающих дебют, чем на уровнях, соответствующих миттельшпилю, удаленных от входных и выходных вершин. Циклы, как сильные компоненты орграфа, характерны именно для этих уровней графа.

Вершины одного уровня в графе могут быть разделены на два класса: имеющие общую предковую вершину (вершины-«братья») или не имеющие ее («соседние» вершины) (Евстигнеев, Касьянов, 1999, с. 25, 204). Именно соседние вершины соответствуют подмножествам вершин, в число потомков которых входят только некоторые выходные вершины (либо «выигрыш», либо «проигрыш», либо «прерванная игра»).

Особое положение на орграфе по отношению к связности занимают множества вершин, достижимые только из входной вершины для игры крестиками/ноликами (первый ход крестиками или ноликами), или множества вершин, из которых достижима вершина «выигрыш»/«проигрыш», а также множества вершин, определяемых по контрасту (неспецифичных по отношению к первым двум). Вершины, принадлежащие множествам, контрастирующим по их специфике, недостижимы друг для друга и поэтому, возможно, эти множества представляют собой слабо связанные подграфы. Удаление вершин из множества неспецифичных должно приводить к увеличению количества компонент связности, поэтому эти множества, неспецифичные по отношению к игре крестиками/ноликами или к выигрышу/проигрышу, либо сами являются сечением орграфа, либо содержат сечение как подмножество (Евстигнеев, Касьянов, 1999, с. 194).

Другой тип компонентов орграфа — множества вершин, представляющие группы ходов, идентичные по начальной позиции и по ее преобразованию игроком и различающиеся по позиции, созданной ответным действием противника (см. рисунок 10). Формирование такой группы можно описать как «*расщепление вершины*» — преобразование орграфа, «при котором некоторая вершина

ρ , не являющаяся ни начальной, ни конечной и не имеющая петли, заменяется на r экземпляров по одному для каждой из r заходящих в ρ дуг» (Евстигнеев, Касьянов, 1999, с. 181). В проанализированных орграфах эти группы включают до 5 экземпляров. Такие группы как компоненты орграфа демонстрируют вариант его развития, отличный от добавления новой вершины как отображения нового хода, или новой дуги как изменения последовательности ходов, сформированных ранее.

Приведенные оценки свойств орграфа, вершины которого представляют ходы, а дуги — переходы от одного хода к другому, его организации в терминах степеней вершин, маршрутов и путей на орграфе, связности, таких его компонентов, как циклы, устойчивые пути, формирования групп вершин за счет расщепления вершин, позволяют заключить, что орграф представляет собой сложную сеть («сплетение») (Евстигнеев, Касьянов, 1999, с. 205).

7.6.4.3. Отношения

Анализ переходов от вершин одного к вершинам другого уровня орграфа показал, что для вершин-предшественников множества дочерних вершин, представляющих альтернативные ходы, могут быть изолированными или пересекаться, причем в нескольких множествах. На рисунке 16 а показаны три множества дочерних вершин, два из которых (A и B) пересекаются, а одно (C) — изолировано. В результате пересечения образовались три подмножества, два из которых (α и γ) представляют собой разности множеств A и B , а подмножество β — собственно пересечение этих множеств, их конъюнкция. Семейство подмножеств α и γ является дизъюнктивным, так как элементы этого семейства попарно не пересекаются.

Элементы подмножеств множеств α , β и γ в ситуации выбора альтернативы (рисунк 16, б) соотносятся следующим образом: элементы 6 и 7 являются актуальными, независимо от своего вхождения в один набор с альтернативами 4 и 5 или 8, 9 и 10. Альтернативы 4 и 5 никогда не конкурируют с альтернативами 8, 9 и 10 из дизъюнктивного по отношению к ним подмножества γ . Симметрично, альтернативы 8, 9 и 10 не встречаются в одном наборе с альтернативами 4 и 5. Группы альтернатив, входящих в подмножества α и β могут составлять или не составлять единый набор для выбора; таковы же соотношения между подмножествами β и γ . Элементы, образующие каждое из подмножеств (α , β и γ), неизбежно составляют единые наборы альтернатив выбора хода. Таким образом, отношения для любой пары элементов пересекающихся множеств A и B , можно обозначить логическими операторами AND, XOR (исключительное ИЛИ; eXclusive OR) и IOR (неисключительное ИЛИ; Inclusive OR).

Отношение AND обозначает обязательное совместное включение вершин в множество альтернатив, на котором совершается выбор хода. Отноше-

ние XOR отражает невозможность для пары элементов одновременного вхождения в один набор альтернатив; IOR — допускает как совместное участие в наборе альтернатив (сходно с отношением AND), так и включение в такой набор только одной альтернативы их пары, связанной таким отношением (сходно с XOR).

На рисунке 17 показаны отношения между вершинами, составляющими один уровень графа (того же, что на рисунке 16, а). Отношения AND связывают вершины, которые входят в неразделенные части множеств (4 и 5; 6 и 7; 8, 9 и 10) и в множество, не имеющее общих подмножеств с другими (вершины 11 и 12). Отношение IOR попарно связывает вершины, составляющие подмножества, образованные при пересечении множеств вершин (например, вершины 5 и 6; 6 и 10), но не вершины внутри каждого из этих подмножеств (нет отношения IOR между вершинами 6 и 7) и не вершины из непересекающихся подмножеств (например, между любой из вершин 4, 5, ..., 11 с вершинами 11 и 12). Каждая из пары вершин, которые находятся в отношении XOR, принадлежат к различным дизъюнктивным подмножествам пересекающихся

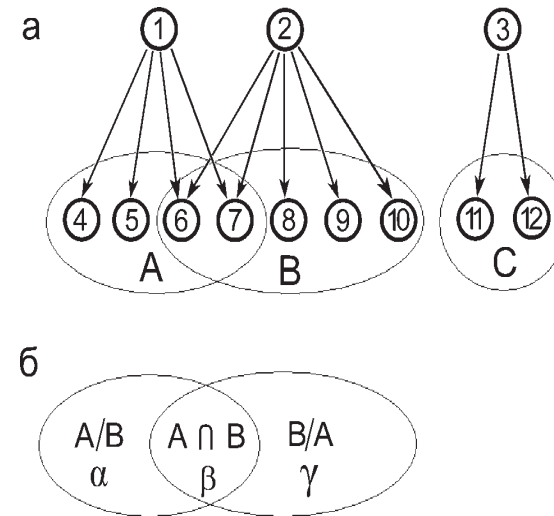


Рис. 16. Соотношения множеств дочерних вершин, представляющих альтернативные исходы для различных позиций, где а: 1, 2, 3 — предковые вершины, 4 ... 12 — дочерние вершины; овалы A , B и C очерчивают множества A , B и C , содержащие альтернативы для каждой исходной позиции; б: подмножества α , β и γ , образовавшиеся при пересечении множеств A и B

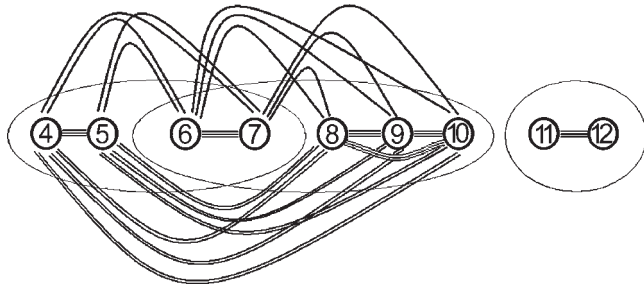


Рис. 17. Схема отношений, определенных на множестве вершин орграфа. Отношения показаны для вершин, включенных в множества A , B и C на рисунке 16, а (обозначения вершин те же). Отношения AND обозначены тонкими тройными горизонтальными линиями; XOR — двойными линиями (на нижней части схемы); IOR — толстыми одинарными линиями (в верхней части рисунка)

множеств (например, пары вершин 4 и 8; 4 и 9; 4 и 10). Этот вид отношений не связывает вершины из дизъюнктивных подмножеств конъюнктивного (нет отношения XOR между вершинами 4 и 6), а также вершины из непересекающихся множеств (например, нет связи между вершинами 4 и 11).

Более формальное определение этих отношений:

- два типа ходов (представляющие их вершины орграфа) находятся в отношении типа **AND** в том и только в том случае, если они всегда принадлежат одному подмножеству (не разделенному на подмножества) совокупности исходящих вершин графа переходов, т. е. A и B находятся в отношении $AND \leftrightarrow \forall \{A, B\} \subset \{S_i \mid S_i \in \Omega\}$, где Ω — совокупность множеств исходящих вершин (S_i);
- два типа ходов находятся в отношении типа **XOR** в том и только в том случае, если они (1) входят в пересекающиеся множества вершин графа переходов, исходящих из разных предковых вершин и (2) никогда не входят в пересечение множеств вершин, дочерних для разных предковых вершин, т.е. A и B находятся в отношении $XOR \leftrightarrow \forall A \in S_i, B \in S_j, S_i \ll S_j$, где $S_{i,j}$ — множества исходящих вершин;
- два типа ходов находятся в отношении типа **IOR** в том и только в том случае, если они (1) входят в пересекающиеся множества вершин графа переходов, исходящих из разных предковых вершин, и (2) никогда не входят в одно и то же подмножество, образованное пере-

сечением множеств вершин, дочерних для разных предковых вершин, т.е. A и B находятся в отношении $IOR \leftrightarrow \forall A \in S_i, B \in S_j, \exists (S_i \ll S_j) \wedge \exists (S_i = S_j)$ где $S_{i,j}$ — множества исходящих вершин.

Свойства этих отношений могут быть охарактеризованы в терминах транзитивности¹ (нетранзитивности, антитранзитивности), рефлексивности² (нерефлексивности, антирефлексивности), симметричности³ (несимметричности, антисимметричности) (Осипов, 1997, с. 32; см. также 3.2.3). Отношение AND транзитивно, рефлексивно и антисимметрично, отношение с такими свойствами отличается от отношения эквивалентности *антисимметрией* (Герман, 1995, с. 218); в классификации Г.С. Осипова ему соответствует комитативная связь « X сопровождается Y » (Осипов, 1997, с. 52). Точный аналог отношения XOR (там же, с. 54) — негативная связь « X отрицает Y ». Эти отношения обладают одинаковыми свойствами: они нетранзитивны, антирефлексивны и симметричны. Отношению IOR можно поставить в соответствие модально-комитативную связь « X может сопровождаться Y » (там же, с. 53). Это соответствие основывается на совпадении свойств нетранзитивности, рефлексивности, несимметричности.

Транзитивность отношения AND можно видеть на рис 17: это отношение охватывает всю группу вершин 8, 9 и 10. Напротив, отношение XOR нетранзитивно: вершина 8 XOR 4, 4 XOR 9, но вершина 9 связана с вершиной 8 отношением AND.

¹ Отношение R , определенное на множестве S , называют *транзитивным*, если для любых a, b и c , принадлежащих R , из aRb и bRc следует aRc , и *нетранзитивным* в противном случае. Отношение *антитранзитивно*, если из aRb и bRc следует, что aRc не имеет места (Осипов, 1997, с. 52 и 55). Пример транзитивного отношения — «сопровождать», нетранзитивного — «быть орудием для», антитранзитивного — «порождать».

² Отношение R *рефлексивно* в области его определения, если для любого a из области определения имеет место aRa , и *нерефлексивным* в противном случае. Если ни для какого a из области определения не имеет места aRa , то *нерефлексивное* отношение R будем называть *антирефлексивным* (Осипов, 1997, с. 52). Пример рефлексивного отношения — «быть связанным с», *нерефлексивного* — «выполняться посредством», *антирефлексивного* — «быть потомком».

³ Отношение R , определенное на множестве S , называют *симметричным*, если для любых a и b из $a R b$ следует bRa (например, отношения равенства или эквивалентности). Отношение R *антисимметрично*, если из $a R b$ при $a \neq b$ следует отрицание bRa ($\neg bRa$) (Евстигнеев, Касьянов, 1999, с. 13, 197; Прохоров, 1988, с. 541). В иных случаях отношение R называют *несимметричным* (Осипов, 1997, с. 52). Корреляция, эквивалентность, равенство — примеры симметричных отношений. Отношение «выполнять посредством» — несимметрично, «быть тождественным» — антисимметрично.

7.6.4.4. Граф отношений AND, XOR и IOR

Количество отношений AND, XOR и IOR, количество вершин, связанных ими, объем групп вершин, образованных этими отношениями, оценивали для состояния графа у каждого игрока после 256 ходов, сделанных каждым из них, — чтобы уравнивать интервал формирования компетенции. Эти графы содержали 108–119 вершин (типов ходов); 90–108 из них были связаны какими-либо типами этих отношений, 9–18 вершин были изолированными. Количественные характеристики отношений этих типов показаны в табл. 4.

Приведенные оценки показывают, что на каждом индивидуальном графе игры выделяются взаимно не перекрывающиеся группы вершин, которые связаны, по крайней мере, одним из типов отношений, но преимущественно — отношениями всех трех типов (как это показано на схеме отношений: рисунок 17). Таких групп, между которыми отношений этих типов не установлено, у каждого игрока существует 8–9, с максимальным объемом 32–40 вершин. Каждая такая группа представляет собой перекрытие нескольких множеств вершин (определенных по общей предковой вершине, см. рисунок 16, а); максимальное количество перекрывающихся множеств 23–34.

Важно отметить, что, поскольку вершины, связанные отношениями и составляющие по этому свойству группы, определяются по наборам предковых вершин, которые могут быть специфичны для игр крестиками/или ноликами, выигрышных или проигрышных игр, то и группы этих вершин проявляют преимущественную связь с какими-либо из перечисленных характеристик игр. Так, для групп, в которые входят вершины, относящиеся к началу игр (дебюта), характерна связь с игрой крестиками/ноликами, для окончания (эндшпиля) — с выигрышами/проигрышами.

Таблица 4.

Характеристики отношений между вершинами графа игры

Характеристики отношений	Тип отношений		
	AND	XOR	IOR
Количество вершин, связанных отношением	25–34	63–92	86–95
Максимальный объем групп, связанных отношением	3–15	20–29	24–37
Общее количество отношений	41–67	220–410	595–802

Множество вершин, обозначающих ходы, и ребер, означающих отношения AND, XOR и IOR между ходами, представляет собой неориентированный граф. Неориентированность следует из алгебраических свойств этих отношений. Граф несвязен, он представлен изолированными друг от друга компонентами связности (Евстигнеев, Касьянов, 1999, с. 107), которые могут быть как сильно, так и слабо связными. Эти компоненты связности содержат вершины, принадлежащие к одному уровню, т.е. равноотстоящие от входной вершины орграфа, однако, если учесть, что уровни, упорядоченные по корневым и конечным вершинам, различаются, то в отношении к целому орграфу компоненты связности неориентированного графа представляют несколько уровней.

7.6.4.5. Граф отношений следования

Следует заметить, что дуги орграфа, обозначающие переходы от ходов одного типа к другим, являются также отображением отношений между вершинами (ходами). Это отношение можно обозначить как *отношение следования*. На основании свойств дуг ориентированного графа [Харари, 1973], можно утверждать, что отношение следования нетранзитивно, нерефлексивно, несимметрично. Из списка отношений, данного Г.С. Осиповым, наиболее полно отношению следования соответствует каузальная связь « X вызывает Y », которая, однако, отличается от отношения следования тем, что она транзитивна. Отношение следования на ориентированном графе не обладает свойством транзитивности, поскольку из существования дуг (a, b) и (b, c) не следует актуального существования дуги (a, c) . Отношение следования может обладать свойством транзитивности лишь в особых орграфах, например, типа «транзитивной тройки» [Харари, 1973, с. 241]. Заметим, что этими свойствами не обладал ни один из проанализированных нами индивидуальных орграфов.

7.6.4.6. Граф игры

Сопоставление характеристик орграфа и неориентированного графа отношений показывает, что множества их вершин идентичны, а дуги орграфа и ребра неориентированного графа представляют отношения между вершинами (ходами). Все рассмотренные свойства игры могут быть описаны единым графом игры, множество вершин которого — типы ходов, а множество ребер представлено подмножествами различных отношений, поэтому часть ребер ориентировано (является дугами), а часть — нет. Граф игры является пересечением двух графов (Евстигнеев, Касьянов, 1999, с. 151): орграфа, отображающего *отношения следования* между вершинами, и неориентированного графа, отображающего *отношения AND, XOR и IOR* между вершинами. Эти графы, пересечение которых порождает граф игры, дополнены по отношению друг

к другу: один из них (орграф) ориентирован, он описывает в терминах типов ходов порядок преобразования позиций от начальной к заключительной, это «диахронический» граф; другой (неориентированный граф) описывает не последовательность преобразований, а синхроническое соотношение альтернативных вариантов этих преобразований, выделяя группы обязательных конкурентов, а также накладывая запреты на конкуренцию некоторых альтернатив и их групп.

Важное свойство графа игры состоит в том, что множество его ребер разделено на подмножества ребер, различающихся по свойствам, поскольку они представляют разные типы отношений. На основании этого свойства граф игры может быть отнесен к классу *неоднородных сетей* (Осипов, 1997).

Граф игры существенно отличается от «дерева игры». Он обладает более сложной структурой: дерево игры имеет одну входную вершину (первая позиция в игре) и одну выходную (она представляет собой выигрыш для одного игрока и проигрыш — для другого), только один тип дуг, не имеет компонент связности, кроме путей, представляющих различные игры. Граф игры имеет две входных и две выходных вершины (если определена ничья, то — три), по крайней мере, четыре типа ребер, несколько типов компонент связности.

О.К. Тихомиров специально рассмотрел ограничения представления игр с помощью дерева (Тихомиров, 1969, с. 192-194), которое описывает ход игры в терминах позиций (точнее экспертных оценок ценности позиций). Рассмотрим некоторые из них. *Первый недостаток*, имеющий важнейшее значение, состоит в том, что «в «дереве игры» не отражаются взаимодействия между элементами, не носящими характер конкретного хода (например, между фигурами одного цвета)... Такого рода взаимодействия содержат как бы потенциальные ходы, которые могут осуществляться при возникновении определенных условий». Граф игры, рассмотренный нами, фиксирует и такие потенциальные взаимодействия между компонентами позиций, во первых, за счет количественной оценки позиций, на которой основано формальное описание ходов (вершин графа), а во вторых — в терминах отношений между ходами (вершинами графа), которые определяют соотношение между альтернативными ходами, в том числе и потенциальными.

Второй недостаток, выделенный О.К. Тихомировым: «... «в дереве игры» отражается лишь результат подготовительной работы», а формирование замысла попытки, невербализованные смыслы элементов позиции, остается за его пределами. Действительно, граф игры не содержит таких составляющих, которые могли бы дать информацию о точной предыстории определенного решения. Граф игры может фиксировать некоторые особенности подготовки ходов; поскольку он может быть рассмотрен как *семантическая* неоднородная сеть, то возможно предположить, что некоторым смысловым связям (вербализованным или невербализованным) могут быть поставлены в соответствие какие-либо характеристики сети или составляющих описания ходов.

О.К. Тихомиров замечает: «То, что вообще не рассматривал испытуемый, естественно, отсутствует в «дереве игры»». Некоторые из компонентов позиций, которые игроки не рассматривают, могут быть представлены в характеристиках графа игры, например, кратчайшие пути к окончательной позиции, маршруты, ведущие к улучшению позиции, могут складываться как пересечение ранее реализованных маршрутов; кроме того, возможно построение совокупного графа игры, общего для некоторой группы игроков, на котором возможно выделение потенциальных вариантов развития игры, еще не реализованных ни одним игроком из этой группы.

Разумеется, некоторые характеристики и составляющие активности игрока принципиально находятся за пределами графа игры — это поисковая активность, выраженная, например, в движениях глаз и рук, вербальная активность. Важный вопрос состоит в том, могут ли характеристики графа игры быть поставлены в соответствие этим составляющим активности игрока.

Наиболее радикальные отличия графа игры от дерева игры состоят, в том, что: (1) вершины графа представляют не *оценки ценности позиций*, а типы ходов — свернутые описания динамики преобразования позиций, конкретных взаимодействий игрока с предметной областью; (2) граф игры содержит не только некоторые возможные переходы от позиции к позиции (как дерево игры), а множество отношений между ходами как альтернативными вариантами взаимодействия с предметной областью, включая отношения следования (определяющее порядок перехода от хода к ходу), AND, XOR и IOR, которые очерчивают группы альтернативных ходов и накладывают запреты на совмещение (конкуренцию) некоторых альтернатив,

ГЛАВА 8

ОТ ГРАФА ИГРЫ К СТРУКТУРЕ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ЗНАНИЯ

8.0. ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ ГИПОТЕЗЫ

Три типа графов, с помощью которых можно представить позиционную игру (см. гл. 7), радикально различаются по способам ее описания и в том, как они характеризуют соотношение индивида и предметной области. Граф (дерево), вершины которого — *позиции*, описанные в терминах экспертных оценок ценностей (см. 7.4), представляет **собственно предметную область** в ее трансформациях из начальной позиции в окончательные. При этом предметная область понимается так, как это принято в области искусственного интеллекта (ИИ) — как «совокупность реальных или абстрактных объектов (сущностей), связей и отношения между этими объектами, а также процедур преобразования этих объектов при решении задач, возникающих в предметной области» (Аверкин, Гаазе-Рапопорт, Поспелов, 1992, с. 54). Противник или даже оба игрока представлены в этой схеме через последовательную смену ходов. Граф (дерево), построенный в терминах *полуходов* (см. 7.4, рисунок 2), характеризует процесс игры как последовательность **действий** игроков, преобразующих предметную область. Граф игры, вершины которого — *ходы игры* (7.6.2, рисунки 9–11), представляет последовательность **взаимодействий** игрока с предметной областью, каждое из которых учитывает также и взаимодействие с партнером. Ход игры описывает **взаимодействие**, поскольку включает не

только характеристики исходной позиции и ее преобразование игроком (что собственно является описанием полухода), но и результаты преобразования позиции партнером (что эксплицитно характеризует межиндивидуальное взаимодействие).

Представление о взаимодействии — одно из основных в системно-эволюционном подходе (см. 1.2, 5.3, 5.4). В дефинитивном поведении взаимодействие индивида с предметной областью реализуется как поведенческий акт в результате актуализации модели данного взаимодействия, которая фиксируется в структуре индивидуального опыта (СИО) как компонент этой структуры. Описание компонента СИО как модели взаимодействия и как функциональной системы эквивалентны (см. 2.4, 2.6). Эти положения устанавливают соответствие между определенными поведенческими актами и компонентами СИО, так что о компонентном составе СИО можно судить по индивидуальному репертуару поведенческих актов. Соответствие между компонентами СИО и поведенческими актами было верифицировано в многочисленных исследованиях с использованием широкого спектра методических приемов (Александров, 2003, 2004а; Александров, Греченко, Гаврилов и др., 1997; Горкин, Шевченко, 1990; Швырков, 1988; см. 5.3 и 5.4).

Ход игры по всем характеристикам точно соответствует всем критериям, выработанным для идентификации поведенческих актов в континууме поведения. Это интервал между двумя последовательными результатами поведения: именно достижение результата позволяет перейти к следующему акту, в случае игры — совершить выбор из альтернатив, которые допускает информационное множество (см. 7.1). Ход игры, как и поведенческий акт, идентифицируется по ситуации, в которой возможна его инициация, его операциональному содержанию (преобразования исходной ситуации) и достигаемому результату (Швырков, 1995).

Основываясь на рассмотрении хода как поведенческого акта, как акта игры, а также на гомоморфном отношении между репертуаром поведенческих актов и компонентным составом СИО, можно сформулировать систему гипотез о соответствии между составляющими графа игры и структурой индивидуального знания (СИЗ) в предметной области игры в крестики-нолики на поле 15×15.

Гипотеза 1. *О существовании актов игры.* Если ход игры эквивалентен поведенческому акту, то и процессы их мозгового обеспечения неразличимы. Предположение об их эквивалентности должно быть отвергнуто, если конфигурация медленного электрического потенциала мозга, сопровождающего **акт игры**, отличается от потенциала универсальной конфигурации, соответствующего реализации и смене последовательных поведенческих актов (Максимова, Александров, 1987).

Гипотеза 2. *О существовании компонентов СИЗ и фиксации моделей взаимодействий в компонентах СИЗ.* Если модели взаимодействий

индивида с предметной областью (игра крестики-нолики) фиксируются как компоненты СИЗ, и реализация соответствующих им актов игры обеспечивается актуализацией этих компонентов (см. 1.2, 5.3 и 5.4), то частота встречаемости акта игры определенного типа должна быть связана с тем, ведет он к улучшению или ухудшению положения игрока в игре. Гипотеза может быть отвергнута, если такой связи нет, или акты игры, ухудшающие положение, встречаются чаще, чем улучшающие.

Гипотеза 3. *О характеристиках ситуации выбора хода.* Информационному множеству соответствует набор компонентов СИЗ, связанных определенными отношениями; эти компоненты представляют определенные типы актов игры — альтернативные варианты развития позиции.

3.1. *О свойствах информационного множества.* Если информационное множество фиксируется в СИЗ как набор компонентов, связанных отношениями, фиксирующими положение компонентов в целостной структуре, а значит, и их соотношение с возможными исходами игры (включённость в определенные компоненты связности графа), то оценка игроком возможностей исхода игры должна соответствовать формальной оценке набора актуализированных компонентов СИЗ. Из этого предположения следует, что при признании игроком поражения, независимо от того, сколько ходов остается совершить до формального окончания игры, информационное множество не должно содержать альтернатив, допускающих будущий выигрыш. Если такой связи не выявится, между описанием игры в терминах графа и СИЗ нет гомоморфного отношения.

3.2. *О составе наборов компонентов СИЗ, соответствующих альтернативным актам игры.* Набор альтернативных актов игры, проявляющийся в характеристиках поведения при выборе хода, должен соответствовать подмножеству дуг орграфа, исходящих из данной вершины. Если это соотношение не соблюдается, то состав альтернатив выбора хода не соответствует графу игры.

3.3. *О временной организации актуализации компонентов СИЗ.* Если набор компонентов СИЗ, соответствующих альтернативным актам игры, актуализируется одновременно, то энтропийная оценка весов (вероятностей) дуг, исходящих из данной вершины, представляющей информационное множество, должна быть связана с временем выбора хода более тесно, чем количество дуг. В противном случае правдоподобна гипотеза о последовательной актуализации компонентов СИЗ (что противоречит гипотезе 3.2).

3.4. *О соотношении вероятности выбора альтернативных актов игры.* Если отношения между компонентами СИЗ входят в число факторов, определяющих вероятность выбора альтернатив, то при условии постоянства отношений между представляющими эти альтернативы компонентами, соотношение вероятностей выбора альтернатив должно подчиняться аксиоме Люса:

если T есть множество, содержащее альтернативы x и y , отношение частот, с которыми выбираются x и y , не зависит от того, какие еще элементы и в каком количестве содержатся в T (Аткинсон, Бауэр, Кротерс, 1969, с. 183—184). Если соотношение частот выбора альтернативных актов игры не соответствует аксиоме Люса, то компоненты СИЗ, представляющие альтернативные акты игры, актуализируются не одновременно, а последовательно, и/или вероятности их выбора не связаны с отношениями между ними.

Гипотеза 4. *О различии ситуации выбора альтернативных актов на разных стадиях игры.* Если ветвление графа игры (полустепени исхода вершин, см. 7.6.3.1) характеризуют ситуацию выбора хода, то временные характеристики для этапов игры (дебюта, миттельшпиля и эндшпиля) должны различаться так, что минимальное время выбора соответствует дебюту, иначе характеристики информационных множеств и наборов альтернатив не соответствуют графу игры.

Гипотеза 5. *О соответствии составляющих СИЗ компонентам связности графа игры.*

5.1. *Об изолированных компонентах связности* (см. 7.6.4.4). Если группы компонентов СИЗ, образованные отношениями AND, XOR и IOR, существуют, то характеристики актуализации компонентов, включенных в эти группы и не имеющих отношений таких типов с другими компонентами (изолированных), должны различаться. Это различие должно проявиться в величинах времени выбора хода для связных и изолированных компонентов, а также в сопряженности между временем выбора хода и количеством отношений, связывающих данный компонент СИЗ с другими. Если такие различия и сопряженности не выявятся, то изолированным компонентам связности графа игры нельзя поставить в соответствие группы компонентов СИЗ, образованные отношениями AND, XOR и IOR.

5.2. *Об отношении следования.* Появление нового перехода между существующими вершинами изменяет время выбора на множестве альтернатив. Эта связь также может указывать на соответствие между весом дуги орграфа и свойством отношения следования, которое можно обозначить как «сила отношения». Отсутствие такой связи ведет к отвержению гипотезы о соответствии между дугами орграфа и предполагаемым отношением следования между компонентами СИЗ.

5.3. *О существовании групп компонентов, соответствующих устойчивым маршрутам на графе игры* (см. 7.6.4.2). Если такие группы компонентов существуют, то должна наблюдаться связь времени выбора с количеством устойчивых маршрутов, в которые включены компоненты СИЗ, представляющие альтернативы выбора, а также с их длиной, поскольку это означает, что компоненты, соответствующие вершинам-предшественникам и потомкам, являются факторами выбора хода (принятия решения). Иначе

маршрутам на графе следует ставить в соответствие не группы связности компонентов СИЗ, а вероятность реализации определенной последовательности актов (и актуализации соответствующих им компонентов) или приписывать отношениям следования между этими компонентами повышенный вес (при условии неотвержения гипотезы 5.2).

8.1. МЕТОДИКА¹

I. *Гипотеза 1.* В опытах участвовали 6 испытуемых (5 мужчин и женщина, возраст 21–36 лет). Испытуемые играли в крестики-нолики на поле 15×15 по правилам, описанным в 7.2. Использовали поле из алюминиевой фольги. Игроки ставили знаки фломастерами, заполненными черными токопроводящими чернилами². Перемещения рук в процессе игры, координаты поставленных знаков записывали на видеомагнитофон вместе с табло таймера, время на котором отмечалось с частотой 50 Гц (20 мс интервалы). Фиксировали моменты касания кончиком фломастера фольги и отметку времени с таймера. Каждый игрок сыграл от 14 до 34 игр, длиной от 5 до 27 ходов.

У игроков одновременно регистрировали электроэнцефалограмму (ЭЭГ) в четырех отведениях (F''_3 , F''_4 , P''_3 , P''_4 по системе 10/10) с объединенным референтным электродом на мочках ушей в полосе частот до 200 Гц с постоянной времени 2 с, электроокулограмму (ЭОГ) с электродов, расположенных ниже внешнего угла глаза и выше внешнего (30 Гц, постоянная времени 2 с). Сигналы записывали в аналоговой форме на магнитофон, а в цифровой — на диски компьютера «Plurimat-S» с частотой считывания 200 в с. Параллельно 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 различным типам ходов, потенциалов, суммированных для ходов на различных этапах игры (в дебюте, миттельшпиле и эндшпиле, которые выделяли по критериям,

приведенным в 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». Потенциалы, соответствующие ходу, комбинировали из двух усреднений от касаний поля при написании знака оппонентом (начальный фрагмент) и игроком (заключительный фрагмент). Отрезки записи, содержащие артефакты и моргания, исключали из анализа. Анализировали усреднения как для отдельных испытуемых, так и суммированные для всей группы.

Для всех последовательных точек усредненных потенциалов, т.е. для каждого мгновенного значения амплитуды, рассчитывали значения дисперсии. Для оценки стандартности формы усредненных потенциалов рассчитывались вероятности появления максимумов и минимумов текущего значения стандартного отклонения, достоверность которых определялась по F-критерию Фишера. Положение изолинии рассчитывали для каждого отведения как среднее значение потенциала на интервале 100 с (что значительно превышает значение постоянной времени). Определяли абсолютные и «peak-to-peak» амплитуды максимумов негативных и позитивных волн для усредненных потенциалов и для одиночных отрезков сырой ЭЭГ (см. схему измерений: рисунок 1, гл. 12).

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, 1984) и характеристикам таких потенциалов по данным литературы (см., напр.: Канунников, 1980; Brunia, 1999; Cooper, McCallum et al, 1977; Rockstroh, Elbert et al, 1982).

II. *Гипотеза 3.2.* У шести испытуемых, играющих в крестики-нолики (см.: Методика, п. I), анализировали движения руки в процессе выбора хода. Определяли координаты клетки поля, над которой «зависал» кончик фломастера, но движение не переходило к написанию знака. Для каждого такого зависания (единичного или входящего в серию последовательных зависаний), давали описание позиции на игровом поле по правилам, описанным в 7.6.1. Поскольку после анализируемых зависаний руки противник не делал свой ход, эти события описывали как полуходы для их сопоставления с общим репертуаром ходов игры в терминах ходов, имеющих общность исходной ситуации и ее трансформации игроком, различающихся по результирующей ситуации (см. 7.6.2, рисунок 10). Для хода игры, предшествующего анализируемому зависанию, определяли набор альтернативных полуходов на всем множестве совершенных игроком игр, а затем оценивали, входит ли «полуход с зависанием» в этот набор.

Проверяли статистическую гипотезу о том, отличается ли доля полуходов с зависанием, которые не входят в определенные для данной ситуации

¹ Описания методик даны не в порядке нумерации гипотез, а объединены в группы I—V по сходству методических приемов.

² Для того чтобы на отметке касания фольги написание «крестика» не прерывалось, испытуемые вместо крестика ставили «галочку» (✓).

наборы альтернативных полуходов, от случайной величины (*биномиальный тест*).

III. *Гипотеза 3.4.* Для восьми испытуемых (шесть из них — те же, что в разделах Методики I и II, пять мужчин и 3 женщины, 21 — 43 лет) игравших в крестики-нолики по тем же правилам. По протоколам их игр рассчитывали состав альтернативных ходов для каждой ситуации выбора хода, каждую альтернативу характеризовали количеством выборов, сделанных на протяжении всех сыгранных игр. При помощи *точного теста Фишера* сравнивали распределения частот выбора для ходов, которые встречались в различающихся по составу наборах альтернативных ходов, если в сопоставляемые наборы входили два или более одинаковых типов ходов.

IV. *Гипотеза 3.1.* Строили количественное описание 29 игр в рэндзю. Двадцать шесть из них были сыграны на чемпионатах мира по переписке, турнире на кубок Швеции, не первенстве Швеции, Всесоюзном турнире по рэндзю 1984 г. В этих играх участвовали: чемпион мира по рэндзю В. Сопронов, С. Сасаки (Япония, 8-й дан), Э. Сафудзи (2-й дан), С. Саэки (7-й дан), К. Коцев — чемпион Болгарии, а также другие игроки высокого класса. Три игры сыграл В. Сопронов с компьютером. Диаграммы игр были опубликованы в журнале «Наука и жизнь» в 1982 г. (№ 12, с. 110), 1983 г. (№ 1, с. 100; № 3, с. 148–150), 1985 г. (№ 1, с. 133–135). Часть этих игр была сыграна по полным правилам рэндзю — с центральным квадратом и с фолами (см. 7.2), некоторые без центрального квадрата, но с фолами. Для анализа были отобраны игры, в которых один из игроков сдавался до того, как на поле была выстроена непрерывная цепочка из пяти знаков. Для того типа акта, которым заканчивал игру сдавшийся игрок, оценивали его расстояние (в ходах игры) до выигрыша и до проигрыша по таблице характеристик ходов, рассчитанной для 6 игроков, участвующих в исследовании (см.: Методика, I, а также 7.6.3). Таким образом, положению ходов игроков высокого класса на орграфе (см. 7.6.4) была дана независимая оценка. Статистически оценивали отличие от случайной величины долю позиций (*биномиальный тест*), которые игроки высокого класса оценивали как проигрышные, а согласно формальной оценке, они не содержат угрозу.

V. *Для оценки гипотез 2, 3.3, 4, 5.1, 5.2 и 5.3* использован материал, полученный на 58 взрослых испытуемых (33 мужчины, 25 женщин, от 21.5 года до 59.5 лет). Они играли в крестики-нолики по правилам, данным в 7.2. Шестеро из них играли на поле из алюминиевой фольги фломастером с токопроводящими чернилами, остальные — на экране дисплея, используя два устройства «мышь». Игры продолжались до тех пор, пока каждый из игроков не совершал больше 300 ходов.

Рассчитывали индивидуальные репертуары типов ходов. Для каждого типа хода оценивали момент его первого появления в репертуаре (в терминах

номера игры и хода в игре), частоту встречаемости в выигранных и проигранных играх. По матрице переходов от ходов определенных типов к другим оценивали количество альтернатив в каждой ситуации выбора, вероятности реализации каждой альтернативы и энтропийную оценку распределения вероятностей выбора альтернатив для каждого набора. Определяли моменты появления перехода от одного типа хода к другому. Выделяли устойчивые маршруты на орграфе игры и для каждого хода оценивали количество и длину таких маршрутов, в состав которых он входит. Для каждого хода игры рассчитывали количество отношений AND, XOR и IOR. Каждый ход характеризовали как принадлежащий к группе ходов, связанных этими отношениями, или как «изолированный».

К дебюту относили первые три хода игр (для игрока крестиками — 6 знаков, ноликами — 7 знаков), к эндшпилю — последние три хода игры (6 знаков для выигравшего игрока, 7 — для проигравшего), ходы между дебютом и эндшпилем рассматривали как ходы миттельшпиля.

Для оценки гипотезы 2 в выборку включали только ходы миттельшпиля, так как в ходах дебюта не проявляется специфичность по отношению к выигрышу или проигрышу, а ходы эндшпиля, согласно правилам игры (обязательное доигрывание до завершающей позиции из пяти знаков), могут быть специфически связанными с проигрышем и устойчиво воспроизводиться.

Время выбора хода оценивали с точностью до 10 мс как интервал между нажатием кнопки мыши противником и игроком (в случае игры на компьютере) или между касаниями поля фломастером противником и игроком.

8.2. РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

8.2.1. СУЩЕСТВОВАНИЕ АКТОВ ИГРЫ

Конфигурация потенциалов, соответствующих ходу игры, показана на рисунке 1. Общим для потенциалов во всех отведениях, усредненных для ходов дебюта, миттельшпиля и эндшпиля, является развитие медленной негативной волны в интервале между касаниями поля противником и игроком, негативно-позитивным комплексом в начале ее развития и завершение этой волны высокоамплитудным фронтом позитивизации потенциала. На интервале, завершающим ход игры — между касанием поля игроком и касанием поля противником на усреднении, потенциал начинается позитивизацией (после касания поля игроком, на I, II и III — самая правая часть), а завершается

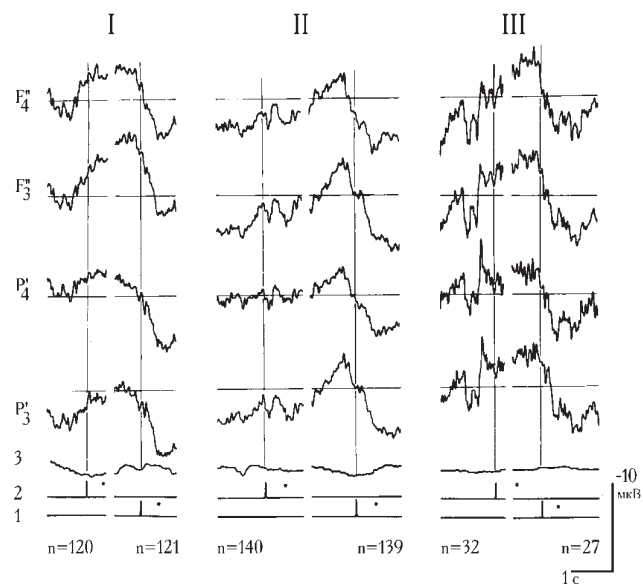


Рис. 1. Медленные потенциалы, соответствующие ходам дебюта (I), миттельшпиля (II) и эндшпиля (III), игрок ГА. На I, II и III левые фрагменты усреднены от момента касания поля противником (2), а правые — игроком (1); точки после отметки касаний — медиана длительности написания знака; (3) — ЭОГ; P'_3, P'_4, F''_3, F''_4 — отведения ЭЭГ

негативно-положительным комплексом и началом медленной негативности (на каждом фрагменте — самая левая часть).

На усреднениях ССП для каждого конкретного типа хода негативно-положительный комплекс, предшествующий развитию медленной негативности, более выражен, чем на усреднениях всех типов актов, принадлежащих этапам дебюта, миттельшпиля или эндшпиля (см. рисунок 2). Анализ одиночных реализаций ЭЭГ показал, что комплекс быстрых колебаний включает от 1 до 4 негативных волн (медиана — две волны). На рисунке 2 показаны такие усреднения, в которых комплекс развивается после касания поля противником, но оценка соотношения начала комплекса и касания поля для всей выборки измерений показывает, что момент начала быстрых колебаний опережает касание поля (1-й квартиль распределения интервала между этими событиями: -620 мс; медиана: -360 мс; 3-й квартиль: -90 мс). Анализ этого соотношения по видеозаписи позволяет высказать предположение о связи

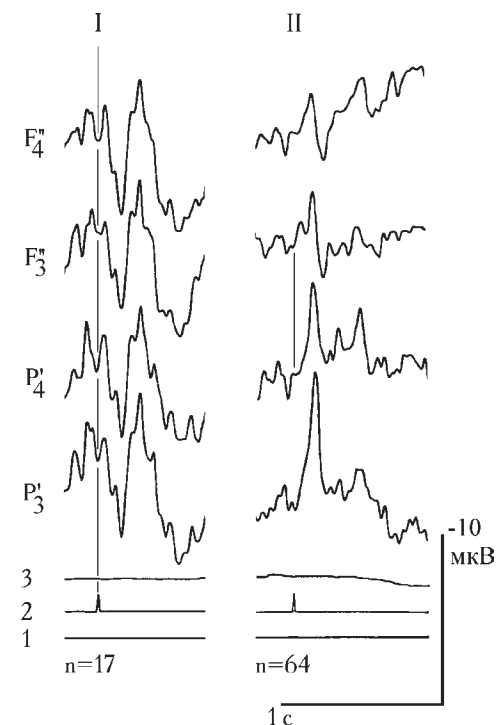


Рис. 2. Потенциалы, соответствующие касанию игрового поля противником. I и II — усреднения для различных типов актов. Вертикальные линии — момент касания поля. Остальные обозначения — как на рисунке 1

начала негативно-положительного комплекса с пересечением рукой противника границы «оперативного поля», в котором игрок ожидает ход противника. Такое пересечение разрешает неопределенность ситуации для игрока, поэтому собственно касание поля несет уже избыточную информацию. Вариативность связи начала комплекса быстрых колебаний с моментом касания объясняет его сниженную амплитуду на усреднениях для ходов различного типа (рисунок 1). Относительно высокая амплитуда этого комплекса на усреднении потенциалов для эндшпиля (рисунок 1, III) может объясняться тем, что в этом случае разнообразие типов ходов, включенных в усреднение, меньше, чем для дебюта и миттельшпиля (рисунок 1, I и II).

Негативная волна, развивающаяся между последовательными написаниями знаков игроком и его противником, имеет простую, сглаженную форму,

особенно в дебюте, однако в конфигурации медленной негативности можно выделить медленные негативные субкомпоненты. Поскольку эти субкомпоненты не согласованы во времени с моментами касаний поля, при усреднении они нивелируются, но обнаруживаются на ЭЭГ в одиночных реализациях (см. рисунок 1, гл. 12). Сравнение количества субкомпонентов негативной волны в дебюте, миттельшпилю и эндшпилю не показало достоверных различий (медианный тест, для четырех отведений $\chi^2 \leq 1.30$, $df = 2$, $p \geq .52$), однако заметим, что интерквартильный размах для дебюта составил 1–2 субкомпонента, а для миттельшпиля и эндшпиля — 2–3.

Усреднение потенциалов от момента начала движения руки (отбирали случаи, когда можно было его определить) после ее зависания над игровым полем, которое не завершалось написанием знака, а переходило к следующему зависанию, показало, что эти моменты приходятся на максимум позитивного колебания, разделяющего негативные субкомпоненты медленной негативной волны (рисунок 3, левый фрагмент). С движениями руки, которые направлены на написание знака, связаны потенциалы иной формы: момент касания поля игроком при написании знака соответствует начальному сегменту позитивного фронта, завершающего медленную негативную волну (см. рисунок 1), а начало такого движения, длящегося 240–1350 мс (медиана — 580 мс), приходится на завершающую часть негативной волны, совпадая с локальным позитивным колебанием потенциала (рисунок 3, II).

Высокоамплитудный позитивный фронт (медиана амплитуды для разных отведений 12.0–12.5 мкВ, длительности — 515–525 мс), завершающий негативную медленную волну, совпадает по времени с движением руки (начальный сегмент фронта, медиана длительности — 90–95 мс) и написанием знака (медиана длительности — 410–420 мс). После достижения максимума позитивности, на интервале между касанием поля игроком и последующим касанием поля противником, потенциал медленно негативизируется, причем на фоне этого пологого фронта наблюдается от одного до трех (медиана — 2) колебаний (см. рисунок 1, гл. 12). Высокоамплитудная позитивность по соотношению с предшествующей медленной негативной волной и амплитудно-временным характеристикам весьма сходна с нисходящим фронтом колебания P300 (Aleksandrov, Maksimova, 1985; Squires et al. 1975; Pritchard 1981). Следующий за максимумом позитивности пологий фронт негативизации, по конфигурации и временным характеристикам (хотя в принципиально «бесстимульной» методике невозможно определить латентность волны относительно стимула, но можно относительно начала позитивного фронта P300) — с комплексом позитивных медленных волн (PSW) (García-Larrea, Cézanne-Bert, 1998). PSW рассматривают как усложненный по конфигурации эквивалент колебания P300 (Johnson, Donchin, 1985), или как специфический феномен, лишь функционально связанный с P300 (Falkenstein et al. 1994), или иначе

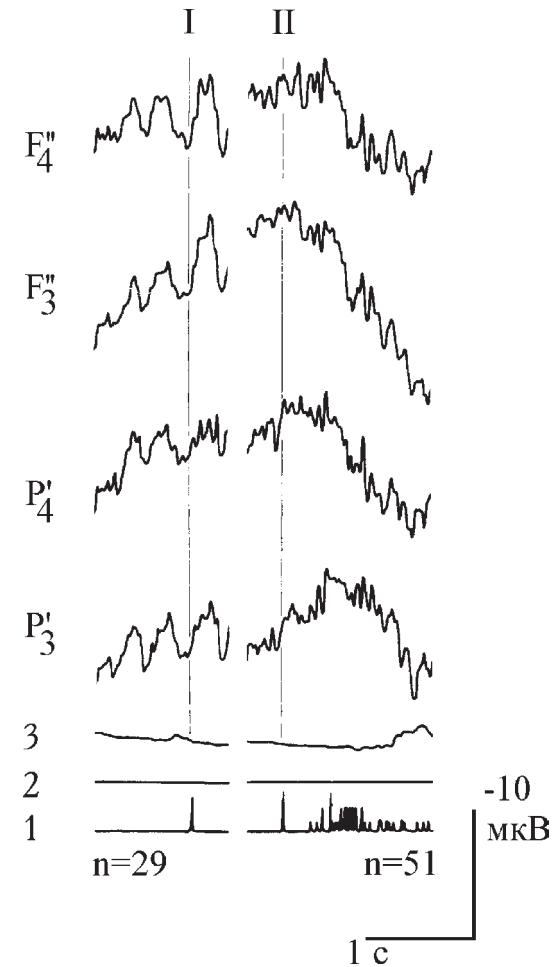


Рис. 3. Потенциалы, соответствующие моментам начала движений руки игрока, не завершающихся написанием знака (I) и направленных на написание знака (II). Вертикальные линии — моменты начала движения. На отметке касаний в правой части фрагмента I показана гистограмма распределения касаний поля. Остальные обозначения — как на рис. 1

(García-Larrea, Cézanne-Bert, 1998), но во всех случаях PSW рассматривается как феномен, близкий P300 по характеристикам и значению. Как и для P300, для PSW предлагается множество вариантов функционального значения. Этот комплекс связывают, например, с последовательными принятиями решения (Johnson, Donchin, 1985), или с поддержанием внимания к выполнению задачи (Gevins et al., 1996). PSW завершается развитием негативно-го сдвига потенциала и комплексом быстрых волн, соответствующих по времени касанию поля противником и инициации следующего хода игрока (рисунок 1).

Описанная конфигурация соответствует компонентному составу потенциала, который сопровождает поведенческий акт ожидания предъявления сигнала в ситуации обнаружения световых пороговых сигналов, хотя при этом наблюдается неусложненная конфигурация P300, а PSW отсутствует (рисунок 4). Начало этого акта задавалось методически предъявлением звукового предупреждающего сигнала, которому соответствовал характерный потенциал, позднюю медленную негативную волну которого можно идентифицировать также как O-компонент условной негативной волны (УНВ) (Канунников, 1980; Rohrbaugh, Gaillard, 1983). Максимум амплитуды УНВ (Е-компонент) достигается в интервале между началом двигательной активности по критерию вспышки интерференционной ЭМГ и первыми признаками изменения в механограмме движения пальца при нажатии на кнопку. В случае длительности поведенческого акта, не превышающего 1,5 с, в УНВ не выделяются два отдельных компонента; эта волна представляет собой единое медленное негативное колебание

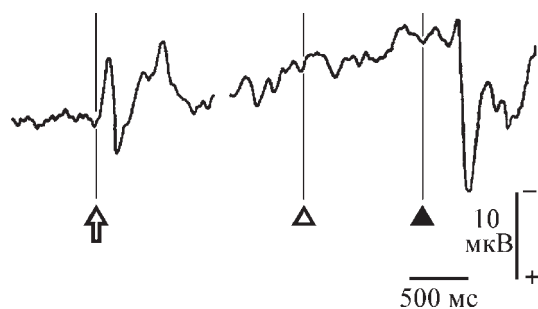


Рис. 4. Конфигурация потенциала, сопровождающего поведенческий акт ожидания предъявления вспышки света в ситуации обнаружения сигнала. Усреднения от моментов предупреждающего (стрелка) и императивного сигнала — обнаруженной вспышки света (черный треугольник), необнаруженная вспышка — светлый треугольник. Отведение F3, $n = 22$

(Loveless, Sanford, 1974). УНВ завершается высокоамплитудным позитивным потенциалом, который по характеристикам можно идентифицировать как колебание П300 (см. рисунок 4) (Aleksandrov, Maksimova, 1985). Связь этих потенциалов настолько тесна, что их описывают как единый комплекс УНВ-П300 (Канунников, 1980; Rohrbaugh, Gaillard, 1983) или как «негативно-позитивный комплекс, специфически связанный с обнаружением сигнала» (Cooper, McCallum, et al, 1977).

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 (негативность, предшествующая обнаружению сигнала) — не специфические феномены, 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). Эти потенциалы показаны на рисунке 5. В обоих случаях на границе между предшествующим актом и актом ожидания предъявления вспышки света наблюдается комплекс быстрых негативно-позитивных колебаний, который непосредственно предшествует: у кролика — принятию позы ожидания, у человека — фиксации пальца на кнопке, которая, согласно инструкции, должна быть нажата в случае обнаружения вспышки. Следует обратить специальное внимание на то, что у человека начало акта ожидания вспышки задается предъявлением звукового тона, а у кролика — окончанием жевания порции пищи, но усреднение от движений, специфических для начала исполнения акта, дает потенциалы весьма сходной конфигурации (рисунок 5, левый фрагмент). С этого момента в сопоставляемых потенциалах начинает развиваться медленное негативное отклонение, на котором выделяются субкомпоненты — негативные волны. Это отклонение завершается высокоамплитудным позитивным колебанием, которое соответствует: у человека — разворачиванию нажатия на кнопку, у кролика — нажатию на педаль для получения порции пищи (рисунок 5, правый фрагмент).

Усреднение отрезков ЭЭГ от моментов начала движений при развитии медленного негативного отклонения вскрывает субструктуру этой негативности, соответствующую двигательной активности на протяжении поведенческого

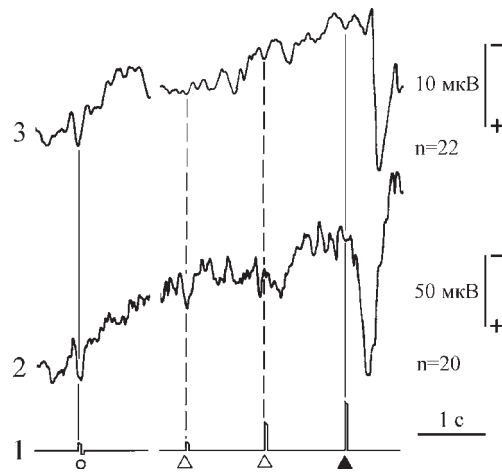


Рис. 5. Сопоставление конфигурации потенциалов, сопровождающих поведенческий акт ожидания предъявления вспышки света в ситуации обнаружения сигнала у животных (2) и человека (3). В усреднении левого фрагмента референтное событие помечено светлым кружком: у кролика — от момента принятия позы ожидания сигнала, у человека — от начала движения пальца на кнопке; правый фрагмент усреднен от момента предъявления обнаруженной вспышки света (черный треугольник), необнаруженные вспышки — светлые треугольники. Область отведения: у животного — область зрительной коры, у человека — отведение F3

акта. Эта субструктура представлена негативностями небольшой длительности, разделенными позитивными колебаниями, связанными с началами движений (рисунок 6). Такие негативности соответствуют движениям головы кролика (рисунок 6, I), движениям пальца и глаз — у человека (рисунок 6, II). Можно полагать, что если бы были применены иные методические возможности регистрации проявлений двигательной активности, связанной с реализацией акта, они разделяли бы медленную негативную волну на такие же фрагменты. Отметим их сходство с негативностями, которые соответствуют движениям после завязания руки над игровым полем (рисунок 3). Субструктура медленного негативного отклонения скрыта при использовании в качестве референтных для усреднения моментов событий в начале акта (предупреждающий сигнал, начальные движения, связанные с ним по времени) и в конце акта (императивный сигнал,

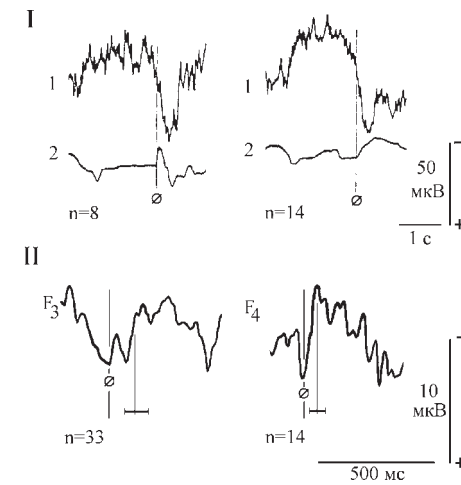


Рис. 6. Субкомпоненты медленного негативного отклонения, сопровождающего поведенческий акт ожидания предъявления вспышки света при обнаружении сигнала у животных (I) и человека (II). Перечеркнутые кружки — моменты начала движений. Потенциалы на I — усреднения для разных животных; 1 — отведения от зрительной области коры, 2 — усредненный сигнал датчика движения. На II: слева — усреднение от начала микронажатий на кнопку (не завершающихся полным нажатием, которое обозначает обнаружение сигнала), справа — от начала саккадических движений глаз (лямбда-потенциал: Kurzberg, Vaughan, 1980). Под каждым потенциалом показан размах и медиана распределения окончания движений

движения при отчете), так как организация движений при реализации акта может быть не связанной с событиями, референтными для усреднения.

Потенциал, который соответствует более длинным отрезкам поведенческого континуума, разделяется на негативные волны в соответствии с последовательностью поведенческих актов, так что границам актов соответствуют высокоамплитудные позитивности, а реализации — негативные волны (рисунок 7). На рисунке 7 показана завершающая часть негативности, соответствующей акту ожидания вспышки света (см. подробно: рисунок 5), высокоамплитудное позитивное колебание, завершающее эту негативность, медленная негативная волна, сопровождающая акт побежки к педали и начальная часть медленной негативности, соответствующей акту захвата порции пищи (завершающую часть негативности маскируют ритмические артефакты от жевания).

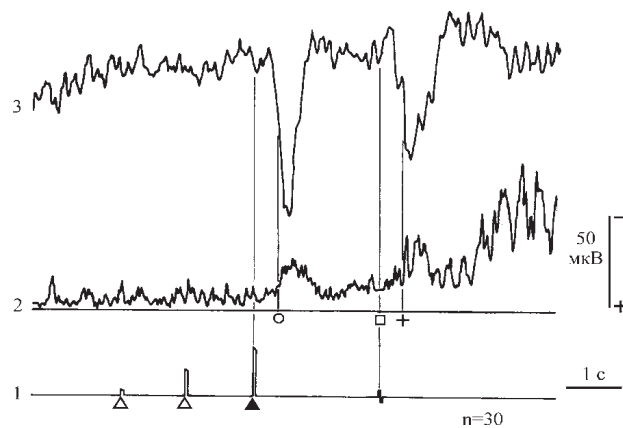


Рис. 7. Потенциалы, соответствующие последовательным поведенческим актам у кролика в ситуации обнаружения сигнала: 1 — отметки поведения (▲ — обнаруженная вспышка, △ — необнаруженная; отметка после обнаруженной вспышки, помеченная светлым квадратом — касание зубами моркови); 2 — модуль усредненной электрической активности жевательной мышцы (○ — начало движения головы, □ — касание зубами моркови, + — начало грызения); 3 — ЭЭГ, отведение от зрительной области коры. Потенциал составлен из трех усреднений — от обнаруженной вспышки, начала движения к педали и касания зубами моркови

Негативности разделены высокоамплитудными позитивностями. Сравнивая конфигурацию потенциалов, соответствующих акту ожидания вспышки света (рисунок 5) и акту побежки к педали (между началом побежки после обнаруженной вспышки и захватом пищи, рисунок 7), можно предположить, что более коротким поведенческим актам соответствуют негативные волны более простой формы.

Таким образом, обобщенная конфигурация потенциала, соответствующего реализации поведенческого акта и переходам от одного акта к другому, включает комплекс негативно-позитивных колебаний, за которыми следует медленная негативная волна, которая может быть структурирована — разделена позитивностями на негативные субкомпоненты в связи с организацией двигательной активности при реализации поведенческого акта, а завершается высокоамплитудным позитивным колебанием. Комплексы негативно-позитивных колебаний и высокоамплитудные позитивности соответствуют смене последовательных поведенческих актов.

В конфигурации потенциала, сопровождающего ход игры, выделяются все эти колебания и волны: (1) негативно-позитивные колебания, соответствующие касанию поля противником, которое инициирует ход игрока (рисунок 2); (2) медленное негативное отклонение на интервале между касанием поля противником и игроком (рисунок 1); (3) субкомпоненты негативного отклонения, связанные с движениями при достижении промежуточных результатов (рисунок 3); (4) завершающее это отклонение высокоамплитудное позитивное колебание (рисунок 1), (5) комплекс позитивных волн, завершающийся колебаниями, сопровождающими переход к следующему ходу. Компонентный состав и конфигурация этого потенциала позволяет отнести его к тому же классу, что и проанализированные потенциалы, соответствующие реализации поведенческих актов у человека и животных. Таким образом, гипотеза 1 (об эквивалентности хода игры поведенческому акту) не может быть отвергнута.

8.2.2. СУЩЕСТВОВАНИЕ КОМПОНЕНТОВ СИЗ И ФИКСАЦИЯ МОДЕЛЕЙ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ В КОМПОНЕНТАХ СИЗ

Сравнение накопленных частот встречаемости 400 типов ходов в 16250 ходах игры по медианному тесту показало, что ходы, реализованные в проигрышных позициях, проявляют меньшую частоту встречаемости, чем те ходы, которые реализуются в выигрышных позициях ($\chi^2 = 7.745$; $df = 1$; $p = .0053$) (см. таблицу 1).

Оценка для меньшей выборки (6 игроков, см. 7.6.3), в которую были включены типы ходов, встречающиеся в миттельшпиле, но не в эндшпиле, показала достоверную тенденцию к большей повторяемости тех типов ходов, которые встречаются в выигрышных играх ($\chi^2 = 3.84$; $df = 1$; $p = .050$) (см. таблицу 2).

Приведенные оценки позволяют отвергнуть гипотезу о том, что ходы определенных типов используются независимо от того, ведут они к улучшению

Таблица 1

Частота встречаемости ходов в связи с их реализацией в проигрышных или выигрышных позициях

Частота встречаемости	проигрыши	выигрыши
> медианы	3838	4278
≤ медианы	4024	4110

Таблица 2

Соотношение встречаемости ходов разного типа в выигранных и проигранных играх

Частота встречаемости	проигрыши	выигрыши
1	54	34
> 1	13	20

позиции или ухудшают ее. Выявленная тенденция не реализовать ходы, которые оказались деструктивными (или не достаточно эффективными, чтобы преобразовывать позицию в направлении выигрыша), позволяет заключить, что все ходы, которые были реализованы в играх, фиксируются в памяти игрока. Можно предположить, что форма их фиксации — компонент структуры индивидуального знания в данной предметной области, актуализация компонента проявляется как реализация акта игры, а снижение частоты реализации акта объясняется взаимоотношениями данного компонента с другими, актуализирующимися в одном наборе (см. 5.3 и 5.4).

8.2.3. ХАРАКТЕРИСТИКИ СИТУАЦИИ ВЫБОРА ХОДА

8.2.3.1. Свойства информационного множества

Анализировали 29 игр, которые были прерваны игроками при признании одним из них своего поражения. Игроков, участвующих в исследовании (см.: Методика, I) просили определить последовательность ходов, ведущих к выигрышу в каждой игре, учитывая ограничения, которые предусматривались правилами для каждой конкретной игры. По их оценкам 8 игр прервано за два хода до достижения окончательной позиции (см. рисунок 8 Б), по 5 — за три и четыре хода, по одной игре — за 6 и 7 ходов, три игры — за 8 ходов. Для двух игр они не смогли определить такую последовательность, одна из них представлена на рисунке 8 А.

Для 28 игр (из 29), проведенных игроками высокого класса, тип хода, после которого противник признавал поражение, содержался в совокупном репертуаре 6 игроков, участвующих в данном исследовании. Все выигрышные ходы, входившие в репертуар, на орграфе (см. 7.6.4) принадлежали путям, ведущим только к выходной вершине «выигрыш», либо находились на

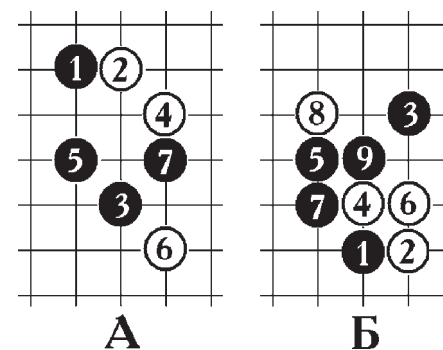


Рис. 8. Позиции, в которых белые (аналог «ноликов») признали свое поражение. На А — партия С. Саэки (черные) — С. Танака (5-й дан), на Б — С. Саэки (черные) — А. Фумия. Цифры в кружках — номер хода в игре (см. «Наука и жизнь», 1983, №3, с. 149)

меньшем расстоянии до выигрыша, чем до проигрыша. Так, ход 9 крестиков (черные кружки, С. Саэки) на рисунке 8 Б, отнесенный к типу 197, отстоит от выигрыша на две дуги, а от проигрыша — на 6 дуг. Для игры, показанной на рисунке 8 А, в которой нолики (белые кружки, С. Танака) сдались после 7-го хода (четвертого хода крестиков), в позиции, которую не смогли довести до выигрыша игроки, по играм которых строили совокупный орграф игры, выигрышный ход крестиков принадлежит пути, который *ведет только к выигрышу* и находится от него на расстоянии 9 дуг (ходов).

В 28 случаях из 29 оценке позиции как проигрышной соответствовала формальная оценка акта как не допускающего выигрыша для противника. Один случай, для которого в совокупном репертуаре не нашлось соответствующего акта, не следует интерпретировать как противоречащий другим 28. Опыт игроков высокого класса с высокой долей вероятности должен выходить за пределы той компетенции, которую сформировали игроки, участвующие в исследовании. Следует учесть также, что игроки высокого класса играли по правилам рэндзю — с ограничениями на центральный квадрат и с фолами на некоторые окончания партии, а оценку положения на орграфе проводили для игр, сыгранных по упрощенным правилам (см. 7.2). Даже если считать «случай 29» отклонением от закономерности, вероятность такого сбоя составляет с учетом доверительного интервала не более 17% (точный биномиальный тест, $p = .031$) при эмпирически установленном числе попаданий 97%.

Таким образом, поскольку оценка игроком возможностей исхода игры соответствует формальной оценке хода на орграфе игры, а ходу соответствует

актуализация компонента СИЗ (см. 8.2.2), то можно считать правдоподобным предположение, что информационное множество фиксируется в СИЗ как набор связанных отношениями компонентов. Это означает также, что между описанием игры в терминах орграфа и СИЗ существует гомоморфное отношение.

Эти выводы находятся в соответствии с характеристиками игр этого класса, которые дают исследователи шахмат: «Игрок, который не видит все дерево, как бы находится в условиях игры с неполной информацией» (Адельсон-Вельский, Арлазаров, Донской, 1978, с. 21). В данном случае под «деревом» следует понимать набор информационных множеств, альтернативных путей их трансформации и достижимость из данной вершины определенных и окончательных позиций. Как отмечает О.К. Тихомиров, отношение к конечному результату игры — важный фактор в оценке игроками ценности хода, который может быть учтен игроком через положение хода на дереве игры (Тихомиров, 1969, с. 224).

Полученные результаты позволяют предполагать, что в основе распознавания позиций как информационных множеств лежат фиксированные в СИЗ наборы компонентов в их соотношении с целостной структурой. Недостаточность таких наборов, недифференцированность и низкая степень связности структуры индивидуального знания (см. 1.1, 1.4, 3.2.1 и 5.4) может проявляться в ошибочных решениях и неправильных распознаваниях позиций (например, «зевках»). П. Саарилуома на основе исследования протоколов анализа шахматистами тактических и стратегических позиций, пришел к выводу, что ошибки в игре не связаны с перегрузкой рабочей памяти. Они основываются на «апперцептивных механизмах селекции информации» и могут быть объяснены «неспособностью видеть правильную прототипическую проблему» (Saariluoma, 1992). Сходные результаты получены также при воспроизведении позиций в завершенных и незавершенных играх в крестики-нолики (Lawrence, Breslow, 1985). Если информационное множество распознается не как позиция, представленная геометрически, то получает объяснение такая важная характеристика выбора хода, как выявление игроком лишь части «объективно существующих характеристик элемента» (Тихомиров, 1969, с. 131). Причем с предлагаемой точки зрения, выбор совершается скорее не только «от результата к ходу» (там же, с. 141), а одновременно по всем сопряженным свойствам актуализированной совокупности компонентов СИЗ, включая альтернативные варианты преобразования этой совокупности, ее соотношение с вариантами окончательной позиции и соответствие целевым позициям («от результата к ходу»).

В таком случае распознается не позиция как конфигурация расположения знаков на поле (в случае крестиков-ноликов) или фигур (в случае шахмат), а именно информационное множество — по его соответствию фиксированным в компонентах СИЗ моделям взаимодействия индивида с предметной обла-

стью — ходам игры. Пространственное соотношение фигур в этом случае выступает только как один из параметров как позиции, так и информационного множества (см. 7.6.1), а также набора компонентов СИЗ, соответствующих возможностям развития игровой ситуации в ходах игры. Такое представление сходится с «chunking theory», разработанной В. Чейзом и Г. Саймоном (Chase, Simon, 1973), а позже модифицированной в работах Ф. Гобета и Саймона (Gobet, Simon, 1996), но вполне соответствует оценкам связи возможностей воспроизведения позиций с уровнем мастерства шахматистов, данным в приведенных исследованиях и в классических работах (Дьяков, Петровский, Рудик, 1926; De Groot, 1965).

Согласно «теории чанков» — паттернов расположения фигур на поле, репертуар мастера шахматной игры содержит 50000–100000 таких единиц (Simon, Gilmarin, 1973) (в работах Гобета и Саймона их число увеличено до 300000). Предпринимаются попытки сократить их количество (Huotyniemi, Saariluoma, 1997). Нам представляется, что сама проблема сокращения возникает в том случае, если предполагается *изоморфное* отношение между паттерном расположения фигур (знаков) на поле и формой их фиксации в психологических структурах (в случае теории чанков — в долговременной памяти). Компоненты СИЗ фиксируют *не позиции*, а *модели взаимодействий с предметной областью*, но и актуализирующиеся модели взаимодействий соответствуют не *единичным позициям*, а *группам* устойчивых к пространственным преобразованиям (*автоморфных*) позиций (см. 7.5 и 7.6.2). Количественное соотношение между компонентами СИЗ и соответствующими им позициями игры требует специальной оценки, но заметим, что пути к 28 из 29 выигрышных позиций в играх мастеров рэндзю, проанализированных нами, содержатся в совокупном орграфе, построенном на материале игр новичков. Возможно, что смена теории чанков, объясняющей компетенцию шахматистов через распознавание позиций по их соответствию зафиксированным в памяти *геометрическим паттернам*, на описание, основанное на гомоморфизме информационных множеств и наборов компонентов СИЗ, приблизит к решению этой задачи.

8.2.3.2. Состав наборов компонентов СИЗ, соответствующих альтернативным актам игры

Анализировали «зависания» руки игрока (длительностью 60–400 мс) над игровым полем в интервале выбора хода. Такие события были выявлены у 5 игроков из шести (один игрок убирал руку с игрового поля после каждого совершенного хода). Зарегистрирована 21 серия событий, в каждой из которых было от одного до пяти зависаний — всего 55 зависаний. В 25 случаях

по положению руки при зависании можно было определить соответствующие координаты поля, в других случаях, как правило, кончик фломастера находился высоко над полем или указывал на клетку далеко от группы поставленных знаков (см. зависание 1 на рисунке 9 А и Б). Ни у одного из игроков в отчете об играх не упоминались движения руки в процессе игры, даже после прямых вопросов, например: «Помогают ли движения руки в выборе хода?»

Каждое из 25 интерпретированных зависаний было описано как полуход (см. 7.6.1), в этом описании исходной была позиция, сложившаяся при постановке последнего знака противника (на рисунке 9 — нолики, помеченные точкой), а координаты клетки поля, над которой зависал фломастер, использовали как координаты знака, поставленного игроком (на рисунке 9 — клетки, помеченные цифрами).

Так, для серии зависаний, показанной на рисунке 9 А, зависание 1 не интерпретировано; 2, 3 и 4 были идентифицированы по репертуару игрока АУ, рассчитанному на основе орграфа игры, как полуходы актов игры 9, 35 и 23 типа. Эти полуходы входят во множество альтернатив, следующих после предшествующего акта игры (тип 4). Для ситуации, показанной на рисунке 9 Б, альтернативные полуходы, перебор которых проявился в зависаниях 2 — 5, также включены в множество альтернатив выхода для предшествующего акта игры.

Из 25 проанализированных зависаний был отмечен лишь один случай, когда полуход, соответствующий координатам зависания, не содержался в со-

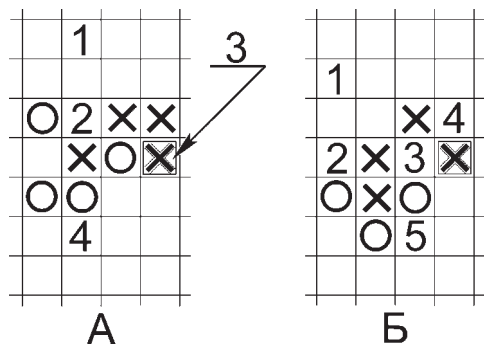


Рис. 9. Последовательность зависаний руки над игровым полем у игрока АУ (крестики) в процессе выбора хода: 1, 2,... — порядок зависаний; нолик с точкой в центре — ход противника, после которого началась серия зависаний, крестик, обведенный линией, поставлен после серии зависаний. А и Б — различные игры. Зависания 1 на А и Б не интерпретированы

ставе альтернатив выхода предшествующего хода. Наборы альтернативных актов рассчитывали по орграфу игры, а интерпретацию зависаний в терминах полуходов рассматривали как независимую оценку альтернатив выбора. Поэтому можно заключить, что вероятность расхождения между составами альтернатив выбора хода, определенными: (1) по репертуару актов игры и (2) по зависанию руки, составляет, учитывая доверительный интервал, около 18% (точный биномиальный тест, $p = .045$), при эмпирически установленном числе совпадений 96%.

Поисковые движения рук можно сопоставить с некоторыми видами движения глаз в процессе анализа позиций в шахматах, описанные О.К. Тихомировым. Такие движения глаз — «исследовательские действия, носящие характер конкретного действия с фигурой» (Тихомиров, 1969, с. 123). Важно, что такие «исследовательские действия осуществляются не только по отношению к наличной ситуации, но и по отношению к возможной в будущем ситуации» (там же). Заметим, что отмеченные нами поисковые движения рук могут согласовываться с движениями глаз игроков, траектории которых в процессе выбора хода могут быть гораздо более разнообразными. Проанализированные в работе движения рук при выборе хода сходны с движениями рук слепых шахматистов (Тихомиров, 1969, с. 156–162), поскольку они также отсутствуют в дебюте, встречаются в миттельшпиле и эндшпиле. В сравниваемых случаях зависания/ощупывания связаны с пустыми клетками поля, на которые могут быть поставлены знаки/фигуры. Возможно, что зависания рук, как и ощупывание шахматных фигур, появляются в сложных ситуациях выбора.

Важная черта проанализированных зависаний руки состоит в том, что они имеют характер пробных актов. Можно предположить, что в этом феномене проявляются процессы формирования новых актов игры. Однако эти вопросы остаются открытыми, поскольку выборка таких событий слишком мала для их решения.

8.2.3.3. Временная организация актуализации компонентов СИЗ

О временной организации актуализации компонентов СИЗ.

Если набор компонентов СИЗ, соответствующих альтернативным актам игры, актуализируется одновременно, то энтропийная оценка весов (вероятностей) дуг, исходящих из данной вершины, представляющей информационное множество, должна быть связана с временем выбора хода более тесно, чем количество дуг. В противном случае правдоподобна гипотеза о последовательной актуализации компонентов СИЗ (что противоречит гипотезе 3.1).

Для взрослых игроков количество альтернатив при выборе хода, оцененное как количество исходящих дуг вершин орграфа игры составляло от 1 до 33 (медиана — 4; первый квартиль — 2, третий — 8); размах распределения энтропийных оценок распределения вероятностей альтернатив — от 0 до 4.59 (медиана — 1.92; первый квартиль — 1, третий — 2.75). Распределения этих величин отклонялись от нормального (критерий Колмогорова-Смирнова, для количества альтернатив $Z = 16.44$, $\rho < 10^{-5}$; для энтропии $Z = 10.42$, $\rho < 10^{-5}$).

Коэффициент корреляции Спирмена между временем выбора хода и количеством альтернатив выбора не достигает уровня значимости — $R_s = .015$, $\rho = .133$, $N = 10417$ (для нормализованных по Тьюки значениям времени $R_s = .012$, $\rho = .218$). Для энтропийных оценок распределения вероятностей альтернатив связь со временем выбора значима: $R_s = .024$, $\rho = .014$, $N = 10417$ (для нормализованных по Тьюки значениям времени $R_s = .021$, $\rho = .034$). Полученные оценки достаточно надежны для того, чтобы сделать вывод о большей силе связи между временем выбора хода и энтропией распределения вероятностей выбора альтернатив, чем с количеством альтернатив. Это означает, что гипотеза, согласно которой компоненты СИЗ, представляющие альтернативы выбора, актуализируются при выборе хода одновременно, более правдоподобна, чем гипотеза об их последовательной актуализации. Этот результат хорошо согласуется также с результатом оценки гипотезы 3.2, согласно которой альтернативные акты игры соответствуют на орграфе игры исходящим дугам.

Следует отметить, что установленную одновременность актуализации множества альтернатив можно сопоставить с обнаруженной О.К. Тихомировым отнесенностью исследовательской деятельности шахматистов к «группе ситуаций», которые выступают для них «как единое целое» (Тихомиров, 1969, с.131).

8.2.3.4. Соотношение вероятности выбора альтернативных актов игры

Проведено сопоставление распределений частот выбора ходов игры в 57 парах наборов альтернатив, частично различающихся по составу.

Пример такого сопоставления дан в таблице 3. Общую часть наборов альтернатив после ходов 29 и 36 составляют ходы типов 14, 36 и 178. В ситуации выбора после хода 29 альтернативу ходам 14, 36 и 178 представляют ходы типов 6 и 2, а после хода 36 — ход типа 7. Согласно правилу постоянства отношения Люса (Аткинсон, Бауэр, Кротерс, 1969, с. 183–184) соотношение вероятностей выбора ходов не должно зависеть от того, какие еще

Таблица 3

Распределение частот выбора альтернативных ходов составляющих множества исхода для ходов типа 29 и 36 (игрок MN)

Набор альтернатив для типа хода	Частоты выбора для альтернативных ходов					
	12	14	29	36	178	289
29	6	4	—	8	3	2
36	—	2	7	4	5	—

ходы и в каких количествах содержатся в наборе альтернатив. В примере, приведенном в таблице 3, отношение для пары ходов типа 14 и 36 остается неизменным (точный тест Фишера, $\rho = .706$); для тройки ходов типов 14, 36 и 178 отношение также постоянно (точный тест Фишера, $\chi^2 = 1.89$; $\rho = .520$). Ни в одном сопоставлении не найдено различия в распределении вероятностей выбора ходов.

Установленное постоянство соотношения вероятности выбора ходов позволяет отбросить гипотезу о независимости вероятности выбора альтернативных ходов игры и прийти к заключению о постоянстве отношений между компонентами СИЗ, представляющими эти альтернативы. Сделанный вывод согласуется также с результатами оценки гипотез 3.2 и 3.3; согласно этим результатам компоненты СИЗ в процессе выбора хода актуализируются одновременно.

8.2.4. РАЗЛИЧИЯ СИТУАЦИИ ВЫБОРА АЛЬТЕРНАТИВНЫХ АКТОВ НА РАЗНЫХ СТАДИЯХ ИГРЫ

Полустепени исхода вершин орграфа, представляющие множество альтернативных ходов, различаются в дебюте, миттельшпиле и эндшпиле. Эти величины составили для дебюта — медиана = 3 альтернативы, 1-ый и 3-й квартили: 1 и 6 альтернатив; для миттельшпиля — медиана = 5 альтернатив; 1-ый и 3-й квартили: 2 и 11 альтернатив, для эндшпиля — медиана = 4 альтернативы, 1-ый и 3-й квартили: 2 и 11 альтернатив.

Наименьшее количество альтернатив выбора отмечено для дебюта по сравнению с миттельшпилем (медианный тест, $\chi^2 = 313.09$, $df = 1$, $\rho = 4.64 \cdot 10^{-7}$) и эндшпилем ($\chi^2 = 145.95$, $df = 1$, $\rho = 1.33 \cdot 10^{-33}$). В эндшпиле отмечено снижение числа альтернатив по сравнению с миттельшпилем ($\chi^2 = 11.35$, $df = 1$, $\rho = .001$).

Результаты этих сопоставлений находятся в точном соответствии с изменениями времени выбора хода на протяжении игры. Характеристики времени выбора хода для дебюта: медиана — 1.980 с, 1-ый и 3-й квартили: 1.260 с и 3.410 с; для миттельшпиля: медиана — 3.350 с, 1-ый и 3-й квартили: 1.750 с и 6.650 с; для эндшпиля: медиана — 2.860 с, 1-ый и 3-й квартили: 1.650 с и 5.660 с. Наиболее быстро выбор хода совершается в дебюте: по сравнению с миттельшпилем (медианный тест, $\chi^2 = 530.89$, $df = 1$, $\rho = 1.81 \cdot 10^{-117}$) и с эндшпилем (медианный тест, $\chi^2 = 211.86$, $df = 1$, $\rho < 10 \cdot 10^{-10}$). Наибольшее время выбора хода — в миттельшпиле (сравнение с эндшпилем: $\chi^2 = 40.51$, $df = 1$, $\rho = 1.96 \cdot 10^{-10}$).

Таким образом, установлена сопряженность между определенным при анализе индивидуальных орграфов игры количеством исходящих дуг, которые соответствуют альтернативам выбора хода и эмпирически (независимо от характеристик орграфа) оцененным временем выбора хода. Эта сопряженность указывает на соответствие характеристик информационных множеств, которые следуют из теоретико-множественного описания хода игры и того, как информационные множества и наборы альтернатив используются игроками в реальных играх.

8.2.5. СООТВЕТСТВИЕ СОСТАВЛЯЮЩИХ СИЗ КОМПОНЕНТАМ СВЯЗНОСТИ ГРАФА ИГРЫ

8.2.5.1. Изолированные компоненты связности

Сопоставление времени выбора для ходов, связанных отношениями AND и XOR¹ в группы и не связанных ими, «изолированных», показало, что изолированные ходы выбираются достоверно более быстро (медианный тест, $\chi^2 = 83.26$, $df = 1$, $\rho = 7.2 \cdot 10^{-20}$). Для ходов, связанных отношениями AND и XOR, медиана времени выбора хода составила 2.690 с (1-ый и 3-й квартили: 1.590 с и 5.110 с), а для изолированных — 3.020 с (1-ый и 3-й квартили: 1.600 с и 6.040 с). Анализ связи количества отношений AND и XOR, которые определенным ход имеет с другими ходами, показал, что увеличение отношений AND связано со снижением времени выбора ($R_s = -.026$, $\rho = 9.99 \cdot 10^{-7}$,

¹ Отношение IOR не анализировали, поскольку в образовании компонент связности (см. 7.6.4.2) они занимают промежуточное положение между отношениями XOR и AND, одно из которых разделяет множества вершин графа на подмножества (XOR), а другое (AND) — связывает компоненты, входящие в области пересечения множеств (см. 7.6.4.3, рисунок 17).

$N = 83221$), а XOR — с увеличением ($R_s = .044$, $\rho = 9.99 \cdot 10^{-7}$, $N = 83221$). Для того чтобы определить соотношение AND и XOR, как противоположно направленных факторов, применили процедуру ANOVA. Хотя использование полученных при этом результатов осложнено, поскольку тест Левена показал неравенство дисперсий, можно полагать, что в формировании времени выбора хода более существенным является замедляющий фактор — отношение XOR ($F = 36.566$, $\rho = 1.42 \cdot 10^{-16}$, $df = 2$), чем ускоряющий фактор — отношение AND ($F = 4.696$, $\rho = .003$, $df = 2$). Это соотношение весов факторов показывает, что включение ходов в сложно организованные группы, в которых доминирует отношение XOR, ведет к увеличению времени выбора хода, а включение хода в простые группы, в которых определено только отношение AND — к снижению времени выбора.

Установленные соотношения получены при сопоставлении характеристик графа игры (см. 7.6.4.4) и времени выбора хода, независимого от свойств графа. Учитывая этот результат, а также выводы, сделанные при оценке гипотез 2 и 3 (см. 8.2.2 и 8.2.3), можно заключить, что изолированным компонентам связности графа игры можно поставить в соответствие группы компонентов СИЗ, образованные отношениями AND, XOR и IOR.

При анализе графа игры показано, что вершины, объединенные в группы (компоненты связности графа) отношениями AND, XOR и IOR, обладают свойствами, общими для определенных взаимодействий с предметной областью, модели которых зафиксированы в данной группе компонентов, например, для игр крестиками или ноликами, выигрышных или проигрышных игр (см. 7.6.4.2). Поскольку такие группы компонентов проявляют общие свойства по отношению к некоторым общностям в предметной области, можно обозначить их **доменами** (см. 3.2.3, 4.3.3.2), а группы меньшего порядка, образованные пересечением доменов — **субдоменами** СИЗ.

8.2.5.2. Отношение следования

Сопоставляли время выбора хода, представленного уже существующей вершиной орграфа (фактор формирования новой вершины исключен) в ситуациях, когда дуга, инцидентная этой вершине, существовала ранее или впервые появляется. Показано, что при появлении новой дуги время выбора хода достоверно больше, чем при реализации уже существующей дуги (медианный тест, $\chi^2 = 41.95$, $df = 1$, $\rho = 9.24 \cdot 10^{-11}$). Оценка медианы времени выбора хода при появлении новой дуги составила 3.240 с (1-ый и 3-й квартили: 1.760 с и 6.540 с), а при реализации старой — 2.410 с (1-ый и 3-й квартили: 1.370 с и 4.890 с).

Связь времени выбора хода и веса (частоты использования) дуги, инцидентной вершине, соответствующей этому ходу, представлена кривой линией,

так что время снижается на интервале значений веса 1 — 4, а затем линия параллельна оси абсцисс. Чтобы проверить точность такого описания связи, рассчитывали коэффициент линейности для всей кривой и для ее участков до точки перелома и после нее.

Для всей кривой выявлена тесная связь между переменными ($F = 26.92$, $\rho = 2.83 \cdot 10^{-41}$), достоверно отклоняющаяся от линейной ($F = 4.11$, $\rho = .00016$). Для участка кривой до точки перелома (нисходящая часть, частота использования дуг от 1 до 4) выявлена тесная линейная связь между переменными: $F = 50.98$, $\rho = 1.94 \cdot 10^{-32}$, отклонение от линейности: $F = 1.28$, $\rho = .277$, а для части кривой после точки перелома не обнаружено ни отклонения от линейности ($F = .097$, $\rho = .962$), ни связи между переменными ($F = .536$, $\rho = .709$). Это означает, что сокращение времени продолжается только при первых четырех использованиях дуги, затем время стабилизируется или его изменение не удается выявить примененными средствами.

Выявленная связь между весом дуги орграфа и временем выбора хода, представленного вершиной, инцидентной этой дуге, позволяет заключить, что существует соответствие свойств дуг орграфа и отношений следования между компонентами СИЗ. Заметим, что этот вывод согласуется с результатом оценки гипотезы 3.3.

8.2.5.3. Существование групп компонентов, соответствующих устойчивым маршрутам на графе игры

В качестве устойчивых отбирали маршруты, вес дуг которых превышал единицу, т.е. те маршруты, которые воспроизводились хотя бы один раз. Длиной устойчиво воспроизводимого маршрута считали количество вершин, включенных в него. У каждого игрока количество таких маршрутов составило от 26 до 38, длиной от двух до 8 вершин. Установлено, что характеристики устойчивых маршрутов на орграфе игры связаны со временем выбора хода. Чем больше устойчивых маршрутов проходит через вершину, соответствующую выбираемому ходу, тем больше времени длится выбор ($R_s = .027$; $\rho = .0005$, $n = 17348$). При увеличении длины маршрута время выбора хода снижается ($R_s = -.044$; $\rho = 9.9 \cdot 10^{-7}$, $n = 17348$). Связь времени выбора хода и длины маршрута сходна со связью между временем выбора и весом дуг графа, инцидентных вершине, представляющей выбираемый ход ($R_s = -.137$; $\rho = 9.9 \cdot 10^{-7}$, $n = 17348$). Чтобы разделить эти факторы, определяющие снижение время выбора хода, анализировали динамику времени при выборе ходов, представляющих последовательные вершины, включенные в маршрут. Медианы времени выбора для первых четырех вершин устойчивых маршрутов составили 3.290, 2.530, 2.690 и 2.420 с. Это снижение от первой к четвертой

вершине достоверно (медианный тест, $\chi^2 = 275.00$, $df = 3$, $\rho = 1.60 \cdot 10^{-8}$). Отбор маршрутов с постоянным весом дуг полностью устраняет влияние этого фактора. Для маршрутов с весом дуг 2 показано градуальное снижение времени, медианные значения составили 5.710, 2.470, 1.920 и 1.700 с, оценка достоверности тренда по медианному тесту: $\chi^2 = 18.54$, $df = 3$, $\rho = .0003$.

Полученные оценки показывают, что среди факторов, связанных с временем выбора хода, выделяются: (1) количество маршрутов, к которым принадлежит вершина, представляющая выбираемый ход, что указывает на одновременность реализующихся маршрутов; (2) длина маршрутов (каждого из проходящих через вершину). Это указывает на то, что компоненты СИЗ, соответствующие всем вершинам маршрута, включая те, которые еще не реализованы, находятся в состоянии актуализации, а все множество компонентов СИЗ, представляющих маршрут, является целостным образованием. Важно, что длина маршрута и вес дуг, связывающих вершины (выраженность отношения следования) — различные факторы, снижающие время выбора хода; на этом основании можно заключить, что компоненты, включенные в устойчивые маршруты, связаны и отношениями следования, и иными типами отношений, образующих эти множества.

Оценивали правдоподобие гипотезы о том, что устойчивые маршруты связаны с достижением важной цели в игре — приближению к выигрышу. Сопоставляли соотношение расстояний до выигрыша и проигрыша (в количестве дуг орграфа) для первой и последней вершины маршрута. Выделили три группы маршрутов, для которых: (1) расстояние до выигрыша сокращалось, а до проигрыша — увеличивалось (маршрут 35, игрок GV, последовательность ходов 93, 67, 173, для хода 93 до выигрыша 6 дуг, до проигрыша — 2, для хода 173 — 2 и 8 дуг соответственно), всего таких маршрутов найдено 75; (2) расстояние до выигрыша увеличивалось, а до проигрыша — сокращалось (маршрут 11, игрок AY, последовательность ходов 178, 164, для хода 178 до выигрыша 2 дуги, до проигрыша — 3, для хода 164 — выигрыш недостижим, а до проигрыша — 1 дуга), их количество составило 34; (3) расстояние до выигрыша и проигрыша не изменялось (маршрут 13, игрок GA, последовательность ходов 45, 12, 46, для хода 45 до выигрыша 6 дуг, до проигрыша — 5, для хода 46 — 5 и 6 дуг соответственно) — 61 маршрут. Большая часть маршрутов (136 из 170) либо улучшали позицию игрока, либо не ухудшали ее. Маршруты, ведущие к выигрышу, встречаются достоверно чаще, чем ведущие к проигрышу (биномиальный тест, отклонение от вероятности .5, $\rho = .0001$; нижняя граница доверительного интервала — .7, $\rho = .038$).

Реализация маршрутов предпочтительно ведет к улучшению позиции игрока, или, по крайней мере, не ухудшает ее (отдаляя противника от выигрыша и/или приближая его к проигрышу). Следовательно, такие маршруты могут рассматриваться как проявления стратегий игрока, а связанные группы компонентов СИЗ, соответствующие маршрутам, — как *стратегии*.

Одно из важных смысловых положений теории игр состоит в том, что стратегии реализуются для того, чтобы выигрывать, а не проигрывать, т.е. стратегий, направленных на проигрыш, не существует. Для проанализированной нами игры существование вариантов стратегий, которые ведут к выигрышу, сдвигают позицию к такой возможности, не создают предпочтений, неэффективны, или ведут к проигрышу — следствие отбора на множествах формирующихся стратегий. Принятое в данном исследовании правило доводить игру до заключительной позиции, несмотря на очевидность выигрыша/проигрыша через несколько ходов (см. 8.2.3.1), создает условия, в которых «проигрышные» стратегии формируются, проходят отбор. Это обстоятельство определяет большую долю таких стратегий.

К неэффективным относятся такие стратегии, в которые включены ходы дебюта. Дебютные стратегии отделены от заключительной позиции большим количеством ходов, и на этом этапе относительно редко складывается сдвиг позиции к выигрышу или проигрышу (см. редкий пример случая раннего смещения к выигрышу на рисунке 8 А). В анализируемых играх невозможно отделить как «проигрышные», так и «дебютные» стратегии. Но даже такая смещенная выборка показывает высокую долю стратегий, ведущих к выигрышу.

Стратегии выражают общую направленность игры на решение стратегических задач. Перечисление стратегических задач для шахмат приводит О.К. Тихомиров (Тихомиров, 1969, с. 91). Несмотря на то, что эти задачи даны для шахмат, три из них имеют точные аналоги в крестиках-ноликах, по соответствию которым были оценены устойчивые маршруты. Задача № 2 — улучшение положения фигур, отеснение фигур противника; № 4 — укрепление собственной позиции и ослабление позиции противника; № 5 — ограничение контригры противника. Стратегическим задачам № 1 — «мобилизации фигур и центральных пешек и развитию фигур в дебюте» можно поставить в соответствие формирование системы перспективных цепочек (см. 7.5), а задаче № 3 — «размену фигур (“хороших” и “плохих”)» — уничтожение игроками перспективных цепочек друг у друга, характерное для миттельшпиля.

«Стратегия выясняет, что нужно делать игроку, ... тактика — как это делать» (Тихомиров, 1969, с. 91). Согласно этому определению, цель реализации устойчивой последовательности ходов соответствует стратегии, а конкретные ходы, реализующие стратегию — частным «тактикам». Именно такое понимание стратегии дано в работе (Greene, Smith, Lindsey, 1990): стратегия, как структурное образование, может быть определена как последовательность тактик. Соотнесенность ходов как компонентов стратегии, с одной стороны, с конкретными позициями на игровом поле, а с другой — с тактическими («мобильными») средствами достижения стратегических целей показана (Billman, Shaman, 1990).

С этой точки зрения стратегии представляются как структуры, гибко формирующиеся для того, чтобы учитывать и преодолевать изменяющиеся

обстоятельства (Crowley, Siegler, 1993). Эти авторы описали формирование стратегий в игре крестики-нолики на поле 3×3 у детей. Они анализировали стратегии как формирующиеся целевые структуры в терминах *блокирования выигрыша противника* и *построения «вилки»* (Crowley, Siegler, 1999)¹. Заметим, что эти структуры с одной стороны точно соответствуют критериям стратегии, данным О.К. Тихомировым (1969, с. 91), а с другой — скорее перечисленным Тихомировым «элементам шахматной тактики», чем собственно стратегиям (там же, с. 92). Это объясняется ограничениями, которые накладывают на игры типа крестиков-ноликов размер игрового поля (см. 7.3). Такие ограничения снимаются на использованном нами поле 15×15.

Приведенное понимание организации стратегий, если дополнить его описанием в терминах ходов игры (см. 7.6.2: «Описание деревьев игры в полухода и ходах»), находится в соответствии с представлением о «вариантах» шахматной игры — «ходах белых и черных, объединенных в последовательный непрерывный ряд» (Тихомиров, 1969, с. 92).

Преимущественная связь стратегий с продвижением к выигрышным ситуациям (аналогичная предпочтительной связи частоты реализации ходов с направленностью на выигрыш: см. 8.2.2), может свидетельствовать о том, что реализующиеся как стратегии последовательности ходов фиксируются и актуализируются в целостных группах компонентов СИЗ. В пользу такой интерпретации результатов говорит также установленная связь времени реализации первых компонентов, составляющих стратегию, с длиной стратегии. Представление о том, что стратегии фиксируются в памяти и для достижения стратегических целей извлекаются из памяти, сформулировано в работе (Reder, 1988). Л. Редер, анализируя стратегии верификации суждений испытуемыми (не в игровой ситуации!), также приходит к выводу, что стратегии в процессе их формирования проходят адаптивную селекцию, а при вынесении суждений одновременно извлеченные из памяти (актуализированные) стратегии находятся в отношениях конкуренции. Необходимое условие конкуренции стратегий — их одновременная реализация. Возможность одновременной реализации нескольких стратегий решения задач показана Д.Н. Завалишиной (Завалишина, 1965). Именно конкуренция одновременно актуализированных стратегий может проявляться в увеличении времени выбора хода, если ход игры является компонентом нескольких стратегий.

¹ В литературе распространены также представления о стратегиях не как структурных образованиях, а, например, как «некоторый способ приобретения, сохранения и использования информации, служащий достижению определенных целей...» (Брунер, 1997, с. 136), как «*паттерн* адаптивного поведения» (Reber, 1995, р. 760) или как более или менее диффузную *характеристику* направленности поведения на отдаленные цели (например, Grasso, Assaiante et al., 1998). (Выделено мной — И.А.).

8.3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Установлено 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, оценок 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.

Для решения задачи реконструкции СИЗ важно опираться на приведенные соотношения строения графа игры и характеристик поведения. Фундаментальное значение имеет установленное соответствие *хода игры* единичному акту взаимодействия индивида с предметной областью — *поведенческому акту*. Точное соответствие хода игры поведенческому акту является необходимым условием гомоморфного отношения между структурой графа игры и СИЗ. Если бы ход игры реализовывался как последовательность двух актов (первый акт — интервал между постановкой знака противником и игроком, а второй — между игроком и ответом противника), или составлял бы часть поведенческого акта, то в качестве описания игры следовало бы использовать граф, вершины которого представляют позиции, полуходы либо иные единицы анализа, но не граф, описывающий игру в ходах. Именно потому, что ходы игры, с одной стороны, характеризуют взаимодействия с предметной областью, а с другой — соответствуют поведенческим актам, оказывается возможным соотносить структуру графа и СИЗ, используя ключевое представление СЭП о том, что в основе реализации поведенческого акта лежит актуализация компонента структуры индивидуального опыта, а компонент СИО фиксирует модель совершенного взаимодействия индивида с предметной обла-

стью в специализациях группы нейронов (Александров, 2003, 2004а; Александров, Греченко, Гаврилов и др., 1997; Швырков, 1995; см. также 5.3 и 5.4).

Таким образом, исходя из прошедшей оценку системы гипотез, в основе которой лежит предположение о гомоморфизме между структурами графа игры и индивидуального знания, СИЗ может быть представлена как множество *компонентов*, соответствующих актам игры различного типа, связанных *отношениями*. Выделяются *отношения следования*, которые определяют последовательность актуализации компонентов (реализации актов игры), *отношения AND, XOR, IOR*, которые ограничивают состав групп компонентов, связанных с различными содержательными характеристиками игры, — *доменов* и обуславливают их *суборганизацию* (см. 3.2.3 и 7.6.4.4), а также особый *тип отношений, связывающий компоненты в группы, актуализирующиеся как стратегии*. Можно полагать, что существуют стратегии двух типов: на графе первому из них соответствуют пути (маршруты), не включающие циклов, а второму — содержащие циклы (см. 7.6.4.2), обозначим их как *линейные* и *циклические стратегии*. Выделяются также *группы компонентов, представляющие акты игры, обладающие сходством по начальной позиции и ее преобразованию игроком*, но не по заключительной позиции; на графе они представлены как «расщепленные вершины» (см. 7.6.4.2).

По особенностям организации СИЗ, как и гомоморфный ей граф игры, может быть охарактеризована как неоднородная семантическая сеть, поскольку компоненты СИЗ связаны различными типами отношений (см. 3.2.3). На неоднородной семантической сети, представляющей СИЗ, можно выделить две составляющие, одна из которых описывается с помощью орграфа 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).

ГЛАВА 9

ЗАКОНОМЕРНОСТИ АКТУАЛИЗАЦИИ

9.0. ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ ГИПОТЕЗЫ

Из результатов исследования соотношения структуры графа игры (гл. 8) с характеристиками поведения игрока следуют положения, важные для изучения структуры индивидуального знания и процессов ее формирования:

- 1) множества компонентов СИЗ, соответствующих альтернативным актам, актуализируются одновременно (8.2.3.3);
- 2) уровень актуализации (УА) компонентов может варьировать, проявляясь в вероятности выбора соответствующего акта поведения (8.2.3.3);
- 3) компоненты в соответствии с отношениями между ними проявляют различную степень совместимости при актуализации (8.2.3.4).

Можно предположить, что разнообразие временных характеристик поведения и эффективность поведения связаны с такими характеристиками актуализированного множества компонентов СИО/СИЗ, как УА и степень совместимости.

Цель исследований, представленных в данной главе, состоит в том, чтобы установить: (1) как одновременная актуализация наборов компонентов СИО, соответствующих альтернативным вариантам развития поведения, и уровень их актуализации проявляется во временных характеристиках поведения и его эффективности, (2) соотношение этих наборов на протяжении реализации поведенческого акта при выборе одного из возможных вариантов развития поведения.

Использовали задачи распознавания и обнаружения сигнала; в качестве альтернативных вариантов поведения рассматривали различные исходы решения этих задач. Такой выбор обусловили: 1) относительная простота описания последовательности поведенческих актов и 2) выделения ключевых событий в поведении в этих ситуациях, необходимые для оценки временных характеристик, 3) определенность и ограниченность исходов распознавания/обнаружения, а также 4) возможность формальной оценки эффективности выполнения задачи, которую предоставляют разработанные в психофизике приемы.

В первой ситуации у животного, обученного решать задачу обнаружения порогового сигнала, сопоставляли состав наборов нейронов, связанных с поведением при различных исходах обнаружения, и оценивали соотношение этих наборов на протяжении реализации решения задачи. Исходя из представлений о специализации нейронов относительно определенных актов поведения (Александров, 2004а; Александров, Греченко, Гаврилов и др., 1997; Швырков, 1988, 1995), по составам наборов нейронов, активных при разных исходах обнаружения, судили о составе наборов компонентов СИО, представляющих соответствующие поведенческие акты, а также о динамике соотношения между этими наборами при решении задачи обнаружения.

1.1. Гипотеза о специфике наборов компонентов СИО, представляющих альтернативные поведенческие акты, реализующие разные исходы обнаружения.

Исходам обнаружения сигнала соответствуют частично перекрывающиеся, но различные по составу наборы активизирующихся нейронов. Иная альтернатива состоит в том, что не существует связи активности нейронов с конкретным исходом обнаружения (или некоторыми исходами). Одна из этих альтернатив должна быть отвергнута.

1.2. Гипотеза о динамике соотношения между наборами компонентов СИО, представляющих поведенческие акты, соответствующие разным исходам обнаружения.

Наборы нейронов, активации которых связаны с различными исходами обнаружения, активны одновременно; на протяжении реализации поведенческого акта происходит селекция этой смешанной совокупности, снижение активности одних наборов нейронов при сохранении или увеличении активаций у нейронов из других наборов. Должна быть отвергнута либо приведенная альтернатива, либо иная, согласно которой уровень активности нейронов, специфически связанных с исходом обнаружения, (или вероятность их активации) на протяжении поведенческого акта остается неизменным.

Во второй ситуации участники исследования должны были распознавать два сигнала, предъявляемых в случайной последовательности, отмечая их нажатием двух кнопок правой и левой рукой — чтобы сделать одновременную

реализацию альтернативных актов распознавания доступной измерению. УА каждого из альтернативных актов оценивали по уровню проявлений электрической активности мышц (электромиограмма, ЭМГ), вовлекающихся в реализацию поведения. Используя эту модель, рассматривали следующие гипотезы:

2.1. Об одновременности актуализации наборов компонентов СИО, представляющих альтернативные поведенческие акты.

Хотя распознавание сигналов методически задается как последовательность альтернативных поведенческих актов, и выполнение актов инструментально разделено (левая и правая рука), существует широкий спектр степени их одновременности: от полного отсутствия признаков реализации одного из актов при совершении другого до частных проявлений совершения акта в ЭМГ одной руки при исполнении другого акта, и далее — до одновременной реализации альтернативных актов в развернутой форме. Эта альтернатива должна быть отвергнута, если не будет выявлено воспроизводящихся соотношений ЭМГ-активаций в мышцах правой и левой руки, свидетельствующих о параллельной реализации альтернативных поведенческих актов.

2.2. О связи соотношения уровня актуализации альтернативных наборов компонентов СИО с временными характеристиками и эффективностью поведения.

Различным соотношениям уровня ЭМГ-активности в мышцах левой и правой руки, вовлекающихся в реализацию альтернативных актов, соответствуют разные временные характеристики распознавания сигнала и вероятности исходов распознавания. Если таких закономерных связей не будет выявлено, то приведенная выше альтернатива должна быть отвергнута.

9.1. АКТУАЛИЗАЦИЯ КОМПОНЕНТОВ СИО ПРИ РАЗНЫХ ИСХОДАХ ОБНАРУЖЕНИЯ СИГНАЛА

9.1.1. МЕТОДИКА

Для задания ситуации обнаружения сигнала использовался метод границ в восходящем варианте. Для этого был применен стимулятор, позволяющий предъявлять серии вспышек нарастающей яркости (по 3 ÷ 7 вспышек в серии), длительность вспышек 50 мс, интервал между ними 1000 или 1200 мс в опытах с разными животными. Диапазон изменения яркости составлял 10^{-6} ÷ 10^{-2} нт. Вспышки предъявлялись на экране (рисунок 1 А, 1) размером 30 × 40 мм.

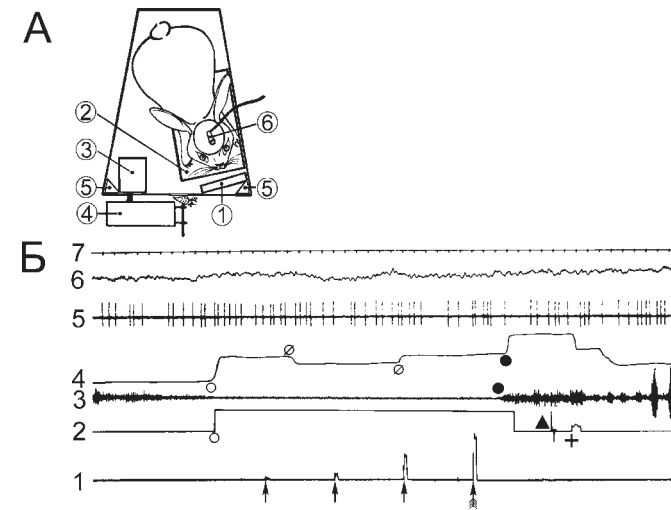


Рис. 1. Схема ситуации обнаружения сигнала и регистрации показателей. **А** — схема клетки, в которой кролик решает задачу обнаружения: 1 — экран, на котором предъявляются вспышки света; 2 — площадка, на которой кролик ожидает предъявление вспышек; 3 — педаль, включающая устройство подачи пищи (4); 5 — фотоэлектрические пластинки, регистрирующие положение светодиода на голове кролика (6). **Б** — регистрируемые показатели: 1 — яркость вспышек света, (необнаруженные вспышки помечены простыми стрелками, обнаруженная — оперенной стрелкой); 2 — отметки событий в поведении — простой светлый кружок — наступание на площадку (Б, 2), черный треугольник — нажатие на педаль (Б, 3) и срабатывание устройства подачи пищи (Б, 5), крест — касание пищи; 3 — запись ЭМГ-активности *m. masseter*, черный кружок — начало движения к педали (Б, 3), по ЭМГ-активности видно также неподвижное положение в период ожидания вспышек света, захват пищи, грызение, начало регулярного жевания; 4 — перемещения головы в поведенческом цикле — простой светлый кружок — наступание на площадку (Б, 2), перечеркнутые кружки — движения при ожидании вспышек, черный кружок — начало движения к педали (Б, 3); 5 — спайковая активность, 6 — ЭЭГ; 7 — отметка времени (200 мс)

Исследование проведено на 10 свободно подвижных кроликах. Животных обучали ожидать предъявление вспышек света на экране (рисунок 1 А, 1) в заданной позе на специальной площадке (2), и после появления вспышки света нажимать на педаль (3), которая включала устройство (4), подающее порцию пищи. При отсутствии вспышек нажатие на педаль было неэффективным. Яркость вспышек света подбиралась таким образом, чтобы животные обнаруживали 3-ю или 4-ю вспышку в серии.

Примененная модификация метода границ за счет того, что интервал наблюдения начинается до предъявления вспышек (за $1 \div 10$ с), допускает возможность появления ложных тревог, которые определяли как побежки кролика к педали в интервале до начала предъявления вспышек. В этом случае предъявление серии вспышек отменялось. Исход «правильные отвергания» в данной модификации метода отсутствует, хотя в этом качестве может рассматриваться отсутствие ложной тревоги в интервале между моментом принятия позы ожидания вспышек и началом их предъявления. Отсутствие побегов кролика к педали при предъявлении вспышек рассматривали как пропуск сигнала. Для того чтобы разделить пропуски сигнала и отсутствие пищедобывательного поведения при низкой пищевой мотивации или сонном состоянии, как пропуск сигнала рассматривали случаи отсутствия побегов к педали при предъявлении вспышек, если они повторялись не более трех раз подряд, перемежаясь с ложными тревогами и правильными обнаружениями, а также при наличии характерной ЭЭГ бодрствования.

В экспериментах регистрировали (рисунок 1 Б): моменты предъявления вспышек света, нажатия на педаль, захвата пищи, наступания на площадку при принятии позы; движения головы кролика (при помощи фотоэлектрической методики) и (или) ЭМГ-активность жевательных мышц биполярными электродами, вживляемыми внутримышечно в *m. masseter*. Показано, что активность *m. masseter* появляется до начала движения головы животного, даже если нижняя челюсть не выходит из положения покоя (Александров, Гринченко, 1979), этот показатель — наиболее раннее проявление начала движения к педали. Спайковую активность нейронов зрительной и моторной областей коры (координаты $E-9$ и $A+2$ по атласу Gangloff, Monnier, 1961) регистрировали по методике (Гринченко, Швырков, 1974). Регистрировали ЭЭГ зрительной области коры в полосе до 1000 Гц, постоянная времени 2 с. Потенциалы отводили игольчатыми нихромовыми электродами, вколотыми в кость черепа, референтный электрод располагался над лобными пазухами. Медленную и спайковую активность, а также отметки событий в поведении записывали на магнитную ленту. ЭЭГ усредняли, а для спайковой активности строили гистограммы на мини-ЭВМ «Plurimat-S». Активность нейронов анализировали также по ее воспроизведению на бумаге с редуцией скорости в 4–10 раз.

Рассматривали активность нейронов, зарегистрированных не менее чем в 4 реализациях. Анализ импульсной активности проводили по гистограммам; критерием активации нейрона на каком-либо этапе поведения служило возрастание его активности на 50% относительно активности на других этапах.

Нейроны классифицировали по связи их активности при правильных обнаружениях сигнала с (1) поведенческими актами ожидания предъявления сигнала (АО) и побежки к педали (АП), этапы «ожидания» и «отчета» характерны для решения задачи обнаружения (Бороздина, 1973; Ярвилехто, 1984), и (2) исходами обнаружения. Переход от акта ожидания к акту отчета в соответствии с предъявлением вспышки света рассматривали как правильное обнаружение, при отсутствии сигнала — как ложную тревогу, продолжение ожидания при предъявлении сигнала — как пропуск сигнала.

Для сравнения гистограмм применяли критерии знаков и χ^2 . Достоверными считали различия при $p \leq 0,05$.

9.1.2. РЕЗУЛЬТАТЫ

9.1.2.1. Характеристики ситуации обнаружения

Медианное значение яркости обнаруженных вспышек составило $5 \cdot 10^{-5}$ нт, при размахе от $2 \cdot 10^{-5}$ до $1 \cdot 10^{-4}$. В поведении животных наблюдались правильные обнаружения, пропуски сигнала и ложные тревоги. Соотношение вероятности правильных обнаружений (среднее для всей группы животных — 0,75) и ложных тревог (0,27) показывает, что примененные сигналы относятся к пороговой зоне актуальных сомнений — к категории слабых сигналов (Бардин, 1976).

9.1.2.2. Анализ активности нейронов

Проанализирована активность 61 нейрона зрительной и 60 нейронов моторной областей коры мозга. Из них 45 клеток зрительной и 44 клетки моторной областей коры давали активации, связанные с исследуемым поведением.

9.1.2.2.1. Связь активности нейронов с актами ожидания предъявления сигнала и побежки к педали

Активность нейронов этих групп при правильных обнаружениях сигнала была связана либо с АО, либо с АП, либо с какими-либо этапами реализации этих актов. На рисунке 2 показана активность нейронов, связанная с АО (рисунок 2, I, нейрон моторной области коры) и с АП (рисунок 2, II

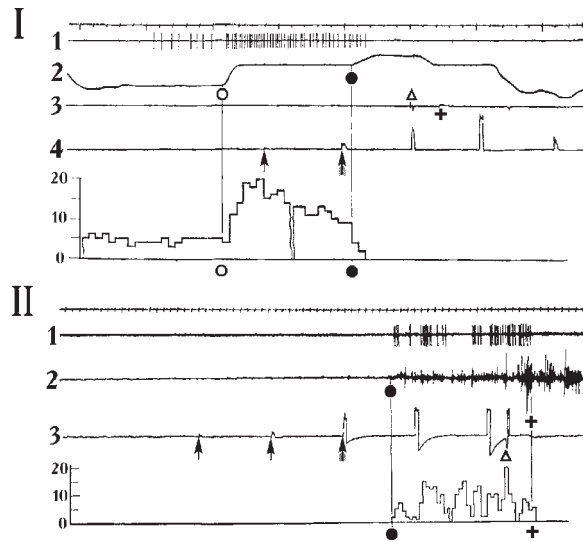


Рис. 2. Связь активности нейронов с актами ожидания предъявления всплшек света (I) и побежки к педали (II). На I: 1 — нейронограмма, активность нейрона моторной области, 2 — запись движения головы, 3 — отметки событий в поведении, 4 — отметки предъявления всплшек; на II: 1 — нейронограмма, активность нейрона зрительной области, 2 — ЭМГ (m. masseter), 3 — отметки событий в поведении и предъявления всплшек. Референтные точки построения гистограмм указаны под ними. Остальные обозначения — как на рисунке 1.

зрительная область). Активация нейрона моторной области продолжается с момента принятия позы ожидания предъявления сигнала до начала движения к педали (рисунок 2, I), а нейрона зрительной области — с начала побежки к педали до захвата пищи (рисунок 2, II). Группу нейронов, активность которых связана с АО, составили 12 нейронов зрительной и 12 — моторной области коры. В другую группу нейронов, активность которых связана с АП, вошли 11 нейронов зрительной и 12 — моторной области коры.

Другая группа нейронов проявляла связь с этапами поведенческих актов. На рисунке 3 показаны примеры активности таких нейронов: нейрон моторной области коры активируется в начале АО и в начале АП (рисунок 3, I), а нейрон зрительной области — между предъявлением всплшки света и началом побежки к педали, т.е. на интервале перехода от АО к АП (рисунок 3, II).

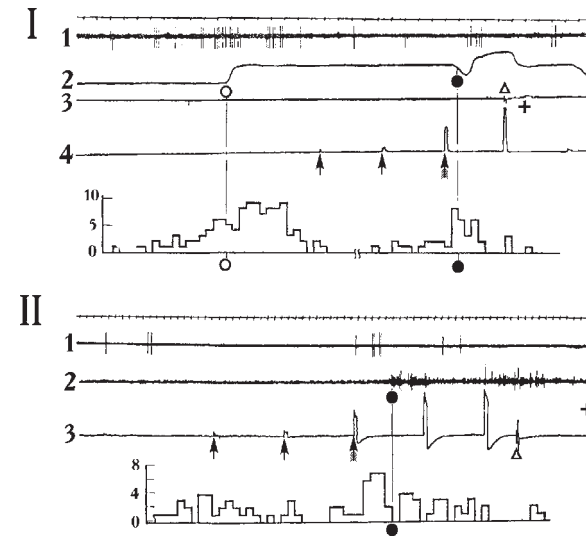


Рис. 3. Связь активности нейронов с этапами актов ожидания предъявления всплшек света (I) и побежки к педали (II). Все обозначения — как на рисунке 1

В связи с отдельными этапами поведения активировались 22 клетки зрительной области: у 18 нейронов такие активации соответствовали начальному моменту принятия позы (как на рисунке 3, I), микродвижениям при ее поддержании, движениям головы к экрану, нажатию на педаль, захвату пищи и т.д.; у 4-х нейронов установить соответствие активаций какому-либо феномену в поведении не удалось. У 17 из этих 22 клеток короткие активации наблюдались на обоих этапах поведения, а у 5 — либо во время ожидания, либо только на этапе отчета. Активации, связанные с перечисленными выше этапами поведения, выявлены у 19 клеток моторной области коры, причем у 12 клеток такие активации присутствовали на обоих этапах поведения.

9.1.2.2.2. Активность нейронов при различных исходах обнаружения (гипотеза 1.1)

Варианты различий активности и частота их встречаемости

При разных исходах обнаружения активность нейронов могла быть как одинаковой, так и различаться. На рисунке 4 показана неизменная связь активности нейрона моторной области коры с АО. Активация нейрона начинается в связи с принятием позы и продолжается на всем интервале ее поддержания вплоть до начала побежки к педали — при правильных обнаружениях

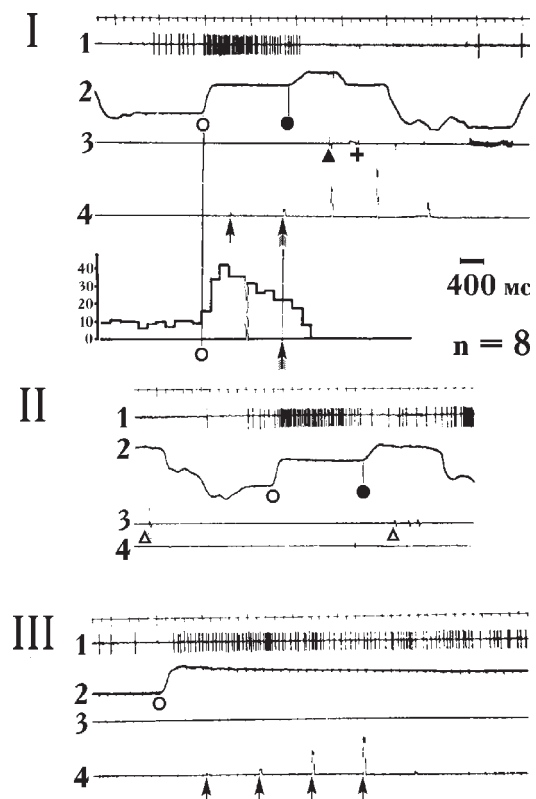


Рис. 4. Постоянная связь активности нейрона моторной области коры с актом ожидания предъявления всплеск при правильных обнаружениях сигнала (I), ложных тревогах (II) и пропусках сигнала (III). Обозначения — как на рисунке 2, I)

(рисунок 4, I), ложных тревогах (рисунок 4, II) и пропусках сигнала (рисунок 4, III). Заметим, что активность этого нейрона прекращается в начале движения к педали при правильных обнаружениях, но не при ложных тревогах. Активность лишь снижается при трех последовательных нажатиях на педаль в период ее неэффективности (см. рисунок 4, II, 3) причем с этого момента начинает развертываться активация, связанная со следующим актом ожидания предъявления сигнала.

Различающаяся активность нейронов зрительной и моторной областей коры показана на рисунках 5 и 6.

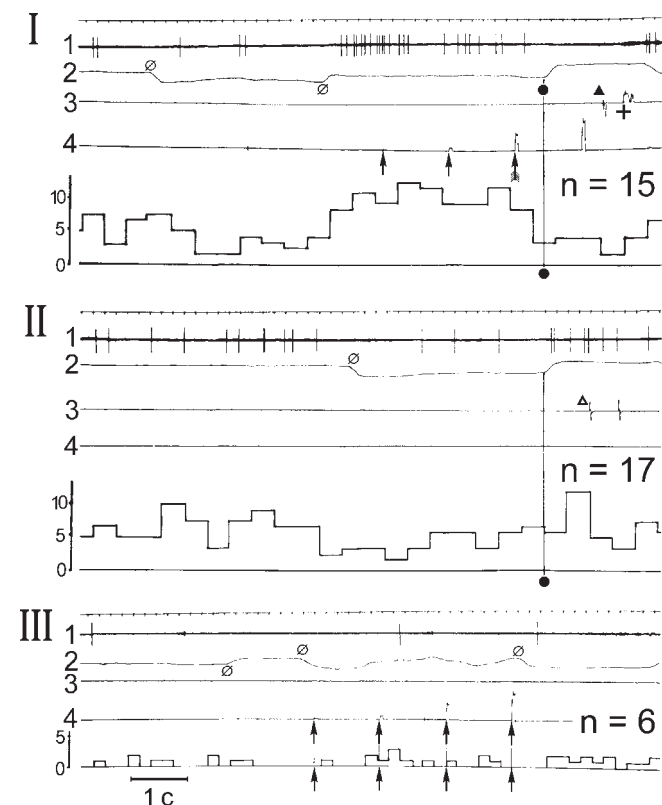


Рис. 5. Различная активность нейрона зрительной области коры в акте ожидания всплески света при правильных обнаружениях сигнала (I), ложных тревогах (II) и пропусках сигнала (III). Обозначения как на рисунке 4

У нейрона зрительной области коры (рисунок 5) при правильных обнаружениях на протяжении акта ожидания предъявления всплески активности возрастает, а при ложных тревогах — снижается; при пропусках сигнала активность снижается до случайного уровня.

Активность нейрона моторной области (рисунок 6) при правильных обнаружениях возрастает в АО на интервале, соответствующем предъявлению всплеск света (I), а при ложных тревогах сохраняет неизменный уровень до развертывания АП (II). При пропусках сигнала активность этого нейрона снижается в период предъявления всплеск света; заметим, что падение уровня

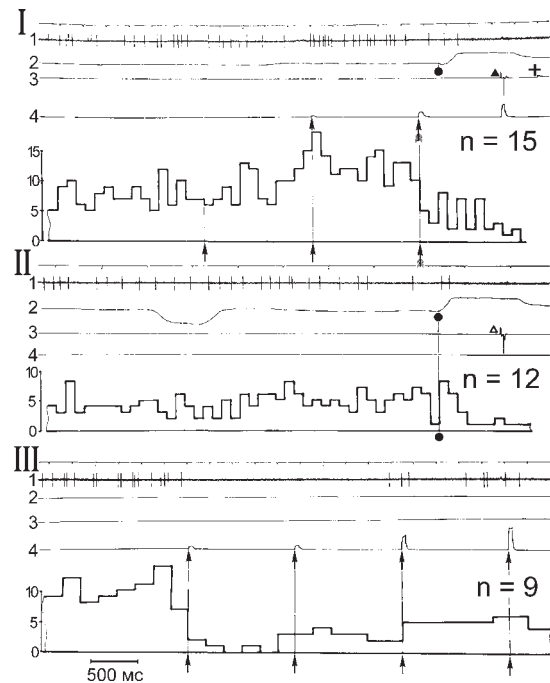


Рис. 6. Различная активность нейрона зрительной области коры в акте ожидания вспышки света при правильных обнаружениях сигнала (I), ложных тревогах (II) и пропусках сигнала (III). Обозначения — как на рисунке 4

Таблица 1

Распределение частоты сходства/различия активности нейронов в акте ожидания предъявления вспышек при различных исходах обнаружения

Активность нейронов	Область коры	Сопоставляемые исходы обнаружения		
		Правильные обнаружения и ложные тревоги	Правильные обнаружения и пропуски сигнала	Ложные тревоги и пропуски сигнала
Одинаковая	Моторная	15	6	6
	Зрительная	12	6	16
Различная	Моторная	8	8	4
	Зрительная	16	15	6

активности связано с моментом предъявления вспышки, яркость которой не достигает порога обнаружимости (порядка $5 \cdot 10^{-6}$ нт).

Различия в активности при разных исходах обнаружения достоверно чаще наблюдались при реализации АО (у 25 клеток из 55), чем на протяжении АП (у 3 клеток из 43): $\chi^2 = 21.73$, $df = 1$, $p = 3.46 \cdot 10^{-6}$.

Результаты анализа соотношения активности нейронов в акте ожидания предъявления вспышек при различных исходах обнаружения показаны в таблице 1. Частота встречаемости различий в активности для нейронов моторной и зрительной областей коры не различается (для всей совокупности $\chi^2 = 0.69$, $df = 1$, $p = 0.41$, наибольшее различие — для сопоставления правильных обнаружений и ложных тревог, точный критерий Фишера, $p = .095$). Частота встречаемости сходных и различных конфигураций активности в сравниваемых исходах обнаружения также не различается (биномиальный тест, соотношение эмпирических вероятностей $.52 / .48$, отличие от равновероятного соотношения $.5 / .5$, $p = .782$). Различия в активности нейронов одинаково часто встречаются при правильных обнаружениях по сравнению с ложными тревогами и пропусками сигнала (для этих сравнений $\chi^2 \leq 2.21$, $df = 1$, $p \geq 0.13$), но различия при ложных тревогах более часты, чем при пропусках сигнала ($\chi^2 = 6.62$, $df = 1$, $p = 0.010$).

Соотношение частоты спайковой активности при разных исходах обнаружения

Сопоставление средней частоты спайковой активности в АО при правильных обнаружениях и ложных тревогах показало, что для нейронов, активации которых связаны с АП, при ложных тревогах характерно повышение фоновой активности на протяжении АО — у 15 из 22 нейронов (активность трех клеток не изменилась) (критерий χ^2 , $p = 0.004$). Для группы нейронов, активность которых связана с АО, найдено снижение уровня активности при реализации этого акта перед совершением ложной тревоги — у 16 из 20 (критерий χ^2 , $p = 0.007$). Для группы нейронов, активирующихся как в АО, так и в АП, найдена выраженная тенденция к повышению активности в АО в том случае, если у этих клеток не происходит снижений активности в связи с каким-либо этапом акта побуждения к педали, что показано для 10 из 13 клеток (критерий χ^2 , $p = 0.005$). Если у этих нейронов наблюдалось снижение или паузы в активности при побуждении, у них могла падать частота активности в АО (у 4 из 6 клеток). Для клеток, не проявивших связь с рассматриваемым поведением, выраженной связи изменения частоты разрядов с совершением ложной тревоги не найдено.

Сравнение средней частоты активности в АО при правильных обнаружениях и пропусках сигнала показало, что из рассмотренных выше групп нейронов лишь у 4 клеток, активирующихся только на протяжении АО, уровень

активности в этих ситуациях различен. Для этих нейронов характерно уменьшение активности при пропусках сигнала — у 11 из 14 клеток ($\rho = .033$). Также была найдена тенденция к увеличению активности при пропусках сигнала у нейронов, тормозящихся на каком-либо этапе побежки к педали, — у 14 клеток из 19 ($\rho = .039$). Из 6 клеток, не вовлекающихся в наблюдаемое поведение, но имеющих «фоновую» активность, у 4 клеток было отмечено увеличение активности при пропусках сигнала, а 2 — сохранили уровень активности.

Поскольку при разных исходах обнаружения у одних групп нейронов уровень активности повышается, а у других — падает, в целом уровень активности, рассчитанный как средняя частота спайковой активности для всей группы зарегистрированных нейронов, не различается при различных исходах даже для $\rho = 0.2$. Изменения затрагивают именно состав нейронов, активирующихся в АО и/или АП.

Выявленные различия в приуроченности активаций (а также уровня активности) нейронов к определенному исходу обнаружения сигнала позволяет отвергнуть ту альтернативу гипотезы 1.1, согласно которой при различных исходах обнаружения состав активных нейронов (а также уровень их активности) остается неизменным.

9.1.2.3. Изменение различий в активности нейронов при разных исходах обнаружения на протяжении АО (гипотеза 1.2)

Для того чтобы оценить изменение соответствия активности нейронов определенному исходу обнаружения на протяжении поведенческого акта ожидания предъявления сигнала, для каждого нейрона сравнивали гистограммы активности для правильных обнаружений сигнала и ложных тревог. Эти исходы обнаружения были выбраны для сравнения, потому что начало движения животного к педали является общим для этих случаев референтным событием; для сопоставления нейрональной активности при ложных тревогах или правильных обнаружениях с пропусками сигнала такой референтной точки не выделяется.

Для каждого нейрона определяли интервалы, на которых различия в активности при правильных обнаружениях и ложных тревогах достоверны (по критерию знаков). Интервалы, на которых были определены различия для каждого нейрона показаны на рисунке 7. Например, верхняя линия на рисунке 7, 2 отмечает достоверные различия активности для нейрона зрительной области коры при правильных обнаружениях (рисунок 5, I) и ложных тревогах (рисунок 5, II). Верхняя линия на рисунке 7, 3 представляет результат аналогичного сопоставления для нейрона моторной области коры, показанного на рисунке 6.

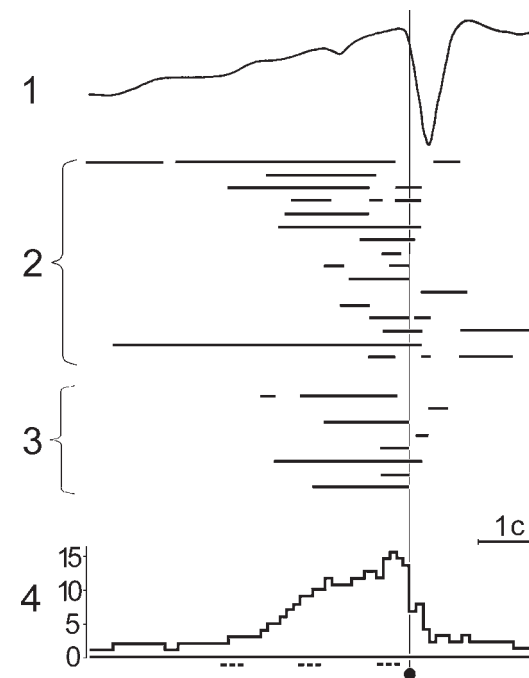


Рис. 7. Изменение состава активирующихся нейронов на протяжении акта ожидания предъявления вспышки света. Показаны результаты сравнения гистограмм активности нейронов, построенных от начала движения кролика к педали (черный кружок) при правильных обнаружениях и ложных тревогах. Горизонтальные линии отмечают интервалы, на которых активность определенных нейронов в сравниваемых исходах достоверно различна ($\rho \leq 0,05$; критерий знаков). 1 — схема медленного потенциала, сопровождающего поведенческий акт; различия активности для нейронов: 2 — зрительной, 3 — моторной области коры, 4 — гистограмма распределения различий активности нейронов при сравниваемых исходах обнаружения. Пунктирными линиями под гистограммой отмечены интервалы, соответствующие предъявлению вспышек света в случае правильных обнаружений

Сумма этих интервалов, представленная гистограммой на рисунке 7, 3, показывает, что активность нейронов при правильных обнаружениях и ложных тревогах в начале акта ожидания предъявления вспышек света мало различается, вероятность различий начинает возрастать за 2 с до завершения АО и на интервале, близком к началу движения животного к педали, резко снижается. На протяжении АО состав активирующихся нейронов изменяется так, что в начале он одновременно соответствует разным исходам обнаружения, затем становится специфичным для одного конкретного исхода, причем максимум специфичности состава достигается к моменту завершения АО и переходу к АП — в интервале между предъявлением вспышки и началом движения к педали.

Таким образом, полученные данные дают основания отвергнуть альтернативу гипотезы 1.2, согласно которой уровень активности нейронов или вероятность их активаций, специфически связанных с определенным исходом обнаружения, остается неизменным на протяжении поведенческого акта.

9.1.3. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ I

Установлено, что наборы нейронов, активность которых связана с реализацией поведенческих актов ожидания предъявления вспышки и побежки к педали, а также уровень активности нейронов, входящих в эти наборы, различаются при разных исходах обнаружения сигнала. Эти различия охватывают около половины исследованной совокупности нейронов, они равномерно распределены между нейронами зрительной и моторной областей коры (см. 9.1.2.2.2, а также таблицу 1), а степень различия возрастает на протяжении поведенческого акта ожидания предъявления вспышек, достигая максимума при переходе к акту побежки к педали (акту «отчета»).

Из основных положений концепции специализации нейронов относительно систем поведенческих актов (Александров, 2004а, 2004б, 2005; Швырков, 1995; см. также 5.4 и 10.0), следует, что в различном составе активирующихся нейронов проявляются различия наборов функциональных систем, обеспечивающих поведение. Методические приемы, примененные в данном исследовании, не позволяют установить специализацию каждого из зарегистрированных нейронов (необходимые приемы описаны в: Горкин, Шевченко, 1990, 1991, 1995), однако известно, что вариации вероятности активации нейрона отражают отношения между актуализированными в данном поведении функциональными системами (см.: Горкин, Шевченко, 1990, 1991, 1995, а также гл. 10), представляющими компоненты СИО. По изменениям частоты спайковой активности нейронов можно судить об уровне актуализации компонентов СИО, которые представлены данными нейронами (Швырков,

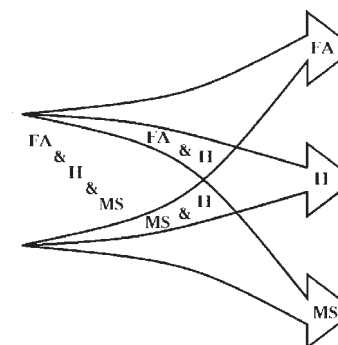


Рис. 8. Изменение состава набора компонентов СИО, актуализированных на протяжении акта ожидания предъявления сигнала: FA — ложные тревоги; H — правильные обнаружения; MS — пропуски сигнала; где FA, H, MS — наборы компонентов СИО, соответствующие одному из перечисленных исходов обнаружения, & (логическое «И») — актуализация компонентов СИО, связанных с одним из исходов. Расходящиеся стрелки указывают направление процесса дифференциации набора компонентов (FA & H & MS), смешанного в начале акта ожидания, на различные наборы по их соответствию исходам обнаружения (FA, H, MS). Промежуточный вариант смешения FA & MS не показан

1995). Таким образом, по установленным характеристикам активности нейронов при правильных обнаружениях, ложных тревогах и пропусках сигнала, возможна реконструкция особенностей набора компонентов СИО при этих исходах обнаружения, динамики изменения состава набора компонентов и уровня их актуализации при реализации АО и АП.

Три характеристики набора СИО, связанного с будущим исходом обнаружения (возможно, определяющими его): (1) набор компонентов СИО, лежащих в основе АО; (2) УА этих компонентов; (3) УА компонентов, реализующих АП в акте ожидания вспышек света.

В начале акта ожидания вспышек света набор актуализированных компонентов СИО представляет собой недифференцированную совокупность компонентов, связанных с альтернативными исходами обнаружения. На протяжении АО происходит дифференциация набора; актуализация одного из подмножеств компонентов, соответствующего определенному исходу обнаружения возрастает, в то время как других подмножеств — снижается. Одновременно изменяется УА компонентов СИО, связанных с актом побежки к педали. Так, если снижается УА компонентов СИО, связанных с реализацией АО

(нейрон, представляющий компоненты этого типа, показан на рисунке 5), и это снижение сопровождается повышением уровня актуализации компонентов, лежащих в основе АП (см. 9.1.2.2.2), то вероятность совершения ложной тревоги весьма высока. Описанное соотношение актуализации групп компонентов СИО, соответствующее ложной тревоге, соответствует предположению Н.И. Чуприковой о роли предпусковой интеграции в происхождении ложных тревог (Чуприкова, 1979). При инверсии соотношения актуализации компонентов СИО, связанных с АО и АП, возрастает вероятность правильного обнаружения. При снижении уровня актуализации компонентов СИО, связанных с реализацией АО и АП, падает вероятность и ложных тревог, и правильных обнаружений, а наиболее вероятным исходом становится пропуск сигнала.

В описанных соотношениях проявляются, по-видимому, отношения конкуренции между наборами компонентов СИО, реализующими последовательные поведенческие акты АО и АП. Заметим, что наборы компонентов, связанных с АО при различных исходах обнаружения, также конкурируют друг с другом — одновременная их реализация маловероятна, хотя и возможна (см. 9.2.2.4.1, таблица 4). На этапе реализации АО, когда одновременно актуализированы наборы компонентов СИО, связанные с альтернативными исходами обнаружения, уровень их актуализации низок и уравнен. На протяжении АО равновесное состояние нарушается: у одних наборов УА возрастает, у других — падает.

Таким образом, одновременная актуализация наборов компонентов СИО, связанных с конкурирующими поведенческими актами возможна в широком диапазоне соотношений уровней их актуализации. Однако равенство уровня актуализации таких наборов возможно в середине диапазона. В более широких пределах соотношение уровней актуализации конкурирующих компонентов СИО характеризуется реципрокностью: при увеличении УА компонентов, принадлежащих одному набору, УА компонентов, составляющих другой набор, снижается.

Сопоставление динамики изменения состава набора компонентов СИО на протяжении АО с конфигурацией медленного потенциала, сопровождающего реализацию АО, показывает их соответствие (рисунок 7, ср. 1 и 4). Поскольку конфигурация медленных ЭЭГ-потенциалов, сопровождающих поведенческие акты, универсальна (см. 8.2.1, а также: Максимова, Александров, 1987), можно предположить, что процесс перехода от исходно неоднородного набора компонентов СИО, соответствующего нескольким альтернативным вариантам развития поведения, к набору компонентов, который соответствует определенному поведенческому акту, характерен для любых поведенческих ситуаций. В таком случае и закономерности изменения соотношения УА групп компонентов СИО, связанных с разными вариантами реализации акта, должны быть характерными для поведенческих актов, различных по содержанию.

9.2. КОНКУРЕНЦИЯ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ПОВЕДЕНЧЕСКИХ АКТОВ, ВРЕМЯ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИХ РЕАЛИЗАЦИИ

9.2.1. МЕТОДИКА¹

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. Между сериями испытуемые отдыхали по 10–15 мин. Испытуемые располагались в кресле в удобной для них позе; в каждой руке у них 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.

9.2.1.1. Классификация исходов распознавания сигналов

Правильные распознавания и ложные тревоги определяли по соотношению предъявляемого сигнала и *полного нажатия* той или другой кнопки, которым соответствовала интерференционная ЭМГ высокой амплитуды (см. рисунок 9, S269), но не *микронажатий* (которым соответствуют низкоамплитудные и короткие пачки ЭМГ активности (рисунок 9, а и б, рисунок 10, а и б). Нажатия левой кнопки при предъявлении S или правой кнопки при предъявлении D рассматривали как **правильные обнаружения** стандарта и девианта соответственно, независимо от активности другой руки (рисунок 9, S269, S270, S271, верхняя кривая; рисунок 10, D241 и D242, нижняя кривая). Отсутствие полного нажатия (микронажатия допускаются) на левую кнопку при предъявлении D

¹ Исследование выполнено в Университете г. Хельсинки (Финляндия) в сотрудничестве с Р. Наатаненом, М. Самсом, П. Паавилайненом, К. Рейникайненом.

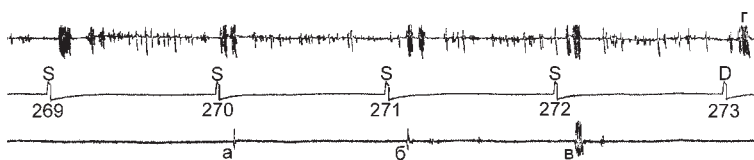


Рис. 9. ЭМГ-активность при распознавании последовательности стандартных и девиантных сигналов (исп. № 1). Сверху — ЭМГ *mm. thenar* левой руки, снизу — правой; в середине — отметка предъявления сигналов; интервал между предъявлением сигналов — 1500 мс; S и D — стандарты и девианты; цифры — номер сигнала в серии предъявлений; а и б — ЭМГ-активации, соответствующие микронажатиям кнопки; в — одновременное нажатие двух кнопок, г — ошибка распознавания, сигнал D распознан как S

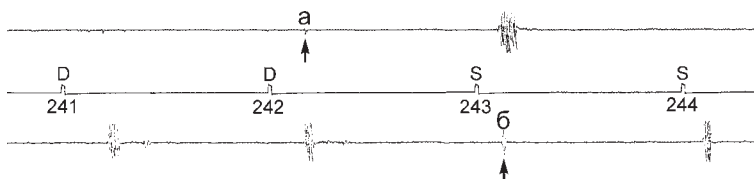


Рис. 10. ЭМГ-активность при распознавании последовательности стандартных и девиантных сигналов (исп. № 3). Стрелками помечены ЭМГ-активации, соответствующие микронажатиям кнопки, совпадающим с полными нажатиями, классифицированными как правильные распознавания D242 и S243; S244 ошибочно распознан как D. Остальные обозначения, как на рисунке 9.

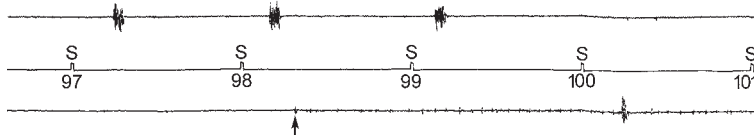


Рис. 11. ЭМГ-активность при распознавании последовательности стандартных и девиантных сигналов (исп. № 3). Стрелка указывает на начало повышения уровня ЭМГ-активности в *mm. thenar* правой руки, предшествующее распознаванию сигнала S100 как девианта. На фоне этого повышения активности сигнал S99 правильно распознан. Остальные обозначения, как на рисунке 9

и на правую кнопку при предъявлении S оценивали как **правильные отвержения** (рисунок 9, S269, S270, S271, нижняя кривая; рисунок 10, D241 и D242, нижняя кривая). **Ложные тревоги** — нажатия на левую кнопку при предъявлении D (рисунок 9, D273) и на правую — при предъявлении S (рисунок 10, S244). **Пропуски сигнала** — отсутствие нажатия на левую кнопку при предъявлении S (рисунок 10, S244, верхняя кривая) и на правую — при предъявлении D (рисунок 9, D273, нижняя кривая). Поскольку исходы распознавания определяли для каждой руки отдельно, то правильное обнаружение S могло сопровождаться правильным отвержением D (если правая кнопка не была нажата, как на рисунке 9, S269) или ложной тревогой по отношению к D (если правая кнопка также была нажата) (рис. 9, S272). Соответственно, при условии предъявления S, нажатие правой кнопки и отсутствие нажатия левой (рисунок 10, S244) означает ложную тревогу по отношению к D и пропуск сигнала по отношению к S.

Для оценки эффективности антиципации предъявления сигналов, в терминах *правильных распознаваний, ложных тревог, правильных отвержений и пропусков сигнала* классифицировали проявления ЭМГ-активности на интервале, предшествующем его предъявлению. Ситуации приписывали к одной из категорий по основаниям, аналогичным классификации соотношения нажатия кнопок, но в этом случае — используя микроактивации на ЭМГ (рисунок 9, а и б, рисунок 10, а и б), а также тоническую активность, предшествующую предъявлению сигнала (рисунок 9, верхняя кривая; рисунок 11, нижняя кривая, начало активации помечено стрелкой).

На основании соотношения вероятностей исходов распознавания рассчитывали рабочие характеристики приемника (РХП) по всем сериям для каждого испытуемого, а также показатели d' и Z для каждой руки. Коэффициенты d' и Z рассчитывали также для оценки эффективности антиципации предъявления сигналов.

При правильных распознаваниях и ложных тревогах оценивали время распознавания сигнала (ВРС) как длительность интервала между началом предъявления сигнала и началом интерференционной ЭМГ-активации с точностью 20 мс. Значения ВРС, превышающие 750 мс, исключали из анализа.

Распределение значений ВРС, попавших в эти границы, приводили к нормальному виду, используя процедуру аппроксимации нормального распределения, предложенную Тьюки: значения переменных пересчитываются по формуле:

$$(r - 1/3)/(w + 1/3),$$

где r — ранг, а w — сумма весов значений (статистический пакет SPSS).

9.2.1.2. Оценка уровня актуализации наборов компонентов СИО, представляющих альтернативные акты

Для оценки уровня актуализации использовали характеристики ЭМГ-активности на интервале, предшествующем предъявлению сигнала (эта активность рассматривалась как проявление антиципации определенного сигнала) и после его предъявления. Так, ЭМГ-активность на этом интервале, показанная на рисунке 9 (S270 и S271), позволяет классифицировать ситуации как правильную антиципацию S и правильное отвержение D, пропуск (антиципации) сигнала S и правильное отвержение D (рисунок 11, S97 и S98), пропуск (антиципации) сигнала S и ложную тревогу относительно сигнала D (S99 и S100).

Исходили из результатов анализа активности нейронов в ситуациях совершения правильных обнаружений порогового сигнала, ложных тревог и пропуска сигнала (см. 9.1, а также: 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,

Таблица 2

Оценки уровня актуализации наборов компонентов СИО, представляющих альтернативные поведенческие акты при распознавании сигнала

Оценка уровня актуализации (УА)	ЭМГ на интервале, предшествующем предъявлению сигнала	Микроактивации ЭМГ между предъявлением сигнала и полным нажатием	Нажатие на кнопку (вспышка интерференционной ЭМГ)	Исходы распознавания сигнала
7	+	+	+	FA
6	–	– / +	+	FA
5	+	+	+	H
4	–	– / +	+	H
3	+	+	–	Правильное отвержение или пропуск сигнала
2	–	+	–	
1	+	–	–	
0	–	–	–	

рассматривали как проявление максимальной актуализации компонентов СИО, представляющих данный поведенческий акт (таблица 2, УА 7; см. пример на рисунке 11, S100). На основании результатов, представленных в разделе I данной главы, УА оценивали также по характеристикам поведения на этапе, предшествующем предъявлению сигнала. Так, если «антиципирующая» ЭМГ отсутствовала, то УА оценивали на 1 балл ниже (рисунок 10, S244).

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 (таблица 2, уровни актуализации 0–3).

Выделяли последовательности предъявления одного и того же сигнала различной длительности. Для стандарта — DS, DSS, ... DSSSSSSSS; для девианта — SD, SDD, ... SDDDD. Оценивали изменение временных характеристик и эффективности распознавания на протяжении этих последовательностей.

Для обработки данных применяли дисперсионный анализ, непараметрические тесты (медианный, Крускала—Уоллеса, χ^2) для сравнения выборок небольшого объема применяли точные версии этих тестов. Гипотезы H_0 отвергали при $p \leq 0.05$.

9.2.2. РЕЗУЛЬТАТЫ

9.2.2.1. Общие характеристики распознавания

Оценки эффективности распознавания сигналов S и D в терминах рабочих характеристик показаны на рисунке 9. Удаленное от диагонали расположение точек указывает на то, что распознавание сигнала не было случайным угадыванием ни у одного из испытуемых. Ни одна из точек не лежит на осях $p(Y/s)$ или $p(Y/n)$. Таким образом, использованные характеристики сигналов и вероятности их предъявления таковы, что зона, в которой работают испытуемые, является пороговой (Бардин, 1976).

Следует обратить внимание на то, что точки, характеризующие распознавание сигналов D, расположены ближе к диагонали, чем точки для S. Это показывает, что распознавание девианта для всех испытуемых сложнее, чем распознавание стандарта. Характеристики распознавания S и D у каждого испытуемого настолько расходятся, что могли бы описывать разных наблюдателей. Для ситуации распознавания двух сигналов, предъявляемых в случайной последовательности, соотношение ошибочных обнаружений приближенно

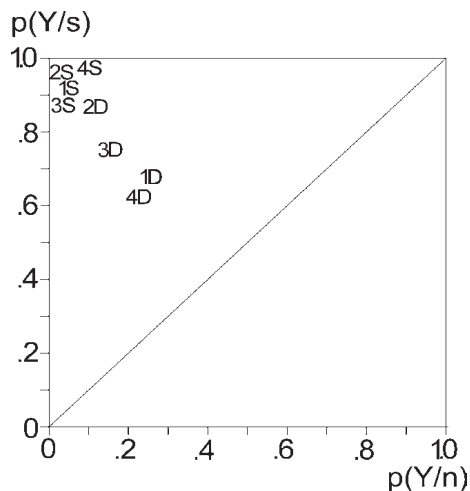


Рис. 12. Рабочие характеристики для распознавания стандартных и девиантных сигналов. Вероятность: ложной тревоги — по оси абсцисс, правильного распознавания — по оси ординат. 1, 2, 3, 4 — испытуемые, S — стандарты, D — девианты; 1S — соотношение вероятностей правильных распознаваний и ложных тревог для S у испытуемого №1, 1D — то же для сигнала D у испытуемого №1; 2S, 2D, 3S, 3D, 4S, 4D — то же для испытуемых №№ 2, 3 и 4

равно обратному соотношению вероятностей их предъявления (Audley, 1973, p. 532). Чтобы соотношение частоты ошибочных распознаваний S и D в рассматриваемой ситуации соответствовало этому правилу, количество ошибок при распознавании S (D) должно быть больше в 4–6 раз или меньше во столько же раз соответственно. Таким образом, следует отметить асимметричный характер ситуации распознавания по отношению к S и D.

9.2.2.2. Время распознавания при разных исходах и характеристики двигательной активности

9.2.2.2.1. Время правильного и ошибочного распознавания сигнала было достоверно различно, но время правильного распознавания S (H) было достоверно меньше ($t(S/S)_{\text{Med}} = 181.3$), чем ошибочного его распознавания как D (FA) ($t(D/S)_{\text{Med}} = 247.2$): точный медианный тест, $c^2 = 6.94$, $df = 1$, $p = .010$. Для ситуации распознавания D аналогичное различие было существенно бо-

лее выраженным (точный медианный тест, $c^2 = 327.74$, $df = 1$, $p = 1.13 \cdot 10^{-83}$), но инвертированным: время правильного распознавания было значимо большим ($t(D/D)_{\text{Med}} = 346.1$), чем ошибочного ($t(S/D)_{\text{Med}} = 181.3$). Согласно правилу, сформулированному в (Audley, 1973, p. 532), «при ошибочных ответах время реакции обычно короче, чем в случае, когда тот же ответ совершается правильно». Соотношение времени правильного и ошибочного распознавания D соответствует этому правилу, а при распознавании S — противоречит ему. Инверсия соотношения ВРС при правильных и ошибочных распознаваниях S и D, также как особенности расположения точек РХП для распознавания этих сигналов и нарушение соотношения ошибочных распознаваний с вероятностью предъявления сигналов (см. 9.2.2.1), указывает на выраженную асимметрию ситуации распознавания, различную сложность задачи распознавания стандарта и девианта.

9.2.2.2.2. Анализ ЭМГ-активности показал, что полное нажатие кнопки может развиваться одновременно в двух руках (рисунок 9, S272); у разных испытуемых такие события отмечены с частотой от 28 до 226; они встречаются чаще при предъявлении S, чем D ($\chi^2 = 180.20$, $df = 1$, $p = 2.25 \cdot 10^{-39}$). ВРС в ситуации предъявления S при нажатии кнопки одной и двумя руками не различалось (одна рука — 230.7 мс, две — 247.2 мс; $\chi^2 = 1.65$, $df = 1$, $p = .208$), а при распознавании D и нажатии двумя руками совершалось быстрее (одна рука — 329.6 мс, две — 181.3 мс; $\chi^2 = 165.15$, $df = 1$, $p = 4.07 \cdot 10^{-41}$).

9.2.2.2.3. Совпадающие по времени с полным нажатием кнопки небольшие ЭМГ-активации в другой руке («микронажатия») также были зарегистрированы у всех испытуемых (рисунок 9, S270, S271; рисунок 10, D242, S243). При правильных распознаваниях S было зафиксировано от 122 до 493 таких событий; при распознавании D — от 111 до 362; при ошибочном распознавании S — от 4 до 20, а D — от 12 до 74. При предъявлении S время правильного распознавания (нажатия кнопки левой рукой) достоверно увеличивается, если в ЭМГ правой руки отмечается небольшая вспышка активности, соответствующая микронажатию (при вспышке ЭМГ-активности в правой руке — 247.2 мс, при ее отсутствии — 230.1 мс; $\chi^2 = 24.08$, $df = 1$, $p = 1.07 \cdot 10^{-6}$); как уже отмечалось, в этой ситуации при развитии полного нажатия в правой руке достоверного изменения ВРС не происходит ($\chi^2 = 1.65$, $df = 1$, $p = .208$).

При предъявлении D соответствие между ВРС и выраженностью нажатия кнопки другой рукой (для D — это левая рука) по сравнению с предъявлением S изменяется. При микронажатии кнопки правой рукой и отсутствии одновременного микронажатия левой рукой ВРС не различается ($\chi^2 = .93$, $df = 1$, $p = .380$), но оно сокращается, если в левой руке разворачивается полное нажатие (346.1 мс, 181.3 мс; $\chi^2 = 165.15$, $df = 1$, $p = 4.07 \cdot 10^{-41}$).

9.2.2.2.4. Если предъявлению сигнала в мышцах руки, которой будет совершено нажатие кнопки, предшествует ЭМГ-активация (см. рисунок 9, S269, S270, S273; рисунок 11, S100), то ВРС меньше, чем в том случае, если ЭМГ-активация отмечается в мышцах другой руки ($214.2 \text{ мс} < 313.1 \text{ мс}$; $\chi^2 = 119.37$, $df = 1$, $\rho = 5.69 \cdot 10^{-28}$). Если такие ЭМГ-активации присутствуют в мышцах обеих рук, то ВРС больше, чем при активности только в той руке, которой совершается нажатие кнопки, и меньше, чем при нажатии другой рукой ($214.2 \text{ мс} > 280.2 \text{ мс} < 313.1 \text{ мс}$; $\chi^2 = 220.75$, $df = 2$, $\rho = 1.39 \cdot 10^{-49}$).

Таким образом, соотношение активности мышц, в котором проявляется реализация актов, соответствующих распознаванию S и D, выявляет связь с временными характеристиками распознавания. Время распознавания существенно изменяется как при высокоамплитудных ЭМГ-активациях, так и при микроактивациях. Важно, что ВРС связано не только с теми событиями в ЭМГ-активности, которые совпадают во времени с интервалом между предъявлением сигнала и нажатием на кнопку, но и с ЭМГ-активностью на интервале, который предшествует предъявлению сигнала. Если ЭМГ-активность, предшествующая предъявлению сигнала, развивается только в той руке, которой будет нажата кнопка, ВРС сокращается. Такие ЭМГ-активации имеют упреждающий характер, в них проявляются избирательные процессы антиципации будущего события: предъявления S либо D.

9.2.2.3. Эффе́кты последовательности: ВРС, характеристики распознавания и ЭМГ-активность

9.2.2.3.1. ВРС. Основные характеристики распознавания сигналов, занимающих различные позиции в предъявляемой последовательности, показаны в таблице 3. Время правильных и ошибочных распознаваний S как после предшествующих S, так и после D, не различается. Сопоставляя этот результат с оценками различия ВРС при правильных и ложных распознаваниях S по всей выборке (см. 9.2.2.2.1), отметим, что при учете положения сигнала в последовательности выборка сокращается приблизительно на 20%, а при разбиении ее на 8 подмножеств (таблица 3, S) мощность критериев снижается, поэтому различия, достоверные при оценке всей выборки, оказываются необнаружимыми.

ВРС при правильном и ошибочном распознавании D (как после предшествующих S, так и D) различно с высоким уровнем достоверности. Как и при оценках, данных без учета предшествующих последовательностей сигналов (см. 9.2.2.2.1), ВРС при правильных распознаваниях D больше, чем при ошибочных.

В последовательности позиций 1, 2, 3, 4 при правильных распознаваниях S ВРС достоверно снижается ($F = 10.33$, $df = 3$, $\rho = 1.03 \cdot 10^{-6}$), причем это линейное снижение времени (оценка линейности: $F = 22.76$, $df = 1$, $\rho = 2.79 \cdot 10^{-7}$,

отклонение от линейности $F = 2.14$, $df = 2$, $\rho = .118$). Низкая частота ложных тревог не дает возможности надежно оценить изменений ВРС при ошибочных распознаваниях S на протяжении последовательности сигналов.

Для правильных и ошибочных распознаваний сигнала в последовательности D закономерного изменения ВРС не выявлено (см. таблица 3). Для выборки, объединяющей ложные или правильные распознавания D в позициях 1, 2, 3 последовательности SDDD, определено возрастание ВРС, близкое к линейному ($F = 16.84$, $df = 2$, $\rho = 7.54 \cdot 10^{-8}$; оценка линейности $F = 30.23$, $df = 1$, $\rho = 5.57 \cdot 10^{-8}$, отклонение от линейности $F = 3.44$, $df = 1$, $\rho = .064$). Приведенные оценки показывают противоположные тенденции в изменении ВРС на протяжении последовательностей предъявления D и S.

9.2.2.3.2. Характеристики распознавания сигнала. Психофизические оценки распознавания (d' , критерии принятия решения Z для распознавания S и D: Z(S) и Z(D) соответственно), представленные в таблице 3, для последовательностей SD...SDDDD, показаны схематически на рисунке 13. В основе этой графической интерпретации — допущение, что распределение плотности вероятности исходов нормальное. Показатель d' оценивает различие центральных тенденций в отнесении сигнала к категории S и D, является мерой расстояния между точками РХП для S и D относительно диагонали. Сравним рисунки 12 и 13: чем больше величина d' , тем дальше друг от друга по отношению к диагонали находятся точки РХП. Критерий решения делит область решений на подмножества правильных распознаваний S, ошибочных распознаваний S как D, и, соответственно, правильных распознаваний D и ошибочных распознаваний D как S. Площади под пересекающимися кривыми распределения соответствуют вероятностям таких событий. Сравнивая положение критерия относительно центральных тенденций можно определить, за счет какого из сигналов изменилось соотношение вероятностей исходов распознавания. Подробнее о смысле и интерпретациях этих показателей см. (Бардин, 1976; Забродин, Носуленко, Пахомов, 1979).

Величина d' увеличивается в первых трех позициях последовательностей DS... и SD... В обоих случаях это связано со смещением критерия решения и происходит преимущественно за счет снижения вероятности распознавания D как S (ложных тревог при предъявлении D). Снижение вероятности ложных тревог в этом случае достоверно ($\chi^2 = 19.17$, $df = 3$, $\rho = .00025$). При этом в последовательности SDDDD критерий смещается так, что вероятность распознавания S как D (ложных тревог при предъявлении S) возрастает, а пересекающиеся распределения разделены критерием симметрично: вероятность ошибочных распознаваний S и D уравнивается. На всем протяжении последовательности DSS...S такого уравнивания не происходит. Изменения положения критерия относительно распределения исходов распознавания S незначительны.

Таблица 3
Характеристики распознавания S и D при их различном положении в последовательности сигналов

Последовательности сигналов		Вероятность предъявления		d'	Критерий принятия решения	Время распознавания (мс, Med)							
						S				D			
						S/D	№	Состав	S	D	H	FA	H	FA	ρ	ρ
S	1	Ds/d	.71	.29	2.595	Z(D)	.386	264	264	346	**	164	
	2	DSs/d	.81	.19	2.759	.550	264	264	379	**	197		
	3	DSSs/d	.78	.22	3.171	.659	230	362	370	**	190		
	4	DSSSs/d	.85	.15	2.427	.028	214	329	346	**	198		
	5	DSSSSs/d	.85	.15	≈3.6	≈-3.5	214	214	379	**	181		
	6	DSSSSSs/d	.79	.21	2.684	.172	214	214	296	**	165		
	7	DSSSSSSs/d	.78	.22	2.738	.372	222	214	346	*	197		
	8	DSSSSSSSs/d	.81	.19	≈4.0	≈-3.5	214	197	362	*	197		
D	1	Sd/s	.30	.70	2.667	.386	214	321	362	*	181		
	2	SDd/s	.50	.50	2.712	.485	263	272	362	*	173		
	3	SDDd/s	.54	.46	3.212	.885	297	297	329	*	198		
	4	SDDDD/s	.51	.49	3.200	-1.555	297	297	313	ns+	228		

Примечания: (1) s/d в конце последовательностей указывает на вероятность предъявления S и D, показанную в следующих графиках таблицы (см. также изображение последовательности на рисунках 13 и 15); (2) * — значимость различий $.05 \geq p > .001$, ** $p \leq .001$, ns — различия незначимы, ns+ — возможно, что различия не обнаружены из-за недостаточного объема выборки, использован медийный тест; (3) H — правильные распознавания; FA — ложные тревоги.

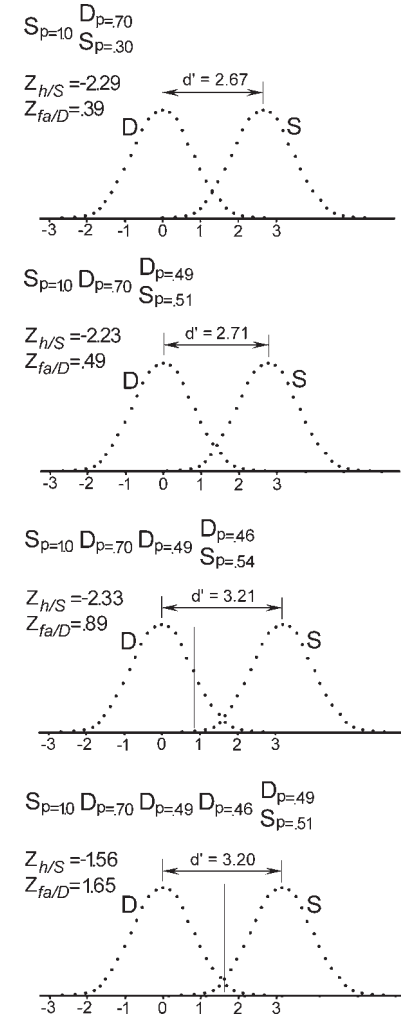


Рис. 13. Схематическое представление ситуации распознавания сигналов S и D в последовательностях SD, SDD, SDDD, SDDDD. На каждом фрагменте показана последовательность сигналов, предшествующая актуальному распознаванию, эмпирические вероятности предъявления сигналов, значение d' , положение критерия относительно распределений S и D — вертикальная линия (h/S — правильное распознавание S; fa/D — ложная тревога относительно D, распознавание D как S). Фрагментам соответствуют строки 1–4 в разделе D таблицы 3

На протяжении последовательности предъявления сигналов S и D можно отметить совпадение изменений положения критериев Z, d' и ВРС, так что сокращение ВРС при распознавании S соответствует увеличению d', а увеличение времени распознавания D — сокращению вероятности распознавания D как S. Можно предположить, что большие величины ВРС при правильных распознаваниях D, чем при правильных распознаваниях S, соответствуют существенно различному положению критерия относительно распределений S и D.

9.2.2.3.3. Одновременное нажатие правой и левой кнопки. Частота одновременных нажатий правой и левой кнопок в первой позиции серии предъявления S снижается относительно предшествующего акта распознавания (завершающего серию предъявления D), критерий $\chi^2 = 5.88$, $df = 1$, $\rho = .015$. На протяжении первых трех позиций серии частота одновременных нажатий кнопок постепенно снижается (критерий $\chi^2 = 22.94$, $df = 2$, $\rho = 1.04 \cdot 10^{-5}$; точный критерий Фишера, $\chi^2 = 23.14$, $\rho = 9.16 \cdot 10^{-6}$), а затем, начиная с позиции 4 до 9, сохраняется постоянная низкая частота (точный критерий Фишера, $\chi^2 = 2.23$, $\rho = .697$). Для серий предъявления D характерно увеличение частоты таких событий в первой позиции по отношению к последней позиции предшествующей серии S (критерий $\chi^2 = 34.34$, $df = 1$, $\rho = 4.62 \cdot 10^{-9}$), затем (в позициях 1–4), частота одновременных нажатий кнопок варьирует, но закономерного ее снижения или увеличения не происходит ($\chi^2 = 4.72$, $df = 3$, $\rho = .189$).

Таким образом, вероятность одновременного нажатия двух кнопок значительно изменяется при смене серии предъявления S на серию предъявлений D. Это явление по аналогии можно отнести к одному из эффектов последовательности, описанных для изменения времени реакции в последовательности предъявления стимулов, — эффекту чередования (alternation effect) (Kirby, 1980). Высокий уровень частоты одновременных нажатий сохраняется на протяжении всей серии предъявления D, а при ее смене на серию S постепенно снижается на протяжении первых трех предъявлений S, затем сохраняет сниженный уровень до последующей смены серии S на серию D. Заметим, что эффект чередования обнаружен только при переходе от серии S к D, но не переходе от D к S.

9.2.2.3.4. ЭМГ-активность перед предъявлением сигнала.

Динамика вероятности ЭМГ-активаций. Изменения ЭМГ-активности, предвещающей предъявление сигнала в сериях S и D показаны на рисунке 14. Оценки этих изменений проводили при помощи критерия χ^2 и множественных сравнений по Шеффе (post-hoc анализ в рамках процедуры ANOVA).

При переходе от серии предъявлений D к серии S вероятность появления предвещающей ЭМГ-активности в левой руке, что соответствует правиль-

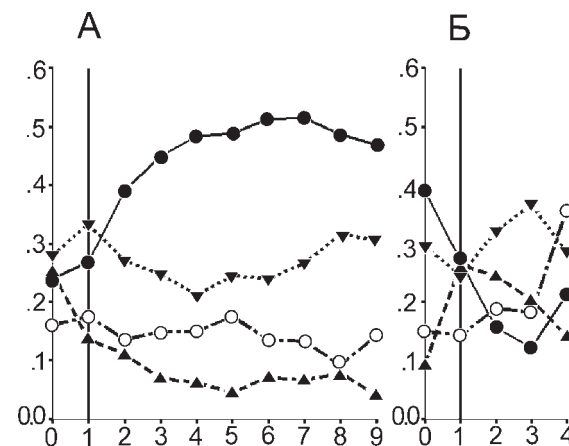


Рис. 14. Динамика вероятности ЭМГ-активации перед предъявлением сигнала. По оси абсцисс позиция сигнала в серии предъявлений: А — предъявление S, Б — предъявление D. По оси ординат — вероятность событий. Черные кружки и сплошная линия — ЭМГ соответствует правильной антиципации сигнала (левая рука для S, правая — для D); треугольник вверх вершиной и штриховая линия — ошибочной антиципации (правая рука для S, — левая для D); треугольник вверх основанием и пунктир — ЭМГ в двух руках; светлый кружок и штрих-пунктир — ЭМГ-активация отсутствует в обеих руках

ной антиципации S, возрастает, а вероятность ЭМГ-активации в правой руке, соответствующей ошибочной антиципации S, снижается ($\chi^2 = 43.15$, $df = 1$, $\rho = 5.08 \cdot 10^{-11}$). Разница вероятностей таких ЭМГ-активаций возрастает до 4-й позиции сигнала в последовательности ($\chi^2 = 52.20$, $df = 3$, $\rho = 2.71 \cdot 10^{-11}$), а начиная с 4-й позиции, не изменяется ($\chi^2 = 1.59$, $df = 5$, $\rho = .902$). Вероятность одновременных ЭМГ-активаций в левой и правой руке (что соответствует одновременному ожиданию S и D) изменяется на протяжении серии S аналогично изменению ЭМГ-активаций в правой руке («ошибочной антиципации» S): $\chi^2 = 10.32$, $df = 8$, $\rho = .244$. При этом, начиная с позиции 2, существует весьма высокое сходство: $\chi^2 = 2.04$, $df = 6$, $\rho = .916$. Вероятность отсутствия предвещающей ЭМГ-активности как в левой, так и в правой руке, на протяжении серии не изменяется достоверно (ANOVA: $F = 913$, $df = 9$, $\rho = .513$; post-hoc анализ по Шеффе: максимальная значимость различий $\rho = .88$).

При переходе от серии S к серии D динамика вероятностей различных соотношений предварающей ЭМГ-активности в левой и правой руках имеет противоположный характер. Вероятность правильной антиципации D снижается к первому в серии предъявлению сигнала D ($\chi^2 = 121.16$, $df = 1$, $\rho = 3.53 \cdot 10^{-28}$) и далее снижается медленнее до 3-ей позиции ($\chi^2 = 7.20$, $df = 2$, $\rho = .027$), в которой достигается минимум значений этой вероятности (post-hoc анализ по Шеффе: $\rho = .002$). Снижение вероятности ошибочной антиципации сигнала D (ЭМГ-активации в левой руке) на протяжении серии предъявлений D не достигает критического уровня значимости (Шеффе: максимальная значимость $\rho = .502$). Вероятность ЭМГ-активаций в обеих руках перед началом серии предъявлений D (позиция 0 на рисунке 14, Б) ниже, чем вероятность правильной антиципации ($\chi^2 = 15.24$, $df = 1$, $\rho = 9.49 \cdot 10^{-5}$) и выше, чем ложной антиципации ($\chi^2 = 56.83$, $df = 1$, $\rho = 4.75 \cdot 10^{-14}$). В позиции 1 эти вероятности уравниваются. Вероятность одновременной ЭМГ-активации в обеих руках достигает максимума в позиции 3 ($\chi^2 = 6.74$, $df = 2$, $\rho = .034$). Несмотря на то, что вероятность отсутствия ЭМГ-активаций в обеих руках выглядит увеличивающейся к концу серии предъявлений D (рисунок 14, Б, штрих-пунктирная линия, позиции 3–4), это изменение не достигает уровня значимости (Шеффе: максимальная значимость $\rho = .287$).

Характеристики антиципации сигналов S и D в сериях предъявлений. Поскольку ЭМГ-активации, развивающиеся перед предъявлением сигнала, можно интерпретировать как проявление антиципации определенного сигнала (см. также 9.2.2.2.4), то по соотношению вероятности совпадений предварающей ЭМГ-активации и предъявленного сигнала можно определить эффективность антиципации и динамику этой эффективности на протяжении серии предъявляемых сигналов. Результаты этого анализа представлены в таблице 4; часть этих результатов дана в графической форме (рисунок 15).

Абсолютные оценки d' для антиципации сигналов S и D существенно ниже, чем для распознавания (ср. таблицы 3 и 4). Это соотношение указывает на большую сложность задачи антиципации, чем распознавания. В серии предъявлений S величина d' достигает максимальных значений в позициях 4–6 (таблица 4). Это происходит преимущественно за счет такого смещения критерия решения, при котором снижается вероятность ошибочной антиципации как D (минимум этой вероятности — в позициях 4 и 6), так и S (уровень вероятности сохраняется, начиная с 3-й позиции в последовательности S). Динамика d' в целом соответствует частоте встречаемости правильных антиципаций S, вероятность которых достигает максимума к 3-й позиции и далее сохраняет относительно постоянный уровень (рисунок 14, А, сплошная линия).

В серии предъявления D в позициях 1–3 происходит направленное изменение критерия принятия решения, при оценке его в терминах как Z(S) так и Z(D) (см. таблицу 4). Изменение положения критерия относительно распределений

Таблица 4
Характеристики антиципации S и D при их различном положении в последовательности сигналов

Последовательности сигналов		Вероятность предъявления	d'	Критерий принятия решения		Время распознавания (мс, Med)														
						S				D										
						S	D	Z(S)	Z(D)	H	FA	H	FA	ρ	FA					
S	№																			
	Состав																			
	1	Ds/d	.71	.29	.810	-.427	.383	264	247	ns	214	214	**	346						
	2	DSs/d	.81	.19	.440	-.662	-.156	264	280	ns	198	198	**	363						
	3	DSSs/d	.78	.22	.644	-1.103	-.459	198	214	ns	180	180	**	363						
	4	DSSSs/d	.85	.15	1.097	-1.175	-.078	214	198	ns	197	197	**	346						
	5	DSSSSs/d	.85	.15	1.125	-1.335	-.210	206	231	ns+	206	206	*	371						
	6	DSSSSSs/d	.79	.21	1.019	-1.210	-.083	222	247	ns+	189	189	*	288						
D	№																			
	Состав																			
	1	Sd/s	.30	.70	.461	-.612	-.151	214	280	*	198	198	**	346						
	2	SDd/s	.50	.50	.555	-.545	-.010	264	231	ns	181	181	**	363						
	3	SDDd/s	.54	.46	.143	-.065	.078	231	288	ns+	321	321	*	330						
	4	SDDDDd/s	.51	.49	.824	-.412	.412	255	247	ns	296	296	ns+	313						

Примечания. Все обозначения — как в таблице 3; правильные и ошибочные антиципации предъявляемых сигналов (H и FA соответственно) определены по наличию ЭМГ-активации в левой или правой руке на интервале до предъявления сигнала. Для анализа отобраны только те случаи, когда ЭМГ-активации наблюдались только в левой или только в правой руке.

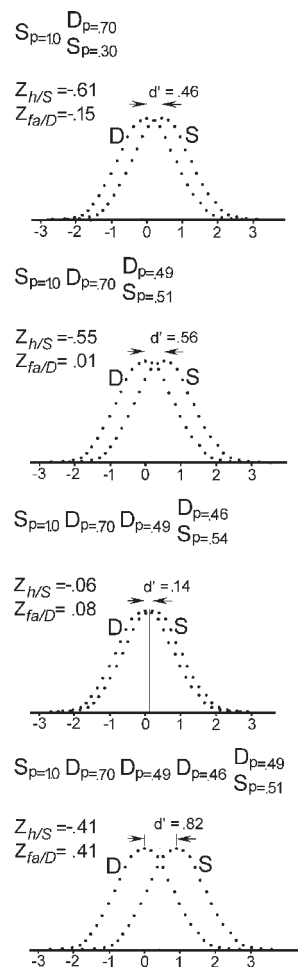


Рис. 15. Схематическое представление ситуации антиципации сигналов S и D в последовательностях SD, SDD, SDDD, SDDDD. На каждом фрагменте показана последовательность сигналов, предшествующая актуальной антиципации, эмпирические вероятности предъявления ожидаемых сигналов, значение d' , положение критерия относительно распределений S и D — вертикальная линия (h/S — правильная антиципация S; fa/D — ложная тревога относительно D, антиципация D как S). Фрагментам соответствуют строки 1—4 в разделе D таблицы 4

исходов антиципации показано на рисунке 15: он смещается из левого положения, в котором ошибочные антиципации D совершаются чаще, чем S, вправо, к уравниванию этих вероятностей. Равенство вероятностей ошибок при распознавании D достигается в позиции 4: критерий решения разделяет эти распределения, как и при оценке распознавания, показанной на рисунке 13, симметрично.

При правильных антиципациях D ВРС меньше, чем при ошибочных (связь предваряющих ЭМГ-активаций с ВРС см. в 2.4), в то время как при классификации актов по исходам распознавания ВРС меньше именно при ошибках (см. 9.2.2.2.1, а также таблицу 3). Заметим, что ВРС при правильных и ошибочных антиципациях S не различается достоверно (таблица 4), как и для правильных и ошибочных распознаваний S (таблица 3).

Отмеченные соответствия в динамике d' и критерия решения для распознавания и антиципации сигнала, а также связь ЭМГ-активаций, предвещающих предъявление сигнала с ВРС и вероятностью правильных и ложных распознаваний сигнала (см. 9.2.2.2.4, 9.2.2.3.4, рисунок 14), позволяют предположить, что в этих активациях проявляются процессы реализации акта распознавания, его целенаправленный характер.

9.2.2.4. Оценка уровня актуализации компонентов СИО, представляющих альтернативные поведенческие акты при распознавании сигнала

9.2.2.4.1. Типичное распределение количества актов определенного типа и ВРС по соответствию уровням актуализации (УА) показано в таблице 5. Частота встречаемости актов с определенным соотношением актуализации S и D снижается по строкам, т.е. при увеличении оценок УА для компонентов СИО, соответствующих акту распознавания сигнала D ($УА/D$). Для частоты актов, упорядоченных по $УА/S$, такой закономерности не удастся отметить. У всех испытуемых акты на диагонали матрицы $УА/D = УА/S$ встречаются крайне редко: только у двух испытуемых отмечены единичные акты распознавания, классифицированные как пропуски сигнала с микроактивациями ЭМГ до предъявления сигнала, в некоторых случаях — с микроактивациями после предъявления, но без полного нажатия кнопки. Такие акты располагаются в матрице с координатами $УА/S = УА/D$ от 0 до 3. Случаи распознавания с синхронными полными нажатиями кнопки левой и правой рукой могли бы располагаться на диагонали, если было бы возможно интерпретировать их как одновременное правильное распознавание (или как одновременно ложное) S как S и как D. Такие интерпретации логически абсурдны. Поэтому участок диагонали матрицы со значениями $УА/S = УА/D$ от 4 до 7 принципиально пуст.

Таблица 5.

Распределение количества актов распознавания и времени распознавания в соответствии с оценкой уровня актуализации компонентов СИО, представляющих эти акты

Оценка уровня актуализации для D → для S ↓	0	1	2	3	4	5	6	7	Σ N	показатели
7	109 181.3	38 164.8	29 181.34	24 197.8	8 354.	5 263.7			213	N Med
6	40 181.3	9 197.8	15 197.8	3 148.3	1 197.8	2 247.2			70	N Med
5	645 214.2	381 230.7	122 263.7	543 263.7			26 220.5	31 280.2	1748	N Med
4	247 214.2	112 214.2	62 214.2	149 263.7			6 197.8	6 214.2	582	N Med
3					194 362.6	168 362.6	3 263.7	4 362.6	369	N Med
2					24 362.6	30 337.8	3 313.1		57	N Med
1					46 379.0	27 346.1			73	N Med
0					55 346.1	37 329.6	7 280.1		99	N Med
	1041	540	228	719	328	269	45	41		Σ N

Примечание: правила оценивания представлены в таблице 2.

У всех испытуемых частоты встречаемости актов распознавания с УА/S от 0 до 2, УА/D — от 6 до 7 (правый нижний квадрант матрицы) весьма низки. Можно отметить, что ниже диагонали максимум частоты встречаемости актов смещен к диагонали (максимум у всех испытуемых распределен в ячейках таблицы с координатами УА/S = 3; УА/D = 4 и 5), а в ячейках с координатами УА/S = 0 и 1, УА/D = 7, встречаются только единичные акты.

Такое распределение частот встречаемости случаев распознавания с различным соотношением ЭМГ-активности правой и левой руки указывает на устойчивое различие уровней актуализации S и D, на меньший УА для D по сравнению с S.

Максимальные значения ВРС соответствуют правильным распознаваниям D при средних оценках УА/D и низких — для УА/S (таблица 5, координаты: 2–3 S и 4–5 D). Минимальное ВРС характерно для левого верхнего квадранта таблицы и соответствует распознаваниям D как S (таблица 5, координаты: 6–7 S и 0–3 D). Следует заметить, что если ВРС при правильных распознаваниях S достоверно меньше, чем при распознаваниях S как D, причем в аналогичных исходах при распознавании D соотношение времени инвертировано (см. 9.2.2.2.1), то при упорядочивании актов по соотношению УА/S и УА/D, правильные и ложные распознавания S и D размещены в матрице так, что изменение ВРС по обеим осям происходит единообразно и при достижении высших УА снижается (см. таблицу 5).

При увеличении уровня актуализации S (по столбцам таблицы 5) от 0 до 3 ВРС не изменяется достоверно ($\chi^2 = 6.26, df = 3, p = .099$), а при дальнейшем нарастании УА (с 4 до 7) ВРС снижается градуально ($\chi^2 = 101.87, df = 3, p = 1.42 \cdot 10^{-22}$).

При увеличении уровня актуализации D от 0 до 2 ВРС не изменяется ($\chi^2 = 2.48, df = 2, p = .301$), при уровне 3 величина ВРС принимает такое значение, что, несмотря на постоянство ВРС на уровнях 0–2, общая оценка для интервала 0–3 показывает достоверный рост ($\chi^2 = 75.73, df = 3, p = 1.69 \cdot 10^{-16}$). Уровням актуализации D от 4–7 соответствует снижение времени ($\chi^2 = 37.66, df = 3, p = 1.62 \cdot 10^{-8}$).

Заметим, что в диапазоне величин УА/S, при которых наблюдается сокращение ВРС (4–7), представлено очень мало актов, в которых происходит распознавание сигнала как D (85 из 2613 актов, в строках 6 и 7 показаны случаи распознавания D как S). Это верно и для шкалы УА/D: сокращение времени показано для УА 4–7, в котором содержится большинство актов, в которых распознаваемые сигналы распознаются как D (598 из 683 актов). Отклонения значений времени от градуального увеличения для обеих шкал наблюдаются на интервале от 0 до 3, на которых доминируют акты с высокими оценками актуализации альтернативного поведения; эти включения несколько маскируют общую достоверную закономерность снижения ВРС при увеличении уровней актуализации соответствующего поведения.

9.2.2.4.2. Дисперсионный анализ. Чтобы оценить соответствие баллов, приписанных УА S и D распределению ВРС по плоскости, образованной осями этих шкал, использовали процедуру ANOVA. Зависимой переменной служило нормализованное ВРС, независимыми — шкалы оценки УА для S и D (**модель 1**); для иллюстрации результатов использовали оригинальные значения ВРС. Рассматривали результаты дисперсионного анализа, а также рассчитанные на его основе значения времени и остатки (разницы между эмпирическими и смоделированными величинами ВРС). Для сопоставления проводили дисперсионный анализ ВРС, используя в качестве независимых

переменных имена сигналов (переменная V1, 2 уровня: S и D), исходы распознавания (переменная V2, 2 уровня: правильные распознавания и ложные тревоги), отношения порядка появления ЭМГ-активности в одной руке, во временном интервале, близком к нажатию на кнопку другой рукой (переменная V3, 4 уровня: отсутствие, синхронно, после, до), выраженность такого нажатия (переменная V4, 3 уровня: полное, микронажатие, отсутствие), характеристики ЭМГ-активности перед предъявлением сигнала (переменная V5, 4 уровня: в той же руке, в другой, в обеих, отсутствие) (**модель 2**). Качество моделей сопоставляли, оценивая разницу в распределениях рассчитанных для них остатков.

Приведем результаты моделирования по матрице для испытуемого №1.

Модель 1 (построена по нормализованным значениям ВРС). Скорректированная модель: $F = 29.81$, $df = 37$, $\rho = 1.10 \cdot 10^{-175}$. Для оценок YA/S: $F = 7.03$, $df = 7$, $\rho = 2.38 \cdot 10^{-8}$; для оценок YA/D: $F = 3.22$, $df = 7$, $\rho = .002$; взаимодействие этих переменных не достигает уровня достоверности ($F = 1.33$, $df = 23$, $\rho = .135$).

Для наглядности результатов дисперсионного анализа в таблице 6 показаны смоделированные значения ненормализованного ВРС (модель 1'), а также остатки (различие между исходными и смоделированными значениями ВРС). Этот вариант анализа дал весьма близкие результаты: для оценок YA/S — $F = 6.73$, $df = 7$, $\rho = 6.08 \cdot 10^{-8}$; для оценок YA/D — $F = 2.86$, $df = 7$, $\rho = .006$; взаимодействие этих переменных не достигает уровня достоверности ($F = 1.43$, $df = 23$, $\rho = .084$). Заметим, что возможности применения этих результатов ANOVA ограничены эвристическими целями, поскольку, хотя распределение значений зависимой переменной близко к нормальному, но требование равенства размера групп нарушено; также важно, что тест Левена показал неравенство дисперсий сравниваемых групп ($F = 3.39$, $df_1 = 37$, $df_2 = 3171$, $\rho = 2.69 \cdot 10^{-11}$).

Кривая соотношения кумулятивных вероятностей исходных и смоделированных значений нормализованного ВРС (“P-P plot”) располагается весьма близко к диагонали графика. Максимальное отклонение от диагонали (отклонение от нормальности) не превышает 0.03. Это дает основания оценивать качество модели как удовлетворительное. Расхождения смоделированных (таблица 6) и оригинальных величин ВРС (таблица 5) сглаживают, но не искажают распределение значений ВРС в соответствии с уровнями актуализации S и D.

Модель 2. Результаты ANOVA. Скорректированная модель: $F = 17.16$, $df = 68$, $\rho = 1.94 \cdot 10^{-166}$. С достоверными оценками в модель вошло взаимодействие переменных V1 и V2 ($F = 21.11$, $df = 1$, $\rho = 4.37 \cdot 10^{-6}$), а также V2 и V3 ($F = 3.99$, $df = 1$, $\rho = .046$); тест Левена: $F = 2.51$, $df_1 = 68$, $df_2 = 3169$, $\rho = 1.94 \cdot 10^{-10}$.

Таблица 6

Соответствие времени распознавания сигнала, рассчитанного на основе дисперсионного анализа, уровням актуализации S и D

Оценка уровня актуализации для D → для S ↓	0	1	2	3	4	5	6	7
7	185.21 -3.93	181.28 -16.48	201.74 -20.46	213.55 -15.79	381.10 -26.78	263.68 .00		
6	190.34 -9.06	177.62 20.14	194.46 3.30	153.81 -5.49	197.76 .00	247.20 .00		
5	235.68 -21.44	248.37 -17.65	273.60 -9.92	285.11 -21.43			237.69 -15.21	283.35 -3.19
4	236.93 -22.69	239.84 -25.60	245.87 -31.63	268.77 -5.09			200.51 -2.75	208.75 5.49
3					366.98 -4.42	376.59 -14.03	335.09 -71.41	362.56 .00
2					377.67 -15.11	365.86 -28.02	302.13 10.99	
1					382.26 -3.22	336.31 9.77	247.20 .00	
0					351.47 -5.39	328.71 .89	256.62 23.54	313.12 .00

Примечание. Исходные данные представлены в таблице 5; в ячейках сверху — смоделированное значение ВРС, внизу — значение остатка.

Эти результаты показывают, что с ВРС тесно связаны исходы распознавания для каждого сигнала (взаимодействие переменных V1 и V2), а также соотношение ЭМГ-активности в правой и левой руке при правильных и ложных распознаваниях S и D (взаимодействие переменных V2 и V3).

Сравнение остатков для моделей 1 и 2 показало высокую степень их эквивалентности. Критерий знаков: $Z = -.597$, $\rho = .550$; критерий Вилкоксона: $Z = -.910$, $\rho = .363$. Заметим, что модель 3, при построении которой не были учтены переменные V4 и V5, не показавшие достоверной связи с ВРС в модели 1, дала менее точное приближение распределения ВРС по ячейкам таблицы 5: критерий знаков: $Z = -2.295$, $\rho = .022$; критерий Вилкоксона: $Z = -2.682$, $\rho = .007$. Это означает, что переменные V4 и V5 дают имплицитный вклад в качество модели 1, хотя обнаружить его можно, только

сравнивая точность воспроизведения исходных величин ВРС на основании моделей, включающих или не включающих эти переменные.

9.2.2.4.3. Эффекты последовательности и уровни актуализации. Эффекты последовательности выявлены в динамике частоты правильных и ошибочных распознаваний сигналов S и D (9.2.2.3.1), одновременных нажатий правой и левой кнопок (9.2.2.3.3), ЭМГ-активаций, предшествующих предъявлению сигнала (9.2.2.3.4). УА компонентов СИО, лежащих в основе распознавания сигналов S и D, оцененный по перечисленным характеристикам актов распознавания, также продемонстрировал эффект последовательности.

При переходе от серии предъявлений D к серии S уровень актуализации S увеличивается ($\chi^2 = 85.87$, $df = 1$, $\rho = 1.93 \cdot 10^{-20}$), а D — снижается ($\chi^2 = 159.01$, $df = 1$, $\rho = 1.86 \cdot 10^{-36}$) (см. рисунок 16, А, позиции 0 и 1). Уровень актуализации S увеличивается до позиции 2 ($\chi^2 = 51.96$, $df = 1$, $\rho = 5.66 \cdot 10^{-13}$), а затем стабилизируется ($\chi^2 = 8.11$, $df = 7$, $\rho = .323$). Снижение уровня актуализации D продолжается с 1-й по 4-ую позицию ($\chi^2 = 113.83$, $df = 1$, $\rho = 1.64 \cdot 10^{-24}$), а затем, начиная с позиции 4, — стабилизируется ($\chi^2 = 3.24$, $df = 5$, $\rho = .663$).

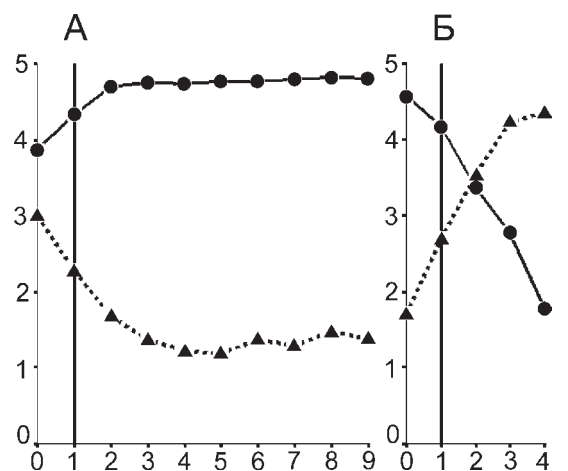


Рис. 16. Изменение уровня актуализации компонентов СИО, лежащих в основе альтернативных актов распознавания сигналов в сериях предъявления сигналов S и D. А — серия предъявления S, Б — серия предъявления D. Сплошная линия и темные кружки — актуализация S; пунктирная линия и треугольники — актуализация D. По оси абсцисс — позиция сигнала в серии предъявлений. По оси ординат — оценка уровня актуализации

При смене серии предъявлений S на серию D уровень актуализации S начинает снижение, продолжающееся до конца серии ($\chi^2 = 160.34$, $df = 4$, $\rho = 1.23 \cdot 10^{-33}$), а D — повышается до позиции 3 ($\chi^2 = 399.86$, $df = 3$, $\rho < .10^{-30}$), а затем изменение уровня актуализации D не достигает уровня достоверности ($\chi^2 = .15$, $df = 1$, $\rho = .935$) (см. рисунок 16, Б). Описанные градуальные изменения — весьма яркое выражение эффекта последовательности для уровней актуализации.

Использованная методика оценки УА в принципе допускает любые соотношения актуализации S и D. Процедура распознавания сигнала также позволяет испытуемому реализовать любые соотношения нажатия кнопок при любых соотношениях ЭМГ-активности в левой и правой руке (как после предъявления сигнала, так и до него). Большое разнообразие этих активаций было зарегистрировано (см. рисунки 9–11). Однако, несмотря на возможность независимого изменения УА для актов, специфичных по отношению к распознаванию S и D, они изменяются согласованно.

Изменения уровня актуализации S и D на протяжении серий предъявления S и D реципрокны: при увеличении уровня актуализации S соответствующий уровень D снижается (рисунок 16). Эта динамика более выражена в ситуации предъявления серии D. На ее протяжении соотношение актуализации S и D, характерное для серии S, инвертируется (рисунок 16, Б).

9.2.3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты, полученные в данном исследовании, позволяют сформулировать отношение к гипотезам.

Гипотеза 2.1. Из альтернативных утверждений, одно из которых предполагает одновременность актуализации наборов компонентов СИО, связанных с альтернативными актами, а другое — строго последовательную, не пересекающуюся во времени их актуализацию, на основании результатов, представленных в разделах 9.2.2.2.2–9.2.2.2.4, 9.2.2.3.3, 9.2.2.3.4, 9.2.2.4.3, следует отвергнуть второе утверждение. Таким образом, **в процессе поведения одновременно актуализируются компоненты СИО, обеспечивающие множества альтернативных поведенческих актов, в том числе актов, находящихся в отношениях конкуренции.**

Гипотеза 2.2. Из предположений, согласно которым существует либо не существует сопряженность между соотношением уровней актуализации компонентов СИО и временными и результативными характеристиками поведения, на основании результатов, представленных в разделах 9.2.2.2, 9.2.2.3, 9.2.2.4 следует отвергнуть «нулевую» гипотезу об отсутствии такой сопряженности. Из этого следует, что **существует связь**

между соотношением уровней актуализации альтернативных наборов компонентов СИО с временными характеристиками и эффективностью исполнения поведения.

9.2.4. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ II

В основе понятия «актуализация» лежит представление о структуре (см. 3.2.4). В данном исследовании проведен анализ закономерностей актуализации компонентов СИО в ситуации распознавания сигналов, предъявляемых в случайной последовательности. Полученные результаты находятся в точном соответствии с исходными положениями системно-эволюционного подхода, согласно которому в основе поведения лежит структура индивидуального опыта, компоненты которой фиксируют модели взаимодействия индивида с окружением в группах специализированных нейронов, а актуализация компонентов СИО реализует эти модели взаимодействия как поведенческие акты.

Основная группа результатов, в которых проявляется это соответствие — выявленные эффекты последовательности (разделы 9.2.2.3, 9.2.2.4.3). Именно эффекты последовательности были использованы для доказательства существования психологических структур в классической работе К.С. Лешли («The problem of serial order in behavior», 1951, см.: Lashley, 1961). Исследования Лешли показали, что в эффектах последовательности проявляется актуализация структурных образований. Результаты этой работы были использованы Н. Хомским для обоснования существования «глубинных структур» (см.: Слобин, Грин, 1976, с. 36—38)¹. Наименее противоречивые объяснения эффектов последовательности включают конструкторы, предполагающие существование структурных образований — «шаблонов» (templates), нейронов, обладающих определенными специализациями (например, нейронов-детекторов) или энграмм долговременной памяти (см.: Audley, 1973; Ratcliff, McCoon, 1994). Специально отметим объяснение эффектов последовательности, выявленных в характеристиках связанных с событиями потенциалов мозга при предъявлении случайной последовательности двух сигналов через рассогласование между предъявляемыми сигналами и их образцами (templates), сохраняемыми в памяти (Sams, Näätänen, 1983).

Исследование активности нейронов в ситуации обнаружения сигнала показало, что в основе различных исходов обнаружения лежат разные наборы активных нейронов, представляющих компоненты СИО и уровень актуа-

лизации этих компонентов, проявляющийся в частоте спайковой активности нейронов. Для построения шкалы оценки уровня актуализации компонентов СИО, с учетом этих результатов, были положены пять взаимно связанных номинальных шкал, характеризующих распознаваемый сигнал S или D (переменная V1), исход — правильное распознавание или ложная тревога (V2), наличие ЭМГ-активности и ее временное соотношение в обеих руках (V3 и V4), наличие ЭМГ-активности на интервале, предшествующем предъявлению сигнала (V5) (см. таблицу 2 и подраздел 9.2.2.4.2). Построенная на основе этих пяти шкал порядковая шкала была применена для оценки уровня актуализации компонентов СИО. Результаты исследования показали, что оцененное таким образом соотношение актуализации компонентов СИО, обеспечивающих реализацию альтернативных актов распознавания сигналов S и D, позволяет достаточно хорошо воспроизвести значения времени распознавания сигнала (см. подраздел 9.2.2.4.2; ср. таблицы 5 и 6). Введение шкалы актуализации позволяет перейти от описания процесса распознавания в терминах внешних событий и феноменов мышечной активности к описанию в терминах структур и процессов их актуализации, сопоставимому с описанием компонентов СИО, основанному на анализе активности нейронов.

На основе анализа как активности нейронов (у кролика), так и ЭМГ-активности (у человека) можно заключить, что исход обнаружения (распознавания) является результатом акта, который начинает развиваться на интервале, предшествующем предъявлению сигнала. В силу целенаправленности этого, как и любого другого акта поведения, изменение состава множества актуализированных компонентов СИО, уровня актуализации подмножеств компонентов, связанных с различными исходами обнаружения/распознавания сигнала, проявляются в феноменах антиципации; в соответствии организации ЭМГ-активности длительности серий предъявления альтернативных сигналов, а также исходу распознавания (см. 9.2.2.3.4). Именно поэтому, основываясь на характеристиках ЭМГ-активности, как проявлениях антиципации свойств предъявляемого сигнала, оказалось возможным дать оценку УА компонентов СИО, обеспечивающих достижение результата данного поведенческого акта.

Полученные результаты показывают, что в основе феномена антиципации событий, ключевых в сериях поведенческих актов, лежит не специальное аналитическое «предвидение признаков возможного события», а формирование и актуализация наборов компонентов СИО, позволяющих реализовать поведенческие акты, возможные в антиципируемых ситуациях.

В ситуации распознавания сигнала при предъявлении двух сигналов в случайной последовательности, испытуемые отмечали, какой из сигналов был предъявлен, нажимая правой или левой рукой на одну из кнопок. Этот прием позволяет альтернативным актам совершаться независимо друг от друга. В ситуации

¹ А.Н. Леонтьев пришел к весьма сходным выводам в работе 1928 г. «Опыт структурного анализа цепных ассоциативных рядов» (Леонтьев, 1983).

обнаружения сигнала (у кроликов) возможности реализовать альтернативные акты (правильное обнаружение, ложную тревогу и пропуск сигнала) одновременно не существует. Однако общие закономерности актуализации компонентов СИО не различаются. Этот результат указывает на то, что в характеристиках поведенческих актов закономерности актуализации *проявляются*, но относятся эти закономерности именно к актуализации компонентов СИО.

9.2.4.1. Основные свойства процесса актуализации компонентов СИО

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 (sequential effects).
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.

Следует отметить, что приведенное описание свойств процесса актуализации лишь приближенно характеризует вовлечение компонентов СИО в реализацию поведенческих актов, поскольку актуализация — лишь одна из сторон единого процесса актуалгенеза (см. 3.2.4), в котором неразрывно связаны актуализация и генез компонентов (в слабой формулировке понятия актуалгенеза — модификация компонентов).

9.3. ДИНАМИКА НАБОРОВ КОМПОНЕНТОВ СИЗ НА ПРОТЯЖЕНИИ АКТА ИГРЫ И ПРИ СМЕНЕ АКТОВ

Процесс актуализации совокупностей компонентов СИЗ реконструировали на основе результатов анализа организации информационного множества и ветвления графа игры (см. 7.6.4), изучения актуализации компонентов СИЗ в ситуации выбора акта игры (см. 8.2.1—8.2.5), исследования соотношения уровней актуализации групп компонентов СИЗ, обеспечивающих развитие альтернативных вариантов поведения, а также закономерностей изменения состава актуализированных совокупностей компонентов СИО/СИЗ на протяжении реализации поведенческого акта (см. 9.1 и 9.2).

События, на основании которых акты игры могут быть идентифицированы — моменты постановки знаков на игровом поле игроком и противником (см. 7.3). Для каждого из игроков последовательность этих событий циклична. Рассмотрим цикл изменений наборов актуализированных компонентов СИЗ при реализации акта игры для одного из игроков, начиная с интервала между постановкой знака игроком и противником (см. рисунок 17).

1. Для интервала, на котором игрок ожидает ответного хода противника, характерно состояние неопределенности, поскольку, как правило, возможно несколько исходов (см. гл. 7, рисунок 10). Антиципация события, ключевого в развитии акта игры (хода противника), осуществляется в форме актуализации наборов компонентов СИЗ, обеспечивающих акты игры, которые входят в состав репертуара игрока и могут быть реализованы в ситуациях после хода противника¹ (см. 9.2.4.1, вывод 7). Поскольку каждому возможному варианту ответного хода противника может соответствовать несколько альтернативных актов игры (см. 7.6.4), на интервале между постановкой знака игроком и ответным действием противника актуализировано наиболее мощное множество компонентов СИЗ. Оно содержит наборы, необходимые для реализации всех зафиксированных в СИЗ актов игры, возможных при всех вариантах ответного хода противника. На рисунке 17 показано несколько наборов, которые соответствуют возможным вариантам будущего хода противника (они обозначены цифрами 1—4). Каждый из таких наборов может содержать несколько подмножеств компонентов СИЗ, обеспечивающих альтернативные акты игры, которые могут быть реализованы после определенного хода противника (на рисунке 17 — черные точки).

¹ Возможности выбора хода противником ограничены как пределами его индивидуального репертуара, так и конкретной позицией, созданной при постановке знака игроком.

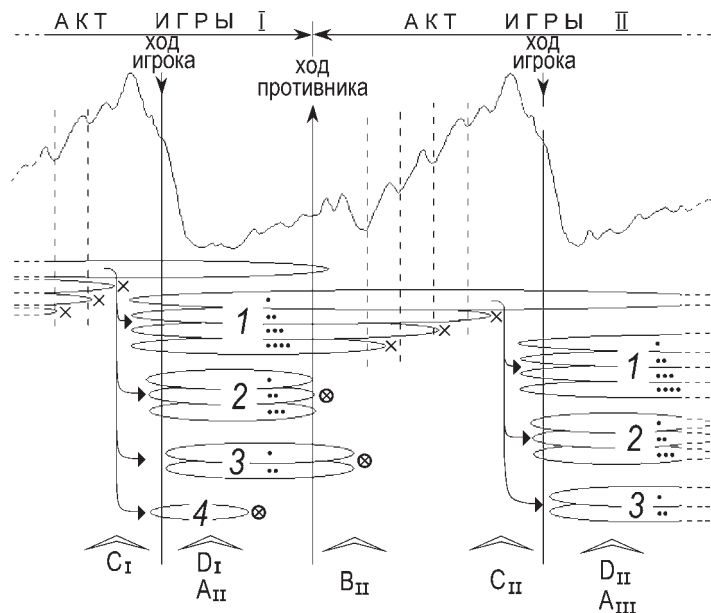


Рис. 17. Наборы актуализирующихся компонентов СИЗ на протяжении последовательных актов игры и их смены. Сверху — отметка интервалов последовательных актов игры (I и II). Кривая — конфигурация медленных потенциалов мозга, сопровождающих акты игры и их смену (потенциал универсальной конфигурации, см. рисунок 1, гл. 8). Вертикальные линии — моменты постановки знаков на игровом поле (стрелка вниз — ход игрока, вверх — противника). Овалы отмечают актуализацию наборов компонентов СИЗ, представляющих акты игры; пересекающиеся овалы — множества таких наборов, соответствующих одному определенному ожидаемому ходу противника (помечены цифрами 1–4), точки внутри овалов — альтернативные акты игры, составляющие такое множество. Крестики в кружках — прекращение актуализации наборов при их несоответствии ходу противника; крестики — прекращение актуализации набора компонентов в процессе выбора хода. Вертикальные штриховые линии отмечают моменты начала движения руки игрока при выборе хода. Ветвящиеся нисходящие стрелки — предполагаемое инициализирующее влияние реализующейся совокупности компонентов СИЗ на другие совокупности. Внизу: стрелки (^) указывают на интервалы А, В, С, D, для которых возможна оценка характеристик актуализированных наборов компонентов СИЗ; индексами I, II и III помечены аналогичные интервалы для последовательных актов

Увеличение объема актуализированных компонентов СИЗ проявляется в максимальном значении позитивной волны потенциала мозга, сопровождающего акт игры (см. 8.2.1, рисунок 1; гл. 12, рисунок 1). Показано, что позитивным колебаниям потенциалов мозга этого типа соответствует одновременная актуализация наборов компонентов СИО, связанных с реализацией предшествующего и последующего поведенческих актов¹ (Александров, Максимова, 1985; Максимова, Александров, 1987; Aleksandrov, Maksimova, 1985; Aleksandrov, Maksimova, 1987).

Необходимое условие актуализации функциональной системы — возможность реализации взаимодействия, модель которого эта система представляет. В рассматриваемом случае такую возможность определяет содержание ожидаемого события, хода противника. Из всего множества актуализированных групп компонентов СИЗ реализоваться могут только наборы, представляющие те акты игрока, начальная позиция которых соответствует созданной действием противника (см. 7.6.1). Поэтому для некоторых наборов компонентов СИЗ актуализация прекращается в связи с моментом постановки знака противником (см. 8.2.1). Эти события проявляются в комплексе быстрых колебаний потенциалов мозга (см. гл. 8, рисунок 2). На рисунке 17 показано, что актуализация наборов компонентов СИЗ 2 и 3, не соответствующих совершенным ходам противника прекращается (помечено крестиком в кружке).

2. На интервале между постановкой знаков противником и игроком происходит выбор игроком определенного хода. В начале этого интервала продолжается актуализация наборов компонентов СИЗ, лежащих в основе всех актов игры, реализация которых возможна в данной игровой позиции и которые к данному моменту входят в репертуар игрока². Количество таких наборов можно оценить по полустепени исхода вершин (см. 7.6.3.1). Характеристики поведения, в которых проявляется соотношение одновременно актуализирующихся наборов компонентов СИЗ, проанализированы в главах 8.2.3.1–8.2.3.4, а также в данной главе (см. 9.2.4.1, выводы 2, 3, 5, 6). Уровень актуализации некоторых наборов компонентов СИЗ в процессе выбора хода снижается, так что реализация соответствующих им актов игры становится невозможной, а других —

¹ Согласно результатам этих исследований, в амплитудно-временных характеристиках и конфигурации медленных потенциалов мозга, сопровождающих поведенческий акт, проявляется как количество актуализированных компонентов СИО/СИЗ, так и их отношения (синергия/оппонентность). В контексте настоящего обсуждения мы рассмотрим только соотношение конфигурации потенциалов и количество актуализированных компонентов СИЗ.

² Данное описание динамики наборов актуализирующихся компонентов СИЗ применимо **только для тех актов игры, которые реализуются не в первый раз**. Анализ ситуации порождения нового акта представлен в главе 12.

возрастает (см. 9.1.3, рисунок 8). На рисунке 17 показано, что актуализация набора компонентов СИЗ 1, находящегося в соответствии с ходом, сделанным противником, продолжается. Этот набор содержит 4 подмножества компонентов (помечены черными точками), каждое из которых соответствует определенному акту игры, а все подмножества представляют альтернативы выбора хода.

Результаты анализа потенциалов мозга показывают, что процесс селекции наборов компонентов СИЗ, представляющих альтернативные акты игры протекает дискретно. Его «порции» проявляются в негативных субкомпонентах медленного негативного колебания, которое соответствует процессу снижения количества альтернативных наборов актуализированных компонентов СИЗ (см. 8.2.1, рисунки 1 и 3). Прекращение актуализации набора компонентов СИЗ в ситуации выбора хода можно связать с «частичной» реализацией соответствующего акта игры, выражающейся, например, в движениях руки в пределах игрового поля, не завершающихся постановкой знака (см. 8.2.3.2, а также рисунок 17). Моменты начала таких движений руки отмечены на рисунке 17 вертикальными штриховыми линиями, а прерывания актуализации наборов компонентов — крестиками.

3. Процесс выбора хода завершается, когда остается актуализированной такая совокупность компонентов СИЗ, которая соответствует единственному варианту действия (постановки знака на поле), а актуализация всех наборов, альтернативных прошедшему селекции, прекращается. Заметим, что отобранная совокупность не обязательно представляет один акт игры, так как группы актов, которые обладают общностью по исходной позиции и способу ее трансформации, различаются по характеристикам результирующей позиции (см. 7.6, рисунок 10). Можно полагать, что актуализация этих наборов продолжается до момента инициации следующего акта игры, когда в соответствии с тем, какой именно выбор будет сделан противником, произойдет их селекция. Таким образом, постановка определенного знака на поле феноменологически выглядит как выбор единственного акта игры, но этому выбору может соответствовать актуализация нескольких наборов компонентов СИЗ, представляющих до пяти актов игры, различающихся лишь результирующей ситуацией (см. 7.6.4.2).

Каждый из наборов компонентов СИЗ, прошедших селекцию в процессе выбора хода, и акты игры, которые представлены этими наборами, соответствуют ожидаемым вариантам ответного хода противника, так как эти варианты уже зафиксированы в СИЗ игрока (см. гл. 7 и 8) в форме актов игры, которые смогут разрешить ожидаемые ситуации. Полнота антиципации хода противника достигается актуализацией наборов компонентов СИЗ, представляющих всю совокупность актов игры — как тех, которые были отобраны при выборе хода, так и тех, реализация которых будет возможна только при разрешении неопределенности относительно будущего хода противника.

На рисунке 17 показано, что селекцию на интервале выбора хода прошел только один набор компонентов СИЗ, актуализация которого продолжается и после постановки игроком знака на поле. Можно высказать предположение, что достижение этим набором определенного (возможно, порогового) уровня актуализации является условием актуализации наборов компонентов СИЗ, представляющих альтернативные варианты развития поведения в связи с будущим ответным ходом противника.

Предполагаемое «актуализирующее» влияние совокупности компонентов, представляющей отобранный акт игры, на наборы компонентов, антиципирующих ответный ход противника, показано на рисунке 17 стрелками, нисходящими к обозначениям этих наборов.

В конфигурации медленного потенциала мозга описанным событиям соответствует достижение максимума негативизации (завершение выбора хода игроком), развитие высокоамплитудного позитивного фронта (актуализация наборов компонентов СИЗ, представляющих альтернативные варианты развития поведения в связи с ответным ходом противника). На протяжении собственно ожидания ответного хода противника, когда все наборы компонентов СИЗ актуализированы, наблюдается медленный негативный сдвиг потенциала. Эту негативацию можно связать с возможным снижением неопределенности относительно ожидаемого хода противника за счет движений его руки или курсора мыши на экране дисплея (см. 8.2.1 и 8.2.3.2). Некоторые наборы компонентов СИЗ на этом интервале могут прекращать актуализацию, поскольку наблюдаемое поведение противника не допускает таких вариантов разрешения ситуации, при которых акты игры, соответствующие этим наборам, могут быть реализованы (см. рисунок 17, набор компонентов 4; прекращение его актуализации помечено крестиком в кружке).

На этих событиях цикл изменения в составе актуализированных наборов компонентов СИЗ замыкается. Дальнейшие события, связанные с постановкой противником знака (завершением текущего акта игры), переходом к следующему акту и т.д., рассмотрены в пп. 1, 2 и 3 данного раздела.

ГЛАВА 10

РЕКОНСТРУКЦИЯ СТРУКТУРЫ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ОПЫТА¹

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. Соответствие групп специализированных нейронов компонентам СИО, сформулированное в СЭП (см. 5.3 и 5.4), было показано на различных моделях исследования (Александров, Греченко, Гаврилов и др., 1997). Таким образом, на основе анализа поведенчески специализированных нейронов, можно описать СИО в терминах компонентов и их отношений, что является, по сути, точной аналогией описания СИЗ, построенного на основе изучения графа игры (см. гл. 7). Заметим, что структуры индивидуального опыта и индивидуального знания не просто гомологичны, их терминологическое различие введено нами, чтобы обозначить возможное отличие этих структур у человека и животных (соотношение СИО и СИЗ проанализировано в разделе 3.4). Можно полагать, что описание СИО, основанное на представлении о специализации нейронов относительно поведенческих актов, принципиально сопоставимое с описанием СИЗ, открывает доступ к сторонам организации индивидуального опыта, которые остаются скрытыми при использовании характеристик поведения и даже электрических потенциалов мозга.

¹ 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.

10.0. СПЕЦИАЛИЗАЦИЯ НЕЙРОНОВ

Представления о специализации нейронов начали складываться в период, когда регистрация активности отдельных клеток еще не была обеспечена технически, а данные об активности нейронов получали в опытах на препаратах, а не на реализующих определенное поведение животных (см., например: Сомьен, 1975). Именно тогда сложилось представление о нейроне как клетке, передающей и суммирующей приходящие возбуждения, мембрана которой может суммировать постсинаптические потенциалы (см., например: Радченко, 1968). Эта точка зрения не требует эксплицитного представления о собственно поведенческом значении активности нейрона, впрочем, она не требует от нейрона и *активности* в точном смысле этого термина. При рассмотрении с этой позиции нейроны отличаются друг от друга различной включенностью в сеть, связями, расположением и соотношением возбуждающих и тормозящих синапсов (см.: Крышталь, 1979; Шаповалов, 1979; а также: Анохин, 1974). В рафинированном виде этой концепции нейроны рассматриваются как *логические* устройства-сумматоры. В настоящее время такое представление сохраняется в описаниях и моделях мозговых основ поведения и научения, опирающихся на нейроноподобные элементы (Baxter, Vuonomano, 1991). Таковы, например, основания коннекционизма и множества моделей, реализующих идеи нейронных сетей (см.: Фодор, Пылишин, 1995; Hintzman, 1990, а также 4.3.5: «Коннекционизм»).

Первоначально идея специализации нейронов, по-видимому, формировалась в тесной связи с морфо-функциональными представлениями о строении и активности мозга. Нейронам приписывались функции, соответствующие областям мозга, в которых они локализованы. Так, Д.Х. Хьюбелом и Т.Н. Визелем впервые был установлен факт специализации нейронов зрительной области коры относительно простых физических признаков объектов (Hubel, Wiesel, 1959). Обсуждая предположение о специализации нейронов относительно именно физических и геометрических свойств объектов, Леттвин, Мак-Каллок, Питс и Матурана заметили, что линиями, пятнами и углами интересуются экспериментаторы, а лягушки интересуются мухами (1963). Этим высказыванием они отметили низкую экологическую валидность концепции детектирования нейронами геометрических, а не поведенчески и биологически важных характеристик объектов. Действительно, в коре больших полушарий мозга у животных и у человека были найдены нейроны, активирующиеся в связи с предъявлениями сложных в познавательном отношении объектов; они были названы Ю. Конорским «гностическими» (1968). При применении методик регистрации активности нейронов животных, совершающих поведение различной сложности, было установлено, что активации нейронов могут

быть специфически связаны с предъявлением конкретных предметов (или их изображений) вне зависимости от проекции объекта на сетчатку и углового размера изображения, т.е. именно при «узнавании» субъектом этого объекта (Perret et al., 1984). Показано, что объектом, относительно которого специализирован нейрон, может быть человеческое лицо (Baylis, Rolls, 1987, Perret et al., 1987), морда животного того же вида (Kendrick, Baldwin, 1987), рука (Desimore et al., 1984), геометрические формы (Miyashita, Chang, 1988). В экспериментах с регистрацией нейронов у человека были обнаружены нейроны, специфически активировавшиеся в связи с отдельными фрагментами речевого материала (Creutzfeld et al., 1989; Heit et al., 1988).

Идеи Хьюбела и Визеля соответствовали также другому основанию для характеристики специализаций: по положению в рефлекторной дуге. По исполняемым функциям выделяют нейроны-детекторы, командные, сенсорные, моторные нейроны (см.: Соколов, 1995, а также: Александров, 1989; Швырков, 1978).

Как отмечает В.Б. Швырков, для обозначения предполагаемых функций-специализаций нейронов использовали психологические понятия, (а совмещение двух языков, психологического и нейрофизиологического, неизбежно ведет к дуалистическим решениям психофизиологической проблемы: Швырков, 1995, с. 18), создавали психологические неологизмы, например, вводили такие функции, как «детекция прагматической неопределенности» или «детекция сигнальных свойств стимула» (Швырков, 1995, с. 26).

Представления о специализациях-функциях (но НЕ по их отношению к рефлекторной дуге!) были использованы в классическом варианте ТФС—функциональная система интегрирует различные наборы нейронов с реализуемыми ими физиологическими функциями (Анохин, 1975) (см. гл. 5). Уже в рамках КТФС концепция нейрона сумматора постсинаптических потенциалов была подвергнута критике П.К. Анохиным (Анохин, 1974). В этой работе нейрон рассматривался как *активный* компонент системы, «подчеркивалась роль межклеточных контактов не в проведении возбуждения, а в обмене метаболическими субстратами между клетками» (Александров, 2004а, с. 6), хотя активность нейрона смешивалась со стимульной по сути детерминацией активностью пре-синаптических нейронов (гл. 5). Эта принципиально новая точка зрения позволила преодолеть ограничения выделенной нами первой группы представлений о нейронах-сумматорах (для которых в принципе нет необходимости в идее специализации) и определила основания для критики «функционалистского» подхода к анализу специализаций нейронов.

С позиций СЭП В.Б. Швырковым предложено представление о нейроне как «организме» в организме (см.: Александров, 2004а, 2004б). С этой точки зрения нейрон рассматривается как индивид в среде других клеток-индивидов. Нейрон-индивид, активно взаимодействуя с окружением—нейронами

и глиальными клетками, достигает удовлетворения метаболических потребностей. Развитие этой концепции, а также следование эволюционным критериям позволило разработать положения, в соответствии с которыми «устанавливалась не функциональная, а именно **поведенческая специализация нейронов**, которая давалась в виде перечня всех актов, где нейрон во всех случаях давал активации» (Швырков, 1995, с. 57-58). (О положении понятия «функция» в системно-эволюционном подходе см. подробнее в 5.3). Поведенческая специализация нейронов, некоторые характеристики ее формирования были изучены в работах (Горкин, 1987; Горкин, Шевченко, 1990, 1991, 1993, 1995; Швырков, 1995). Важнейший этап развития представлений о специализации нейронов относительно актов поведения—исследования их генеза при обучении с применением современных нейрогенетических методик (Александров, 2004а, 2004б; Сварник, Анохин, Александров, 2001).

Концепция специализации нейронов относится к наиболее базовым, фундаментальным, исходным парадигмальным положениям СЭП (см. гл. 5):

- 1) нейроны специализированы относительно поведенческих актов;
- 2) группа нейронов с общей специализацией относительно поведенческого акта представляет компонент СИО;
- 3) отношения между компонентами реализуются как межнейронные.

Эти положения открывают возможности формулирования содержательных гипотез об организации СИО и их эмпирической оценки.

С развитой в рамках системно-эволюционного подхода концепцией специализации нейронов относительно поведенческих актов и соответствии им компонентов индивидуального опыта, распределении групп нейронов с общей специализацией по различным структурам мозга (Александров, 2005; Швырков, 1995; Александров, Греченко, Гаврилов и др., 1997), можно соотнести результаты исследований, проведенных с позиций, отличных от системно-эволюционного подхода. Так, установлено соответствие специализации нейронов «внешнему виду» ученого, ухаживающего за обезьяной, участвующей в исследовании (Perret et al., 1984). Установлено, что «единицей» репрезентации объекта или события служит не единичный нейрон, а группа или ансамбль нейронов со сходными связями с поведением, причем нейроны, составляющие единый ансамбль, распределены по различным структурам мозга (Dudai et al., 1987). Показано, что время формирования ансамбля нейронов (т.е. время приобретения специализации группой нейронов различной локализации) и скорость морфологических изменений в нейрональных (синаптических) и не нейрональных элементах ткани мозга совпадает со скоростью формирования соответствующего опыта животного (Grobstein et al., 1973; Rosenzweig, 1985; Greenough et al., 1990). Весьма важны факты, показывающие зависимость дефинитивной формы активности нейронов от особенностей конкретной

истории обучения (Bostock et al., 1991). Эти и другие аналогичные данные указывают на то, что группы нейронов фиксируют опыт животного.

Предполагается, что объединения и комбинации ансамблей составляют мета-ансамбли, соответствующие репрезентации сложных объектов. Активность нейронов ансамбля может согласованно изменяться в результате особенностей взаимоотношений с другими ансамблями. Ассоциации (отношения) между ансамблями, которые реализуются как межнейронные отношения фасилитации и торможения (Dudai et al., 1987), могут усиливать или ослаблять их активность. Эти результаты позволяют предполагать, что ансамбли (группы) нейронов обладают сложной субструктурой, которая, возможно, лежит в основе отношений между группами.

Принципиально важно, что концепция поведенческой специализации нейронов, сформулированная в рамках СЭП, при объяснении объединения нейронов в группу выходит за пределы феноменологии. Это объяснение основано не на отдельных признаках ситуации, а исходит из принципов системной организации поведения (Александров, 2004а; Александров, Греченко, Гаврилов и др., 1997; Швырков, 1995). Анализ нейрональной активности с позиции представлений о специализации нейронов относительно актов поведения, открывает доступ к анализу собственно компонентного состава СИО, поскольку компоненты представляют собой именно группы нейронов со сходной специализацией. Разрешающая способность исследования СИО и СИЗ, основывающегося на выделении поведенческих актов как единицах анализа, ограничена представлением компонентов структуры как «элементов», не обладающих субструктурой, в точном смысле слова «атомов», т.е. «неделимых» элементов строения. Анализ активности специализированных групп нейронов позволяет преодолеть это ограничение и поставить вопрос о строении компонентов, их суборганизации.

Другое ограничение собственно поведенческого анализа СИО состоит в том, что многообразии компонентов СИЗ/СИО, актуализированных одновременно при реализации конкретного поведенческого акта, может быть установлено по многообразию субрезультатов, достигаемых в рамках данного акта. При этом, во-первых, одновременность актуализации многих компонентов выглядит как последовательность, синхрония подменяется диахронией, а, во-вторых, как показывают исследования организации поведения, проведенные с использованием регистрации активности отдельных нейронов, не может быть выделена актуализация некоторых компонентов, которые проявляются в последовательности событий поведения не непосредственно, а косвенно—через взаимоотношения с другими актуализированными компонентами.

Цель исследования состояла в том, чтобы дать описание структуры индивидуального опыта в терминах компонентов и отношений между ними. Поскольку предполагается, что компоненты СИО фиксируются как группы

поведенчески специализированных нейронов, а специализация нейронов определяется относительно конкретных поведенческих актов, то для описания СИО следует установить соответствие между: (1) группами нейронов, обладающими определенными специализациями, и (2) поведенческими актами, их последовательностями и группами.

Теоретические гипотезы

Компоненты СИО реализуются группами нейронов, обладающими общими специализациями. Характеристики организации СИО—отношения между компонентами, связывающие их в группы, типология групп компонентов, связность структуры как целостного образования, связь строения СИО с историей научения—объясняются характеристиками специализаций групп нейронов относительно актов поведения.

Возможны две альтернативные гипотезы о строении специализаций в группах нейронов, реализующих компоненты СИО:

- I. Группы нейронов, обладающие общими специализациями, имеют гомогенную структуру, в них не выделяются субкомпоненты.
- II. Группы нейронов, обладающие общими специализациями, имеют сложную суборганизацию, которая определяется разнообразием дополнительных специализаций (*субспециализаций*) нейронов, составляющих подгруппы, объединенные единой общей основной специализацией.

Общая идея оценки этих гипотез состоит в том, чтобы построить классификации нейронов в соответствии с положениями о специализациях: (1) общей и единой для всех нейронов, составляющих единую группу; (2) основной, общей для всей группы нейронов и дополнительных, определяющих выделение подгрупп. Следует отдать предпочтение той классификации, и, соответственно, гипотезе (I или II), для которой будут найдены более тесные соответствия с основными характеристиками организации СИО (отношениями между компонентами, строением групп компонентов, связностью), а также соотношением организации СИО с характеристиками реализации последовательностей поведенческих актов.

Исследовательские гипотезы

Гипотеза 1. По соответствию активности нейронов актам поведения могут быть выделены дискретные группы (обладающие общей основной специализацией) по критерию обязательности активации относительно определенного акта поведения. Вариации активности относительно других актов поведения не позволяют разделить эти группы на устойчивые дискретные подгруппы.

Альтернатива. В группах нейронов, обладающих общей специализацией относительно определенного акта, по вариациям активности в других актах

поведения могут быть выделены устойчивые дискретные подгруппы, проявляющие дополнительные специализации относительно некоторых из этих актов.

Гипотеза 2. Некоторые характеристики компонентов СИО (отношения с другими компонентами, связь с историей формирования структуры, объединение компонентов в группы) и структуры в целом (связность, сложность организации) связаны с их суборганизацией.

Альтернатива. Перечисленные характеристики компонентов СИО и структуры опыта в целом определяются не их суборганизацией.

Задачи исследования:

1. Дать описание дефинитивного поведения в терминах поведенческих актов и их различных группировок (последовательностей и циклов).
2. Сопоставить временные характеристики выполнения пищедобывательного поведения у животных, обученных разными способами.
3. Построить классификацию нейронов по связи их активности с реализацией определенных актов поведения.
 - За. Охарактеризовать суборганизацию групп нейронов, специализированных относительно актов пищедобывательного поведения и их групп.
4. Охарактеризовать отношения между группами специализированных нейронов.
5. Охарактеризовать объединения групп специализированных нейронов.
6. Сопоставить активность групп специализированных нейронов при выполнении пищедобывательного поведения у животных, обученных разными способами.

10.1. МЕТОДИКА

10.1.1. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ЖИВОТНЫЕ

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 (рисунки 1А).

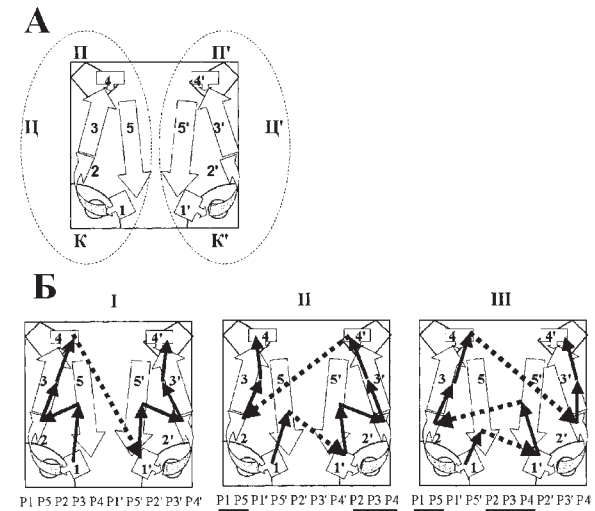


Рис. 1. Дефинитивное поведение и способы обучения животных. А—схема экспериментальной клетки и дефинитивного поведения животных: II и II'—циклы поведения (выделены эллипсами); К и К', П и П'—кормушки и педали в II и II' соответственно; стрелки показывают последовательность актов в дефинитивном поведении, цифры—номера актов P1... P5 (II), P1'... P5' (II'). Б—порядок обучения достижению этапных результатов поведения: I, II, III—способы обучения животных, темные сплошные стрелки—порядок приобретения актов, входящих в один цикл, темные штриховые—переход к обучению актам другого цикла. Под фрагментами I, II и III—порядок приобретения актов; подчеркнуты акты, входящие в цикл, начинающий обучение. Остальные обозначения, как на А

10.1.2. КОНТРОЛИРУЕМОЕ ФОРМИРОВАНИЕ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ОПЫТА

В дефинитивном поведении, чтобы получить пищу в кормушке (К или К'), животные должны были нажимать на педаль (П или П'), расположенную у той же стенки клетки. Таким образом, дефинитивное поведение было представлено двумя циклами на левой и правой сторонах клетки: II (П—К) и II' (П'—К'). Достижению таких этапных результатов, как захват пищи

в кормушке ($P1$ и $P1'$), поворот головы от кормушки в сторону педали до середины стенки клетки ($P2$ и $P2'$), подход к педаль ($P3$ и $P3'$) и нажатие на педаль ($P4$ и $P4'$), животных обучали специально, в то время как подходу к кормушке ($P5$ и $P5'$) они научались самостоятельно. Исходным для обучения был акт опускания морды животного в кормушку, который затем включался в состав достижения $P5$.

При обучении разных групп животных применен различный порядок обучения достижению этапных результатов пищедобывательного цикла (рисунок 1Б).

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 ($P1, P5, P2, P3, P4; P1', P5', P2', P3', P4'$) совпал с порядком их достижения в дефинитивном поведении (рисунок 1, Б1).

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: $P1, P5, P1', P5', P2', P3', P4', P2, P3, P4$ (рисунок 1, Б2). В этом случае цикл \underline{II}' формировали сразу как единую последовательность, а \underline{I} — из этапов, сформированных в начале и в конце обучения.

Третью группу (из 4 кроликов) также обучали сначала использованию обеих кормушек, а затем обеих педальей, но порядок обучения был иным: $P1, P5, P1', P5', P2, P3, P4, P2', P3', P4'$ (рисунок 1, Б3), т.е. оба цикла обрзовывали из этапов, сформированных на разных этапах обучения.

10.1.3. ЕДИНИЦЫ АНАЛИЗА ПОВЕДЕНИЯ И ОПИСАНИЕ РЕПЕРТУАРА

Континуум дефинитивного поведения животных описывали как последовательность поведенческих актов, используя критерии, приведенные в 5.3 и 5.4. Независимо от способа обучения животных, репертуар их поведения содержал акты, которые обозначали по достигаемым результатам: $P1, P2, P3, P4, P5; P1', P2', P3', P4', P5'$. Актам репертуара ставили в соответствие компоненты СИО.

10.1.4. РЕГИСТРАЦИЯ АКТИВНОСТИ НЕЙРОНОВ

У обученных животных регистрировали активность нейронов лимбической коры: $P = 8-10; L = 2-3$ по атласу (Gangloff, Monnier, 1961). Поиск нейронов осуществляли при дистанционном погружении микроэлектрода с по-

мощью микроманипулятора, фиксированного на голове животного, не прерывая текущее поведение. Подробное описание процедуры регистрации см. в (Горкин, Шевченко, 1990; 1991; 1995). Для анализа отбирали нейроны, активность которых была зарегистрирована не менее чем в пяти реализациях каждого цикла поведения (\underline{I} и \underline{I}').

10.1.5. АНАЛИЗ АКТИВНОСТИ НЕЙРОНОВ

В данной работе рассмотрена активность 483 нейронов, 226 из них были зарегистрированы у животных I группы, 124 — II и 133 — III.

Использовали два варианта установления специализации нейронов по характеристикам их активности.

Первый вариант использовал методику (Горкин, 1987; Горкин, Шевченко, 1990; 1991; 1995), в основе которой лежат следующие предположения:

1. Характеристики спайковой активности нейрона в конкретном акте определяются двумя независимыми факторами: его специализацией и влиянием активности других нейронов.
2. Специализация нейрона относительно конкретного поведенческого акта проявляется в обязанности его активации при реализации этого акта.
3. Влияние активности других нейронов проявляется в вариациях частоты спайковой активности данного нейрона при реализации других поведенческих актов.

Второй вариант обработки был разработан при выполнении данного исследования. Основное предположение, на котором он основан, заключается в том, что характеристики спайковой активности нейрона в конкретном акте определяются двумя независимыми факторами: его основной и дополнительными специализациями.

10.1.5.1. Первый вариант обработки активности нейронов

По постоянству связи активаций нейрона с реализацией данного акта (при любых вариациях частоты разрядов) судили о специализации нейрона относительно данного акта, а по связи частоты спайков при реализации данного поведенческого акта у нейронов, обладающих различными поведенческими специализациями, характеризовали взаимоотношения между этими нейронами.

Типы поведенческой специализации нейронов. Для того чтобы определить специализацию нейрона, оценивали вероятность наличия активации

в каждом из выделенных актов. Нейрон считали специализированным относительно акта, в котором активация наблюдалась с вероятностью 100% (Горкин, Шевченко, 1990; 1991; 1995). На основании анализа типов поведенческих специализаций нейронов выделяли *компоненты СИО*, представляющие акты репертуара.

Взаимоотношения между нейронами. Активации в актах, относительно которых данный нейрон не специализирован, рассматривали как дополнительные, отражающие взаимоотношения нейрона, обладающего специализацией определенного типа, с группами нейронов другой специализации. Частоту спайковой активности нейронов в различных поведенческих актах нормировали относительно максимальной частоты разрядов в акте, относительно которого специализирован данный нейрон.

Рассчитывали частные коэффициенты корреляции между нормированными оценками активности всех нейронов во всех поведенческих актах. Применение частных коэффициентов корреляции позволяет исключить вклад связи активности нейронов, входящих в выборку, в коэффициент корреляции для каждой конкретной пары нейронов. Матрицы частных корреляций между характеристиками активности нейронов для каждого поведенческого акта были рассчитаны отдельно для групп кроликов, обученных I, II и III способами. Положительные значения коэффициентов корреляции рассматривали как проявление взаимоотношений *синергии*, а отрицательные—как отношений *оппонентности*¹ между компонентами СИО, которые представлены нейронами с различными типами специализации.

Для оценки соотношения нормированных частот дополнительных активаций нейронов различной специализации при реализации акта, относительно которого они не были специализированы, применяли критерии знаков и Вилкоксона.

Группы специализированных нейронов. На основании анализа матриц частных корреляций нормированных оценок активности нейронов выделяли группы нейронов различной специализации, активность которых в поведении была согласована. В соответствии с этими группами выделяли *компоненты СИО*, представляющие объединения актов репертуара.

¹ Термины «синергия» и «оппонентность» использовались нами как аналоги отношений AND и XOR (см. 7.6.4.3, 8.2.5.1, 11.1.3.2 и 11.2.3.2). Отношения AND и XOR определяются через логические операторы, они описываются через алгебраические свойства. Гипотетические свойства этих отношений прошли селекционную проверку в исследовании (11.3.3.1). Установление соответствия свойств отношений между компонентами СИО (AND и XOR) и между группами нейронов (синергия и оппонентность)—один из предполагаемых результатов данного исследования.

10.1.5.2. Второй вариант обработки активности нейронов

Субструктура групп специализированных нейронов. Для описания субструктуры групп (выделения субгрупп) нейронов использовали иерархический кластерный анализ (пакет SPSS-11), во всех случаях применяли метод внутригрупповых связей (Within-group linkage), в качестве меры расстояния—квадрат евклидова расстояния (SEUCLID); кластеризовали вектора, описывающие активность отдельных нейронов во всех актах циклов Ц и Ц'. В качестве переменных использовали отношения частоты спайковой активности нейрона в каждом акте к его максимальной частоте (в каком-либо из актов циклов Ц и Ц'). Кластерный анализ применяли в двух версиях—ко всей выборке нейронов (для групп I, II и III) или к отдельно к группам I, II и III. В первом случае для всех групп выделяли одинаковое количество одноименных кластеров. Во втором—для I, II и III групп определяли различное количество кластеров, имена (номера) которых не совпадали. Эти два варианта рассматривали как приближения оптимального разбиения всего множества нейронов.

Каждый выделенный кластер характеризовали по связи активаций с различными актами циклов Ц и Ц'. Силу связи определяли по величине отношения частоты спайковой активности нейрона в каждом акте к его максимальной частоте (в каком-либо из актов циклов Ц и Ц'). Устойчивость связи оценивали по совпадению значения моды и медианы этого отношения. В качестве показателя связи нейронов, объединенных в один кластер, с тем или иным актом поведения считали соотношение значений моды и медианы оценок. Если в каком-либо акте значение моды и медианы было равно 1.00, то группу нейронов считали специализированной относительно этого акта. Если кластер характеризовался в связи с каким-либо актом (ами) значением моды равным 1.00, а медиана оценок активности находилась в пределах диапазона значений 0.65 — 0.99, то такие показатели рассматривали как признаки *субспециализации* нейронов, объединенных в данном кластере. При значениях медианы в диапазоне 0.50÷0.65, а моды 0.50÷1.00, активность (в эвристических целях) рассматривали как проявление «возможной» *субспециализации* группы нейронов. Все множество нейронов, объединенных в кластеры, в которых максимум значения моды и медианы (равный 1.00) был связан с одним и тем же актом, рассматривали как *группу нейронов с одинаковой специализацией*, а кластеры с различными субспециализациями—как *компоненты субструктуры группы специализированных нейронов*.

Для построения геометрического отображения разнообразия специализаций групп нейронов и субструктуры этих групп применяли метод многомерного шкалирования (процедура PROXSCAL, пакет SPSS), в качестве меры расстояния использовали квадрат евклидова расстояния (SEUCLID). Шкалировали те же самые вектора, представляющие активность нейронов в 10 актах циклов

\square и \square' ($N = 483$, 10 переменных), которые классифицировали при помощи кластерного анализа. Для того чтобы оценить различия в расположении групп и субгрупп специализированных нейронов в реконструированном многомерном пространстве, использовали процедуры непараметрической статистики.

Связность СИО оценивали отдельно для групп животных, обученных разными способами. Анализировали нормированные оценки активности нейронов в 10 поведенческих актах: 1) на основании частных корреляций рассчитывали количество групп компонентов СИО, связанных отношениями синергии и оппонентности; 2) определяли возможность разделения компонентов СИО на группы, применяя иерархический кластерный анализ переменных, описывающих активность нейронов в актах $P_1, \dots, P_5, P_1', \dots, P_5'$, в качестве меры расстояния использовали коэффициент корреляции Пирсона; 3) оценивали распределение компонентов СИО в пространстве признаков, установленным методом многомерного шкалирования матрицы евклидовых расстояний оценок активности нейронов.

10.1.6. ВРЕМЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОВЕДЕНИЯ

У 10 обученных животных определяли время выполнения поведенческого цикла (180–200 циклов на разных сторонах клетки для каждого животного). Распределение значений времени приводило к нормальному виду, используя процедуры, которые применялись при обработке значений времени выбора хода у человека (см. 11.1.4).

Сравнивали времена первого и второго по порядку обучения циклов в трех группах животных (ANOVA, 2 цикла \times 3 группы).

Для трех групп животных сопоставляли время выполнения цикла, а также оценки характеристик СИО: количество синергических и оппонентных связей между компонентами, результаты кластерного анализа и многомерного шкалирования характеристик активности нейронов.

10.1.7. СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДАННЫХ

Применяли: 1) критерий χ^2 ; для оценки матриц, содержащих низкие частоты, использовали точный критерий Фишера; 2) коэффициент ранговой корреляции Спирмена (r_s), устойчивый к отклонению распределений переменных от нормальности; 3) частный коэффициент корреляции (R_{part}); 4) дисперсионный анализ (ANOVA); 5) факторный анализ (метод главных компонент с последующим вращением OBLIMIN); 6) многомерное шкалирование (использовали процедуры ALSCAL и PROXSCAL, матрицу различий,

евклидово расстояние и квадрат евклидова расстояния); 7) кластерный анализ; 8) медианный тест и критерий знаков; 9) для оценки нормальности распределений использовали тест Колмогорова-Смирнова; 10) для выявления сопряженностей между множествами зависимых и номинальных независимых переменных использовали процедуру CHAID (см. Толстова, 2000). Гипотезу H_0 отвергали при $\rho \leq 0.05$. В некоторых случаях, специально отмеченных в тексте, различия при $0.05 < \rho \leq 0.075$ рассматривали как проявление тенденции.

10.2. РЕЗУЛЬТАТЫ

Все обученные животные совершали акты циклов в заданном порядке до тех пор, пока педаль была эффективной. При неполных, и поэтому неэффективных нажатиях на педаль, когда кормушка оказывалась пустой, кролики совершали повторные (проверочные) опускания морды в кормушку, иногда после поворота к педали. В этих ситуациях кролики могли совершать ошибочный переход к другой кормушке (включенной в другой цикл). Проверочные опускания морды в кормушку животные могли совершать спонтанно.

При смене экспериментатором эффективной педали животные переходили к другому циклу. Этот переход совершался либо «от неэффективной педали к эффективной», либо «от неэффективной кормушки к эффективной», либо «от неэффективной кормушки к эффективной педали».

10.2.1. ВРЕМЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОВЕДЕНИЯ

Средняя длительность выполнения пищедобывательного цикла составила $M = 6.33$ с, медиана = 5.85 с, $\sigma = 2.38$ с, размах распределения—от 2.0 до 21.9 с. Оценка нормальности распределения по критерию Колмогорова-Смирнова для выборки $KS = 4.24$, $\rho < 0.0001$. После применения процедуры нормализации: $M = 0.0$, медиана = -0.003 , $\sigma = 1.00$; $KS = 0.27$, $\rho = 1.0000$.

Результаты сопоставления времени выполнения цикла пищедобывательного поведения для кроликов, обученных различными способами, приведены в таблице 1. Показано, что у животных, обученных III способом, длительность цикла значимо меньше, чем при обучении I и II способами.

Сопоставление времени выполнения циклов \square и \square' у животных, обученных выполнять пищедобывательное поведение разными способами, показало достоверные различия только для I способа обучения, при котором животных обучали выполнять сначала цикл \square , а затем—цикл \square' (см. таблицу 2). В этом случае

Таблица 1
Сопоставление времени выполнения пищедобывательного цикла при разных способах обучения животных

Способ обучения	I	II	III
I	6.265 0.207	$F = 0.003$ $\rho = 0.957$ $I \approx II$	$F = 181.99$ $\rho < 0.0001$ $I > III$
II	$\chi^2 = 1.35$ $\rho = 0.246$ $I \approx II$	6.090 0.155	$F = 134.42$ $\rho < 0.0001$ $II > III$
III	$\chi^2 = 104.65$ $\rho < 0.0001$ $I > III$	$\chi^2 = 85.16$ $\rho < 0.0001$ $II > III$	4.783 -0.574

Примечание. По диагонали показаны оценки среднего времени: сверху—секунды; снизу—время, нормализованное по Тьюки; над диагональю матрицы—величины F (ANOVA), оценка достоверности (ρ) и направленность различий; под диагональю — то же для медианного теста (χ^2); во всех случаях $df = 1$. Значимые различия выделены жирным шрифтом.

Таблица 2
Время реализации циклов Ц и Ц' при разных способах обучения животных

Способ обучения (группы)	Оценки	Циклы		Статистические критерии (сравнение нормализованных величин)	
		Ц	Ц'	Колмогоров-Смирнов	Манн-Уитни
I	N	400	403	$Z = 1.582$ $\rho = .013$	$Z = 2.683$ $\rho = .007$
	M (Tukey), c	6092	6399		
	Med, c	6070	6400		
II	N	298	297	$Z = .878$ $\rho = .424$	$Z = -.139$ $\rho = .890$
	M (Tukey), c	6142	6026		
	Med, c	6190	6050		
III	N	246	290	$Z = .654$ $\rho = .786$	$Z = -.423$ $\rho = .672$
	M (Tukey), c	4888	4734		
	Med, c	4990	4750		

Таблица 3
Сравнение времени реализации циклов Ц и Ц' при разных способах обучения животных

Сравнения групп	Циклы			
	Ц		Ц'	
	Колмогоров-Смирнов	Манн-Уитни	Колмогоров-Смирнов	Манн-Уитни
I vs. II	$Z = .475$ $\rho = .978$	$Z = -.125$ $\rho = .901$	$Z = 1.618$ $\rho = .011$	$Z = -2.884$ $\rho = .004$
I vs. III	$Z = 3.168$ $\rho < 10^{-12}$	$Z = -6.586$ $\rho < 10^{-12}$	$Z = 3.778$ $\rho < 10^{-12}$	$Z = -8.057$ $\rho < 10^{-12}$
II vs. III	$Z = 3.413$ $\rho < 10^{-12}$	$Z = -7.413$ $\rho < 10^{-12}$	$Z = 5.199$ $\rho < 10^{-12}$	$Z = -11.022$ $\rho < 10^{-12}$

цикл Ц' реализуется медленнее, чем цикл Ц. При других способах обучения различий во времени реализации циклов Ц и Ц' не отмечено (таблица 3). При сравнении этой ситуации (I способ обучения, цикл Ц') с другими отмечено самое длительное выполнение пищедобывательного цикла (ср. таблицы 2 и 3).

10.2.2. КОМПОНЕНТЫ СИО, ПРЕДСТАВЛЯЮЩИЕ АКТЫ РЕПЕРТУАРА И ИХ ГРУППЫ

У животных трех групп были зарегистрированы нейроны, специализированные относительно всех актов репертуара. Распределения частот встречаемости специализаций нейронов относительно 10 актов двух циклов не различались в трех группах животных ($\chi^2 = 22.39$, $df = 18$, $\rho = 0.21$). Распределение специализаций по актам было неравномерным ($\chi^2 = 13.45$, $df = 4$, $\rho = 0.009$) за счет большего количества нейронов, специализированных относительно подхода к педалям (акты P3 и P3'), подхода к кормушке и захвата пищи (акты P5 и P5', P1 и P1'), и меньшего—относительно поворота от кормушки к педали и нажатия на нее (акты P2 и P2', P4 и P4').

Кроме нейронов, специализированных относительно одного акта, выявлены нейроны, постоянные активации которых наблюдались при выполнении не одного, а двух актов репертуара. Например, нейроны активировались при реализации двух последовательных актов: при подходе к кормушке и при захвате пищи (т.е. акты P5 и P1/P5' и P1'), или при подходе к педали и нажатии на нее, (т.е. акты P3 и P4/P3' и P4'). Другой тип «двойной» специализации — постоянная связь активности нейрона не с последовательными, а с разделенными

во времени актами, например, с нажатием на обе педали, (актами P4 и P4'), или с опусканием морды в обе кормушки (актами P1 и P1'). Заметим, что нейроны с такой формой специализации наблюдались относительно редко.

Оценка пропорции количества нейронов, специализированных по отношению к актам нажатия на две педали в обоих циклах, и нейронов, специализированных по отношению только к одной педали (либо в одном, либо в другом цикле), показала, что «двойная» специализация наблюдалась в группе животных, обученных I способом, чаще (7 из 15), чем в группах животных, обученных II и III способами (4 из 27) (точный критерий Фишера, $\rho = 0.031$). Для других специализаций такого рода какой-либо связи со способом обучения выявлено не было.

Таким образом, найдены группы нейронов со сходной специализацией, представляющие компоненты СИО. Некоторые из этих групп нейронов специализированы относительно одного акта репертуара, другие — относительно двух актов репертуара.

Наборы компонентов СИО первого типа (представленных нейронами с одинарной специализацией) не различаются у животных, обученных разными способами, в то время как набор компонентов СИО второго типа («двойная» специализация нейронов) связан с историей научения.

10.2.3. ВЗАИМООТНОШЕНИЯ МЕЖДУ КОМПОНЕНТАМИ СИО, ПРЕДСТАВЛЯЮЩИМИ АКТЫ РЕПЕРТУАРА

Активации специализированных нейронов в специфическом для них акте проявили связь с уровнем дополнительных активаций других нейронов в этом же акте. Например, при активации группы нейронов, специализированных относительно подхода к кормушке (акт P5) в цикле I, повышается активность нейронов, связанных с захватом пищи в том же цикле (акт P1) ($R_{part} = 0.31, \rho < 0.0001$), при этом по-разному изменяется частота активности нейронов, специализированных относительно подхода к педалям: у нейронов, связанных с актом P3 в цикле I ($R_{part} = -0.11, \rho = 0.022$), она снижается, а у нейронов, специализированных относительно P3' (II') ($R_{part} = 0.28, \rho < 0.0001$), — возрастает. Активация нейронов, специализированных относительно аналогичного акта в II' (P5'), «симметрично» связана с дополнительными активациями нейронов. Активность нейронов, связанных с P1' (II') ($R_{part} = 0.31, \rho < 0.0001$) и P3 (I) ($R_{part} = 0.29, \rho < 0.0001$), возрастает, а у нейронов, специализированных относительно P3' (II') ($R_{part} = -0.15, \rho = 0.0011$), — снижается. Применение этой процедуры позволяет диагностировать асимметричные отношения между активностью групп нейронов, однако ни одного случая асимметрии отношений синергии и оппонентности зафиксировано не было.

Общими для трех групп животных являются только положительные связи между группами нейронов, активирующихся в актах подхода к кормушкам и захвата в них пищи. Приведем в качестве примера пары P5—P1 в цикле I ($R_{part} = 0.27, \rho = 0.0019$) и P5'—P1' в II' ($R_{part} = 0.31, \rho = 0.0004$), захвата пищи в I и II' (акты P1 и P1') ($R_{part} = 0.28, \rho = 0.0012$), подхода к педали и нажатия на нее: пары P3—P4 ($R_{part} = 0.39, \rho < 0.0001$) и P3'—P4' ($R_{part} = 0.28, \rho = 0.0021$), а также между актами подхода к кормушке в одном цикле и подхода к педали—в другом: пары P3—P5' ($R_{part} = 0.20, \rho < 0.031$) и P3'—P5 ($R_{part} = 0.19, \rho < 0.038$).

Часть положительных коэффициентов корреляции оказалась специфичной только для некоторых групп животных, обученных разными способами. Так, только для I группы животных были найдены такие корреляции активности нейронов для пар актов: P1 и P2—(захват пищи в кормушке и поворот к педали в цикле I; $R_{part} = 0.22, \rho = 0.0011$), P3 и P3' (подход к педали в циклах I и II'; $R_{part} = 0.16, \rho = 0.016$), P4 и P1' (нажатие на педаль I и захват пищи в кормушке; $R_{part} = 0.15, \rho = 0.024$), P4 и P2' (захват пищи в кормушке I и поворот к педали II'; $R_{part} = 0.24, \rho = 0.0001$), P4' и P5' (нажатие на педаль и подход к кормушке в цикле II'; $R_{part} = 0.23, \rho = 0.013$).

Только для II группы животных была найдена положительная связь активности нейронов для пар актов: P5 и P2' (подход к кормушке в цикле I и поворот к педали в II'; $R_{part} = 0.21, \rho = 0.025$), P1' и P2' (захват пищи в кормушке и поворот к педали в цикле I'; $R_{part} = 0.16, \rho = 0.016$).

В I и II группе (но не в III) найдена положительная корреляция для аналогичной пары актов подхода к педали в циклах I и II'—P5 и P5' (для группы I: $R_{part} = 0.26, \rho = 0.0001$; для группы II: $R_{part} = 0.19, \rho = 0.045$). В I и III группе (но не во II) найдена положительная связь между активностью в акте 2 (подход к педали I) и в актах 4' и 5' (нажатие на педаль $R_{part} = 0.20, \rho = 0.002$, и подход к кормушке в цикле II': $R_{part} = 0.13, \rho = 0.047$). Для III группы оказалась характерной положительная связь между актами P2 и P4 (поворот к педали и нажатие на педаль I; $R_{part} = 0.23, \rho = 0.013$).

Отрицательные коэффициенты корреляции в группах животных, обученных разными способами, связывали активность нейронов разноименных актов в I и II'. Так, отрицательные корреляции между актами подхода к педали P3 и к кормушке P5 на каждой стороне клетки, т.е. в I ($R_{part} = -0.14, \rho = 0.038$) и в II' ($R_{part} = -0.18, \rho = 0.0069$), обнаружены лишь в I группе. Во II группе выявлена лишь тенденция к отрицательной связи для пары актов P3' и P5' ($R_{part} = -0.17, \rho = 0.069$). Для III группы не было найдено даже тенденции такой связи. Негативная связь между P1 (захват пищи в кормушке цикла I) и P2' (жевание и поворот от кормушки к педали в цикле II') была выявлена для II ($R_{part} = -0.26, \rho = 0.006$) и III групп ($R_{part} = -0.20, \rho = 0.024$), а между P5 (подход к кормушке в цикле I) и P4' (нажатие педали

в цикле Ц')—для I ($R_{part} = -0.15, \rho = 0.028$) и II групп ($R_{part} = -0.24, \rho = 0.008$).

Во всех случаях связи между активностью нейронов в определенной паре актов в разных группах могут быть выражены в разной степени, но не могут различаться по знаку.

Только у животных, обученных I способом, выявлены отрицательные корреляции, не встречающиеся у животных, обученных II и III способами: между актами P5' (подход к кормушке в Ц') и P4 (нажатие педали в Ц) ($R_{part} = -0.21, \rho = 0.002$), в паре актов P3' и P5' (подход к педали и к кормушке в Ц') ($R_{part} = -0.18, \rho = 0.007$) и для актов P5 (подход к кормушке в Ц) и P1' (захват пищи в кормушке в Ц') ($R_{part} = -0.16, \rho = 0.021$); следует также отметить тенденцию к отрицательной корреляции между аналогичной парой актов P5' и P1.

Анализ показал, что отношения синергии связывают компоненты СИО, обладающие определенной общностью, проявляющейся в сходстве актов, которые представляют эти компоненты: по целям (аналогичные акты в двух циклах), по двигательной активности (например, в актах подхода к педали P3 в цикле Ц и подхода к кормушке P5 в цикле Ц'). Оппонентные отношения компонентов СИО наблюдаются при значительных несоответствиях содержательных характеристик актов, которые представляют эти компоненты, например, подход к кормушке P5 и нажатие педали P4' или P1 и P2'. Во всех случаях это акты, совершающиеся в разных циклах Ц и Ц'.

10.2.4. СВЯЗНОСТЬ СИО I

Сравнение количества достоверных ($\rho \leq 0.05$) частных корреляций между переменными, описывающими активность групп нейронов в 10 поведенческих актах, показало, что в I группе животных таких связей больше, чем в III ($\chi^2 = 4.22, df=1, \rho = 0.039$). Если учитывать только высокие коэффициенты корреляции, для которых $\rho \leq 0.001$, то количество связей компонентов СИО в I и II группах животных не различается ($\chi^2 = 0.43, df = 1, \rho = 0.83$), а в III группе достоверно меньше, чем в I и II группах ($\chi^2 = 4.52, df=1, \rho = 0.033$).

Эти результаты показывают, что отношения, связывающие компоненты СИО в целостное образование, наиболее развиты и разнообразны в I и II группах животных, и наименее — в III.

Иерархический кластерный анализ 10 переменных, описывающих активации нейронов в поведенческих актах циклов Ц и Ц', показал, что для группы животных, обученных I способом, переменные разделяются на 3 кластера (рисунок 2, I). Первый кластер включал две пары наиболее тесно связанных переменных, характеризующих активность нейронов в актах подхода к педалям и нажатие на них в циклах Ц' и Ц (P3—P4' и P3—P4). Второй кластер включал

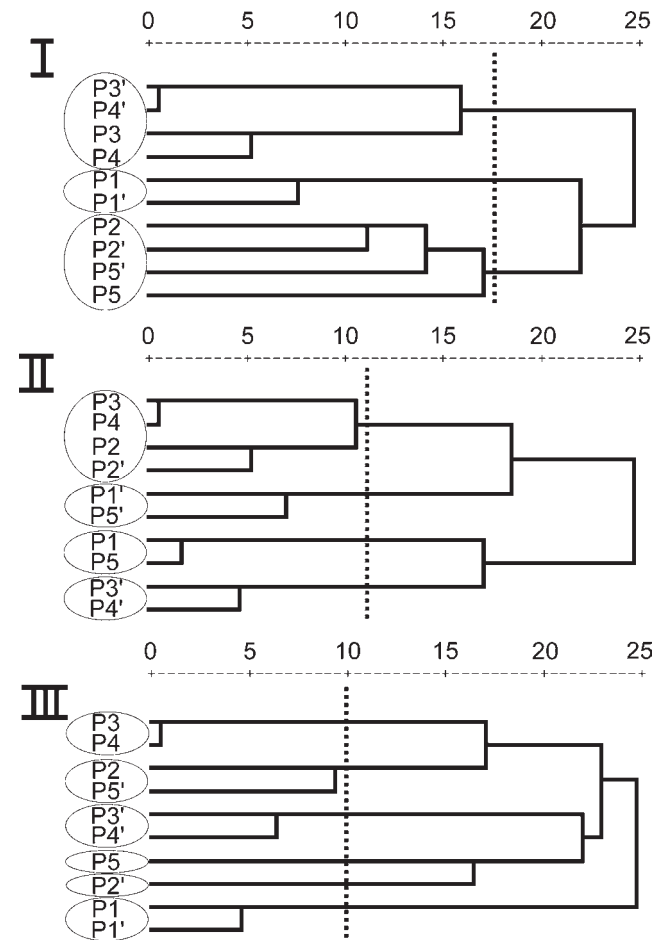


Рис. 2. Дендрограммы разбиения нормированных оценок частоты спайковой активности нейронов в актах пищедобывательного поведения на кластеры у животных, обученных разными способами. P1 ... P5 — акты цикла Ц; P1'... P5'—Ц'; I, II, III—группы животных; по горизонтали—нормированное расстояние между кластерами, вертикальными штриховыми линиями отмечены «значимые скачки» коэффициента слияния. Кругами обведены объекты, объединенные в кластеры

описание активности в актах захвата пищи в обеих кормушках ($P1$ и $P1'$ в циклах \square и \square'). Третий кластер описывает активность в актах, связанных с получением пищи ($P2$ и $P2'$ —жевание и поворот от кормушки; $P5$ и $P5'$ — подход к кормушкам).

Для животных, обученных II и III способами (рисунок 2, II и III), также были выделены попарные группировки переменных, описывающих одноименные акты в циклах \square и \square' . Наиболее тесно связанная пара для животных всех групп—акты подхода к педалям и нажатия на них в \square или \square' (т.е. $P3$ и $P4$ или $P3'$ и $P4'$).

Три кластера, определенные для I группы животных, включали 2, 4 и 4 объекта, для II группы—определено разбиение на четыре кластера—один крупный (4 объекта) и три кластера по два объекта, а для III группы шесть мелких кластеров—четыре кластера по два объекта и два кластера по одному объекту в каждом. Таким образом, СИО животных, обученных III способом, содержит большее количество групп компонентов СИО меньшего объема по сравнению с животными, обученными I и II способами (рисунок 2, ср. I, II и III).

Анализ активности нейронов (по переменным, описывающим вероятность активации в актах $P1, P2, P3, P4, P5, P1', P2', P3', P4', P5'$) методом многомерного шкалирования показал, что данные могут быть описаны в двухмерной системе координат достаточно хорошо (для моделей по трем группам животных $S\text{-stress} < 0.025, R^2 > 0.58$). Качество моделей не улучшалось существенно при переходе к трехмерному пространству и ухудшалось при переходе к одномерному.

Сопоставление расположения точек, представляющих активность нейронов на плоскости, для трех групп животных (рисунок 3, I, II и III) показало, что точки, представляющие активность в актах цикла \square , расположены так, что на один полюс оси 1 проецируются акты $P5$ и $P1$ (подход к кормушке и захват пищи), а на другой полюс— $P3$ (подход к педали). Проекция $P2$ и $P4$ (поворот от кормушки к педали и нажатие на нее) располагаются между ними так, что траектория, соединяющая все точки, воспроизводит порядок реализации актов в цикле. Проекция точек, соответствующих актам цикла \square' , на ось 2 упорядочены таким же образом. Можно полагать, что оси 1 и 2 отображают особенности и соотношение активности нейронов при реализации актов, составляющих \square и \square' .

Отображения данных на плоскость для групп I, II и III совпадают с точностью до ортогонального поворота осей. Заметим, что евклидово расстояние инвариантно относительно вращения системы координат.

Хотя расположение актов на плоскости для всех трех групп животных обладает значительным сходством, отметим, что для I и II групп точки, представляющие активность нейронов в актах $P2, P3, P4$ (цикл \square) и $P2', P3', P4'$ (цикл \square'), располагаются в непосредственно примыкающих друг к другу

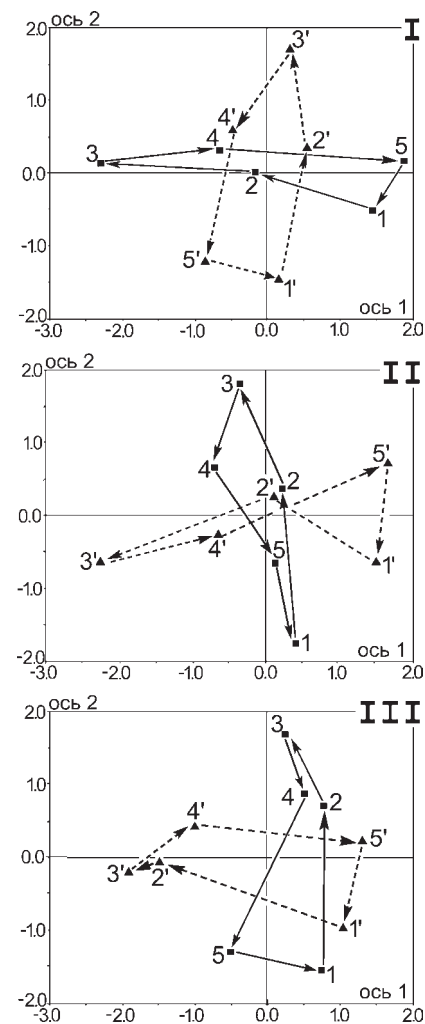


Рис. 3. Геометрическая модель соотношения активности нейронов в актах пищедобывательного поведения кролика, построенная методом многомерного шкалирования переменных, описывающих вероятность активации в каждом из актов пищедобывательного цикла. I, II, III—группы животных; 1, 2, 3, 4, 5—акты цикла \square , траектория их смены обозначена сплошными стрелками; 1', 2', 3', 4', 5'—акты цикла \square' , траектория их смены обозначена штриховыми стрелками

областях плоскости отображения. Для III группы точки, представляющие активность в этих актах, занимают области плоскости, далеко отстоящие друг от друга (ср. рисунок 3, I, II и III), так что центральная часть плоскости остается незаполненной.

По сравнению с I и II группами, в III группе животных между компонентами СИО формируется меньше взаимоотношений, причем в наибольшей степени это касается отношений оппонентности (частные корреляции). СИО содержит больше мало связанных кластеров компонентов (кластерный анализ); компоненты СИО, представляющие акты циклов Ц и Ц', меньше связаны друг с другом (многомерное шкалирование). Таким образом, СИО, сформированные при I и II способах обучения, обладают высокой связностью и сходны в этом отношении, СИО в III группе животных характеризуется существенно меньшей связностью.

10.2.5. ОРГАНИЗАЦИЯ ГРУПП СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ НЕЙРОНОВ

10.2.5.1. Группы специализированных нейронов и их субструктура

Анализ дендрограммы и таблицы слияния кластеров показал, что весь массив нейронов ($N=483$) по критерию «наибольшего скачка» коэффициента слияния (Олдендерфер, Блэшфилд, 1989, с.185) разделяется на 19 кластеров (см. рисунки 4, 5).

Характеристики выделенных кластеров приведены в таблице 4. Для части кластеров установлена специализация относительно одного поведенческого акта при отсутствии субспециализаций, например, кластеры №№ 1 (акт P3), 2 (акт P4'), 3 (акт P3'), 6 (акт P1), 7 (акт P1'), 10 (акт P5'), 11 (акт P5), 15 (акт P2'), 18 (акт P2). Специализации относительно одного акта, совмещенные с субспециализациями относительно одного или нескольких актов, выявлены у нескольких кластеров, например у кластера №4 (специализация—акт P3, субспециализация—акт P4), причем субспециализаций может быть несколько—от одной (кластер №13), до четырех, а с учетом «дополнительных субспециализаций»—до пяти, например, кластер № 17 (специализация—акт P1, субспециализации—акты P2, P3, P1' и P5'). Нейроны, включенные в кластер № 9, проявили две субспециализации (акты P2 и P5', в обоих случаях оценки активности—1.00/0.79, см. таблицу 4), но основная их специализация не обнаружена.

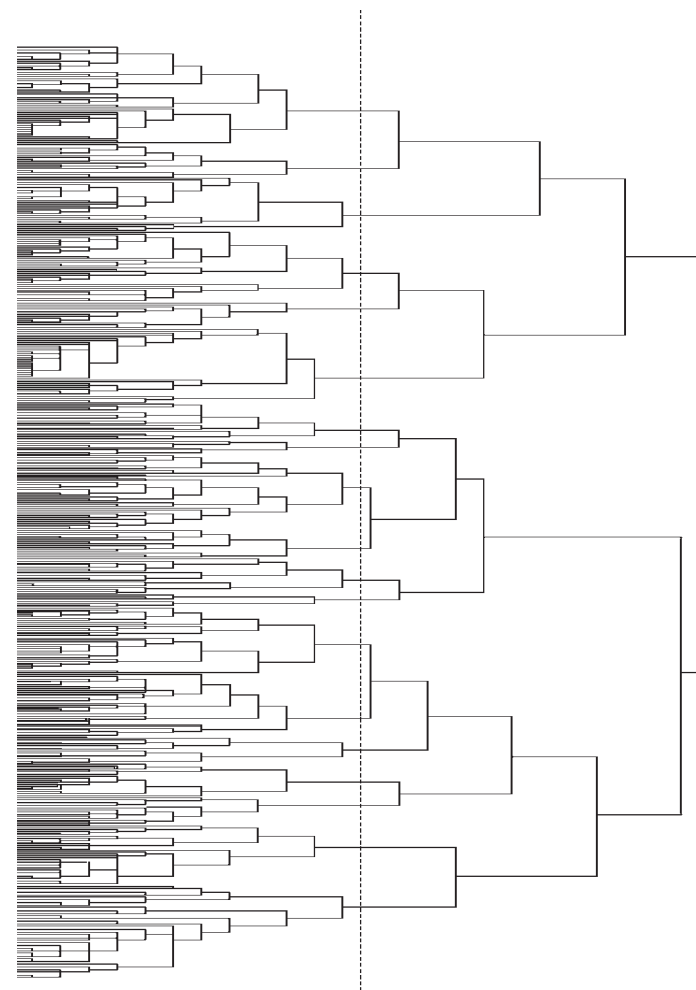


Рис. 4. Дендрограмма классификации всей выборки нейронов ($N=483$) по характеристикам их активности в актах циклов Ц и Ц'. Иерархический кластерный анализ, метод внутригрупповых связей (Within-group linkage), в качестве меры расстояния—квадрат евклидова расстояния. Вертикальная штриховая линия показывает значимый скачок коэффициента слияния кластеров (решение выделяет 19 кластеров)

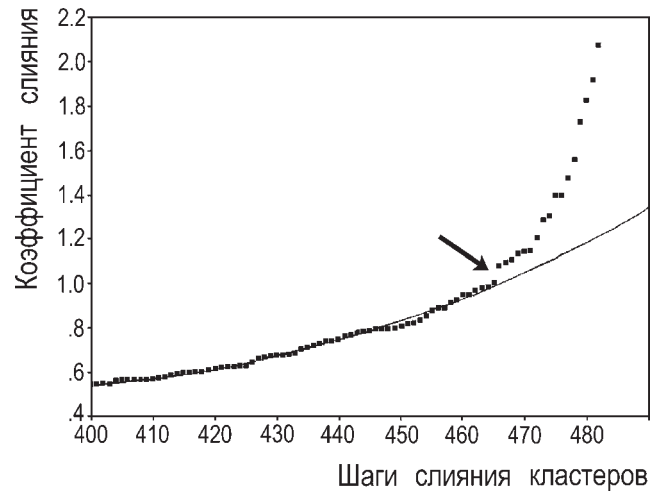


Рис. 5. Определение количества кластеров при классификации всей выборки нейронов ($N=483$) по характеристикам их активности в актах циклов Ц и Ц'. «Значимый скачок» коэффициента слияния (Олдендерфер, Блэшфилд, 1989, с.185) показан стрелкой, решение содержит 19 кластеров. Линия—аппроксимация изменения коэффициента слияния полиномом второго порядка ($R = .993$) на интервале 0 — 460 шагов, далее—экстраполяция

Кластерное разбиение выборки нейронов на группы—процедура статистическая, вероятностная. Каждая группа выделяется по характеристикам активности во **всех** актах поведения, по соотношению активности во **всех** актах. Описание кластеров основывается на связи активности нейронов, включенных в эти кластеры, только с **некоторыми** из актов—с одним (например, как в кластерах 1, 2, 3), с двумя (кластеры 4, 13), или с большим количеством актов (не со всеми). Для того чтобы оценить содержательную приемлемость такого описания, сравнивали классификации, полученные статистически, с помощью кластерного анализа и логических процедур. «Логическое» разбиение строили в соответствии с активностью нейронов только в тех актах, связь с которыми оценена как устойчивая (ячейки в таблице 4, помеченные точками). При этом для акта, относительно которого выделена специализация группы, допускалась только 100% активность, для «дополнительной» специализации—от 30 до 100%, а для актов, по отношению к которым специализация нейронов отрицалась, оценки активности не должны были превышать 70%. Оценки соответствия кластерной и логической классификаций были достаточно высоки ($\chi^2=2425.12$;

Таблица 4
Характеристики активности групп нейронов, включенных в кластеры, полученные при классификации всей выборки нейронов

Циклы	Акты	Номера кластеров																		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Ц	P1	,00	,00	,00	,00	1,00	,00	,00	1,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	1,00	,00	,08
	P2	,07	,24	,18	,24	,44	,36	,56	,25	,15	,35	,81	,61	,59	,14	,04	1,00	,07	,35	
	P3	,00	,00	,00	,03	1,00	,00	,00	1,00	1,00	,02	,00	,03	,14	1,00	1,00	1,00	1,00	,34	
	P4	,13	,10	,08	,32	,51	,13	,11	,28	,79	,17	,14	,28	,33	,75	,15	,50	,78	,57	
	P5	1,00	,00	,00	1,00	1,00	,00	,00	,12	,38	,04	,00	,00	,00	,25	,00	,00	1,00	,00	1,00
	
		1,00	,13	,13	1,00	,49	,13	,63	,71	,28	,18	,16	,40	,34	,19	,28	,75	,20	,82	...
		,00	,00	,00	1,00	,04	,00	,24	,19	,01	,00	,00	1,00	,27	1,00	1,00	,38	,00	1,00	...
		,31	,30	,13	,66	,42	,13	,43	,39	,14	,25	,16	,91	,43	,41	1,00	,68	,03	1,00	...
		,00	,00	,00	,00	,02	,00	,10	,03	,00	1,00	1,00	,00	,03	,00	,00	,27	,00	,28	...
		,12	,03	,13	,23	,52	,26	,16	,46	,23	,14	1,00	,35	,40	,26	,22	,68	,01	,65	...

Таблица 4 (окончание)

Циклы	Акты	Номера кластеров																		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
P1'	,00	,00	,00	,00	,05	1,00	1,00	1,00	,03	1,00	,00	,00	1,00	1,00	,00	1,00	,00	1,00	,00	,04
								
P2'	,19	,11	,12	,18	,37	,31	1,00	,68	,34	,46	,19	,26	1,00	1,00	,15	,10	,67	,08	,37	
	,00	,00	,00	1,00	,00	,00	,12	,11	,01	,00	,05	,16	1,00	,13	1,00	,00	1,00	,00	,21	
P3'					.										...		.
	,15	,06	,15	,24	,63	,13	,18	,34	,41	,21	,08	,42	,36	,65	1,00	,15	,55	,04	,58	
P4'	,00	,00	1,00	,04	1,00	,00	,00	,11	,00	,00	,06	,05	,06	,01	,00	,04	,00	1,00	1,00	
			
P5'	,21	,22	1,00	,38	1,00	,12	,14	,42	,29	,12	,24	,78	,36	,49	,24	,14	,58	,06	,73	
	,00	1,00	1,00	,00	1,00	,00	,00	1,00	,17	,02	,00	,07	1,00	,00	,00	,00	,00	,00	,05	
P5'								.						.						
	,20	1,00	,39	,37	,73	,10	,09	,56	,52	,16	,10	,45	,38	,62	,14	,13	,66	,30	,45	
Σ=483	,46	,12	,06	,19	,45	,10	,23	1,00	,79	1,00	,18	,24	,35	,35	,12	,07	,80	,36	,55	
	41	18	47	34	39	39	35	19	18	30	37	14	8	8	28	14	20	19	15	

Примечание. В клетках — оценки активности групп нейронов, отношение частоты спайковой активности нейрона в каждом акте к его максимальной частоте в каком-либо из актов циклов Ц и Ц'. Верхняя строка — мода, нижняя — медиана. Жирным шрифтом выделены специализации и субспециализации групп нейронов. ... — основная специализация группы (Mod = 1,00; Med ≥ 0,85), ** — субспециализация (Mod = 1,00; 0,85 > Med ≥ 0,65), * — возможные проявления «дополнительной» субспециализации группы (Mod > 0,50; 0,65 > Med ≥ 0,50).

Таблица 5

Характеристики групп специализированных нейронов, их суборганизация, и распределение по группам животных, обученных пицдобывательному поведению разными способами

Группы специализированных нейронов	1																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11									
Подгруппы специализированных нейронов	1'	—	3'	4'	4'	5'	5'''	6'	—	8'	—	10'	10''	—						
	1	4	2	3	5	6	17	7	14	13	10	8	9	11	12	15	16	19	18	
«Субспециализации»	P3	P4'	P3'	P1	P1'	P5'	—	P5	P2'	P4	P5'									
	—	P4	—	P2, P3, P1', P5'	—	P2	P4	—	P1'	P2, P5'	—	P1	—	—	—	—	—	—	—	
Способ обучения в группе животных	I	23	14	6	20	17	17	11	17	3	11	11	12	11	20	8	16	7	3	5
	II	8	8	7	15	10	12	4	10	4	10	10	4	3	6	4	3	3	7	4
	III	10	12	5	12	12	10	5	8	1	9	9	3	4	11	2	9	4	5	10
Количество нейронов в группе животных	I	37	6	37	28	28	16	10	25	23	11	28	16	10	5					
	II	16	7	25	16	16	14	3	10	3	10	3	10	4						
	III	22	5	24	15	10	12	4	13	9	9	10	9	10						

Примечания. Таблица построена на основе данных, представленных в таблице 1. I, II, III — группы животных, обученных разными способами. В графе «Специализация» указаны акты, по отношению к которым специализированы группы нейронов (в таблице 4 — ...), «субспециализации», показанные прямым шрифтом в таблице 4 — **, наклонным шрифтом — *.

Таблица 6

Связь количества нейронов, имеющих только специализацию или как специализацию, так и субспециализацию, с различными актами поведенческого цикла и способом обучения

Способ обучения животных	Нейроны, специализированные относительно актов			
	P2, P3, P4, P2', P3', P4' (связь с педалью)		P1, P5, P1', P5' (связь с кормушкой)	
	+	без	+	без
	субспециализации	субспециализаций	субспециализации	субспециализаций
I и II	68	108	71	93
III	39	40	20	38

$df = 256; \rho << 10^{-10}$; критерий согласия Каппа Коэна $K = .782$, прил. оценка $t = 39.01, \rho << 10^{-10}$). Такая высокая степень соответствия (сниженная преимущественно за счет неопределенной связи группы нейронов с актами, которым не соответствует основная или дополнительная специализация), позволяет использовать при анализе реальные соотношения активности нейронов во **всех** актах циклов Ц и Ц', а не только в актах специализации и субспециализации.

Кластеры с одинаковыми специализациями, но различными субспециализациями, объединены в 11 групп (см. таблицу 5). Строение групп проявило существенное разнообразие. Группы 2, 9 и 11 (кластеры №№ 2, 15 и 18) включают только по одной подгруппе, которая обладает только основной специализацией, но не имеет субспециализаций. Одна группа нейронов (7, кластер № 9) обладает только субспециализациями, но не специализацией (см. таблицу 5).

Количество нейронов, обладающих только «основной» специализацией (таблица 5, группы 2, 9, 11, подгруппы 1', 3', 4', 5', 6', 8', 10'), превышало количество нейронов, обладающих специализацией и одной или несколькими субспециализациями (группа 7, подгруппы 1'', 3'', 4'', 5'', 6'', 8'', 10''), (биномиальный тест, $\rho < 10^{-6}$). Это соотношение сохраняется для всех групп животных, обученных разными способами (группа I: $\rho = 4.5 \cdot 10^{-5}$; группа II: $\rho = .00055$; группа III: $\rho = .00013$).

У животных, обученных III способом, снижено количество нейронов, специализированных относительно актов P1, P5, P1', P5', т.е. актов подхода к кормушке и захвата пищи, обладающих также субспециализациями относительно других актов, по сравнению с количеством нейронов, обладающих специализациями относительно актов P2, P3, P4, P2', P3', P4' (актов подхода к педали и нажатия на нее) и субспециализациями относительно других актов ($\chi^2 = 4.26$;

Таблица 7

Соотношение количества нейронов, имеющих субспециализации и специализированных относительно различных актов поведения у животных, обученных различными способами

Способ обучения животных	Нейроны, имеющие субспециализациями, а также	
	специализацию относительно актов P2, P3, P4, P2', P3', P4' (связь с педалью)	специализацию относительно актов P1, P5, P1', P5' (связь с кормушкой)
I	39	45
II	29	26
III	39	20

$df = 1; \rho = 0.039$) (см. таблицу 6). Соотношение количества нейронов, входящих в эти группы, сохраняется также при сравнении I и III способа научения ($\chi^2 = 4.65; df = 1; \rho = 0.031$), но не I и II или II и III способов (см. таблицу 7). Приведенные сравнения позволяют заключить, что второй способ научения занимает промежуточное положение по количеству нейронов, специализирующихся относительно группы актов, связанных с кормушкой. Объем групп нейронов, специализированных относительно групп актов, связанных с кормушкой или с педалью, но не обладающих субспециализациями, не проявил связи со способом обучения ($\chi^2 = 0.054; df = 1; \rho = 0.815$) (см. таблицу 6).

Чтобы оценить гипотезу о том, что снижение количества нейронов, специализированных относительно актов P1, P5, P1', P5' и обладающих субспециализациями в III группе животных, является проявлением более общей тенденции специализации нейронов, связанной с «разрывом» в обучении поведению, который характеризует порядок обучения животных II группы (цикл Ц) и III группы (циклы Ц и Ц') (см. рисунок 1), сопоставляя объемы групп нейронов, обладающих субспециализациями и специализациями относительно актов P1, P5, P1', P5' или P2, P3, P4, P2', P3', P4', для циклов, сформированных с разрывом или без разрыва в порядке обучения (см. таблицу 8). Это сопоставление показывает, что отмеченное изменение объема группы нейронов связано именно со способом научения и проявляется в тех циклах поведения, которые формировались в обучении не непрерывно, а с перерывами ($\chi^2 = 8.43; df = 1; \rho = 0.0037$). Для аналогичных групп нейронов, не обладающих субспециализациями, различий в объемах выявлено не было ($\chi^2 = 0.13; df = 1; \rho = 0.713$). Заметим, что сравнение количества нейронов, соответствующих циклам поведения, сформированных с разрывом и непрерывно, показало различие только для групп,

Таблица 8

Соотношение количества нейронов, обладающих субспециализацией, а также специализированных относительно различных актов поведения у животных, обучавшихся циклам поведения непрерывно или с разрывом во времени

Способ обучения животных	Нейроны, имеющие субспециализации, а также	
	специализацию относительно актов P2, P3, P4, P2', P3', P4' (связь с педалью)	специализацию относительно актов P1, P5, P1', P5' (связь с кормушкой)
с «разрывом» в обучении (группа II, цикл Ц, группа III, цикл Ц')II	56	19
без «разрыва» в обучении (группа I, циклы Ц и Ц', группа II, цикл Ц')	44	42

специализированных относительно актов P1, P5, P1', P5' (19 и 42 нейрона; биномиальный тест, $\rho = .005$), но не актов P2, P3, P4, P2', P3', P4' (44 и 56 нейронов; $\rho = .271$).

Сравнение результатов всех приведенных сопоставлений показывает, что изменяется не соотношение количества нейронов, имеющих специализацию и субспециализации для двух групп актов (P1, P5, P1', P5' в сравнении с P2, P3, P4, P2', P3', P4') в циклах поведения, сформированных в обучении непрерывно или с «разрывом». Изменению соотношения может соответствовать и повышение количества нейронов, входящих в одну группу, и снижение количества нейронов другой группы. Полученные результаты позволяют отвергнуть все варианты объяснения, кроме снижения количества нейронов, специализированных относительно актов P1, P5, P1', P5' и обладающих субспециализациями относительно других актов при нарушении непрерывности при обучении животных выполнению цикла поведения на какой-либо стороне клетки.

10.2.5.2. Геометрическая пространственная модель организации нейрональной активности

10.2.5.2.1. Общие характеристики пространства

Для построения пространственной модели применили многомерное шкалирование активности нейронов, которые описывали векторами, представляющими вероятности активации в 10 актах циклов Ц и Ц' (N = 483, 10 переменных).

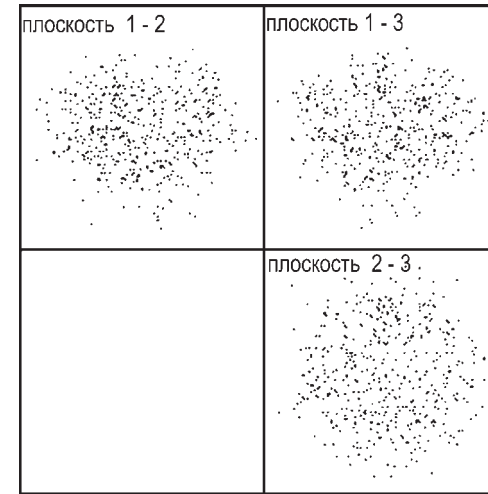


Рис. 6. Проекция облака точек, представляющих положения нейронов в трехмерном пространстве, сконструированном при помощи процедуры PROXSCAL на плоскости, образованные осями 1 и 2 (1–2), 1 и 3 (1–3), 2 и 3 (2–3).

Величина S-стресса для трехмерной модели составила 0.038. Увеличение мерности моделей не приводила к существенному снижению значения S-стресса (для 5-мерной модели S-стресс=0.027). Для двумерной модели S-стресс=0.089, поэтому использовали и анализировали трехмерную модель.

Распределение точек в трехмерном пространстве показано на рисунке 6, конфигурация облака точек близка к сферичной (тест Бартлетта, $\chi^2=0.000$; $\rho=1.000$). Корреляции между осями не отличаются от нуля (для коэффициента Пирсона все коэффициенты равны нулю, при $\rho = 1.000$; максимальный коэффициент Спирмена $R_s = .003$, $\rho = .955$). Эти оценки указывают на то, что оси пространства ортогональны.

10.2.5.2.2. Размещение в пространстве групп нейронов, обладающих только основной (1) специализацией или (2) основной и дополнительными специализациями

Группы нейронов, выделенные при помощи кластерного анализа, распределены в облаке точек, представляющих нейроны, неравномерно. Взаимное расположение этих частей облака показана на рисунке 7. Нейроны, принадлежащие к подгруппам, обладающим специализацией относительно определенного акта и субспециализацией относительно одного или нескольких актов (см. таблицу 5,

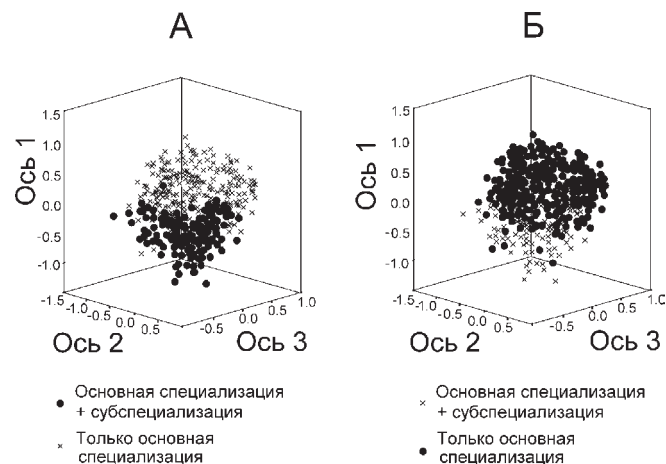


Рис. 7. Взаимное расположение групп и подгрупп нейронов, обладающих (1) как специализацией, так и субспециализацией относительно определенных актов поведения (жирные точки на А, крестики на Б), или (2) только одной специализацией относительно определенного акта поведения (крестики на А, жирные точки на Б). Каждая точка представляет один нейрон

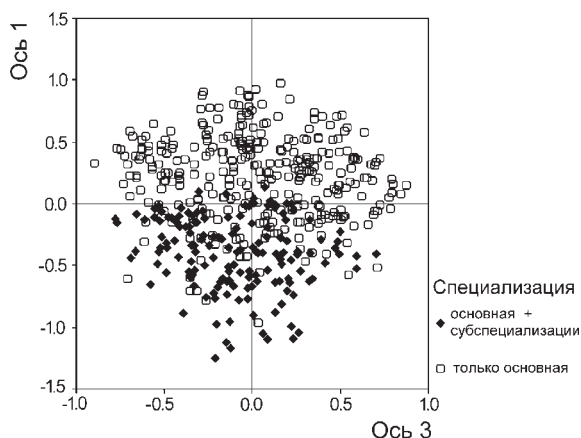


Рис. 8. Взаимное расположение групп и подгрупп нейронов, обладающих только основной специализацией относительно определенных актов поведения (белые квадраты), либо как основной, так и субспециализацией (черные квадраты). Каждая точка представляет один нейрон

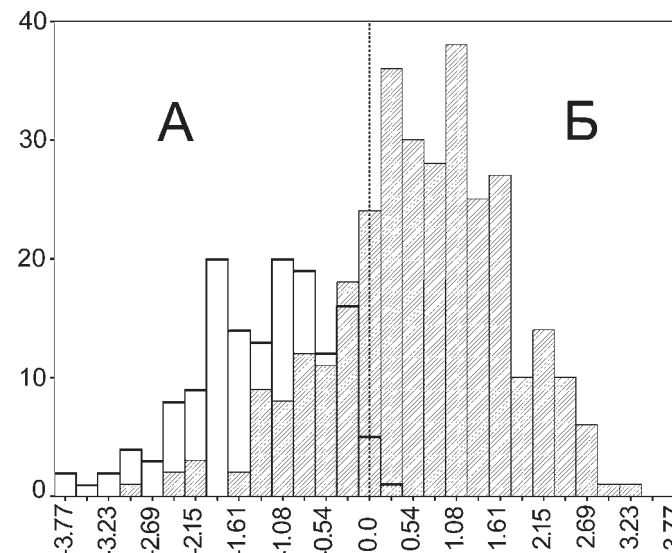


Рис. 9. Дискриминантный анализ: разделение нейронов на группы, обладающие либо как основной, так и субспециализацией (А), либо только основной специализацией (Б). По оси абсцисс—значения дискриминантной функции, штриховая линия—положение нуля, по оси ординат—количество нейронов

подгруппы 1", 3", 4", 5", 6", 8", 10"), преимущественно располагаются в части пространства, соответствующей отрицательным значениям оси 1 (см. рисунок 7 А). Положение совокупности точек, принадлежащих к этим кластерам на оси 1: координата центра облака -0.39 ; 5% и 95% перцентили также локализируются в отрицательной области оси 1 (координаты -1.01424 и -0.00041 , соответственно). Группы и подгруппы нейронов, имеющие лишь одну («основную») специализацию (группы 2, 7, 9, 11, подгруппы 1', 3', 4', 5', 6', 8', 10'), располагаются в части пространства, соответствующей преимущественно положительным значениям оси 1 (см. рисунок 7 Б): координата проекции центра облака $.24584$; 5% и 95% перцентили значений этой части облака составляют -0.37493 и $.7590$. Зона раздела этих частей облака параллельна плоскости 2-3 и несколько смещена в область отрицательных значений оси 1 (Рисунок 8).

Разделение всей выборки нейронов на группы, обладающие либо только основной специализацией, либо как основной, так и субспециализацией по значениям их координат в реконструированном пространстве при помощи дискриминантного анализа показал, что (1) в дискриминантную функцию с наивысшей

значимостью вошли значения оси 1 (коэффициент корреляции между функцией и координатами по оси 1 — 0.944, по оси 3 — 0.172, по оси 2 — 0.089). Это означает, что 89% вариации положения точек, соответствующих дискриминируемым группам, объясняется фактором, представленным осью 1; (2) эффективность дискриминации составила 84.9% правильных распознаваний принадлежности нейронов к той или иной группе ($\chi^2 = 211.12$, $df=1$, $\rho < 10^{-6}$); (3) зона смещения классов, связанная с ошибками дискриминации, преимущественно перекрывает распределение нейронов, обладающих и основными специализациями, и субспециализациями (рисунок 9 А).

Анализ свойств оси 1

Поскольку основная специализация определяется как обязательная связь активности нейрона с одним актом поведения, и проявляется как единственная закономерная активация нейрона, а субспециализации — как относительно гибкая связь активности нейрона с несколькими актами поведения, причем группы таких нейронов связаны преимущественно с положительными и отрицательными областями оси 1, проверяли гипотезу о том, что эта ось упорядочивает нейроны по разнообразию связи активности нейронов с актами поведения. Равновероятная связь активности нейрона с несколькими актами поведения характеризуется высокими энтропийными оценками, а только с одним актом — низкими.

Для каждого нейрона рассчитывали значение энтропии по формуле

$$H = -\sum_{i=1}^k p_i \log_2 p_i, \quad /1/$$

где H — энтропия; p_i — вероятность активации нейрона в i -том акте поведения; k — количество актов в циклах \square и \square' (в данном случае — 10 актов).

Использовали также оценку *организованности*: значение энтропии, нормированное по количеству альтернатив

$$R = 1 - \frac{H_{real}}{H_{max}}, \quad /2/$$

где R — коэффициент организованности, H_{real} — оценка энтропии по эмпирически оцененным вероятностям альтернатив, H_{max} — оценка энтропии для случая того же количества равновероятных альтернатив.

Наивысшие значения энтропии показали нейроны, обладающие кроме основной специализации несколькими субспециализациями (зона их расположения показана на рисунке 10 штриховкой), относящиеся к кластерам 5 ($H = 3.15$; здесь и далее приведены медианные значения), 8 ($H = 3.12$), 14 ($H = 3.18$), 17 ($H = 3.26$). Они располагаются в зоне отрицательных значений оси 1, а наименьшие значения энтропии — нейроны, обладающие только основной

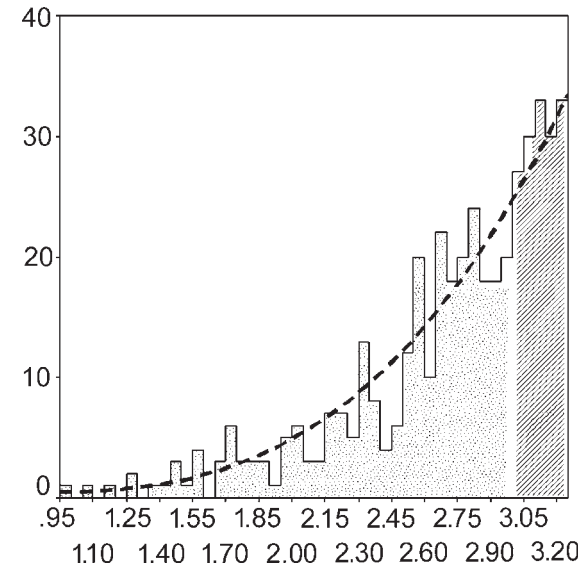


Рис. 10. Распределение оценок энтропии распределения активности нейронов по актам поведения. По оси абсцисс — оценки энтропии, по оси ординат — количество нейронов. Штриховая линия — аппроксимация распределения (кубический полином). Штриховка — преимущественное расположение нейронов, обладающих как основной специализацией, так и субспециализациями, мелкие точки — зона расположения нейронов, преимущественно обладающих только одной основной специализацией

специализацией (мелкие точки на рисунке 10), — кластеры 2 ($H = 2.58$), 6 ($H = 2.69$), 16 ($H = 2.51$), 18 ($H = 2.28$), они расположены в области положительных значений оси 1 (см. таблицу 5 и рисунок 8).

Коэффициенты корреляции Спирмена между энтропийными оценками и значениями координат по осям 1, 2 и 3 составили соответственно -0.889 ($\rho = 9.9 \cdot 10^{-7}$), 0.085 ($\rho = 0.061$) и -0.024 ($\rho = 0.596$).

Таким образом, величины энтропийных оценок активности нейронов и координат точек по оси 1 связаны тесно, хотя и с некоторым отклонением от линейности (линейность: $F = 1497.29$; $\rho < 10^{-10}$; отклонение от линейности: $F = 2.82$; $\rho = 0.05$). Теснота связи именно с осью 1, но не с осями 2 и 3, а также точное соответствие высоких значений энтропии, указывающих на активацию нейронов в нескольких (в пределе — во всех) актах поведения, с отрицательными значениями оси 1, а низких значений энтропии — с положительными значениями оси 1, что соответствует единственной выраженной активации

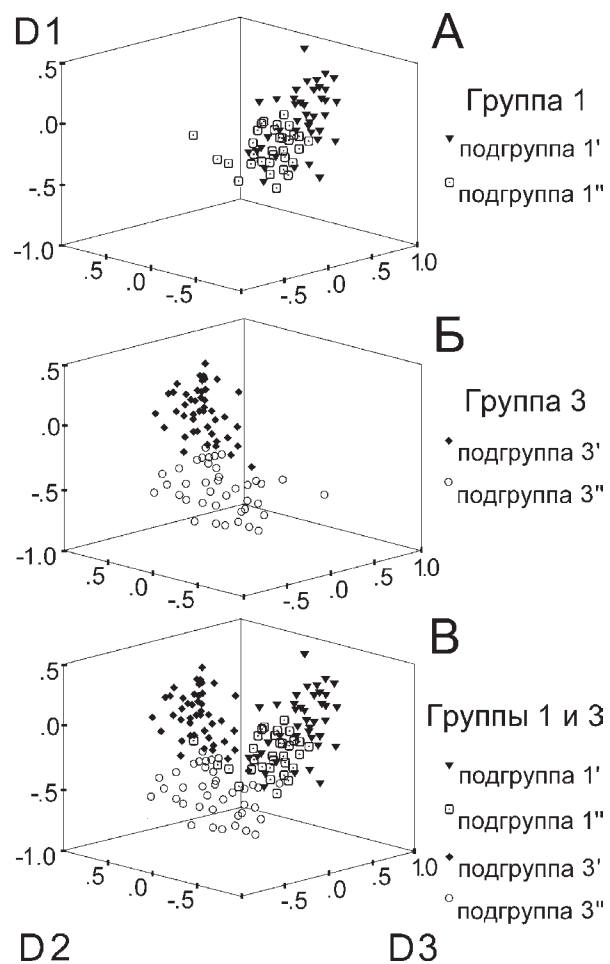


Рис. 11. Графическое отображение субструктуры групп специализированных нейронов. D1, D2, D3—оси пространства. На А показана структура группы 1 (см. таблицу 5). Подгруппы 1' (темные треугольники) и 1'' (светлые квадраты) специализированы относительно акта P3 (основная специализация), но подгруппа 1'' (светлые квадраты) имеет также и дополнительную специализацию относительно акта P4. На Б—структура группы 3. Основная специализация подгрупп 3' (темные квадраты) и 3''—акт P3', у подгруппы 3'' (светлые кружки) —дополнительная специализация относительно акта P4. На В показано взаимное расположение этих групп нейронов.

нейрона—специализации, позволяет заключить, что ось 1 представляет именно фактор связи активности нейрона с одним или несколькими актами поведения или, возможно, иной родственной энтропийной оценке фактор разнообразия связей активности с актами поведения.

Распределение энтропийных оценок активности нейронов (рисунок 10) хорошо аппроксимируется полиномами (для квадратического: $R^2 = 0.94$, $F = 367.45$; для кубического: $R^2 = 0.95$, $F = 298.47$). Это распределение не имеет закономерно ступенчатой формы. Таким образом, по этому показателю между двумя различными типами нейронов, один из которых обладает только одной специализацией, что соответствует низким значениям энтропии, а другой—одной или несколькими специализациями, а также субспециализациями, что выражается в высоких значениях энтропии, существует плавный переход—по степени выраженности субспециализаций.

Распределение энтропийных оценок активности нейронов оказалось различным для наборов нейронов, основные специализации которых относятся к актам циклов \square и \square' у животных, обученных I способом (в цикле \square' значения энтропии выше, чем в цикле \square , критерий Колмогорова-Смирнова, $Z = 1.525$, $\rho = .019$). Для групп, обученных способами II и III, различия в оценках энтропии активности нейронов в циклах \square и \square' не выявлены (группа II: $Z = .758$, $\rho = .614$; группа III: $Z = .858$, $\rho = .453$). Заметим, что эти различия точно повторяют соотношения времени выполнения циклов \square и \square' животными, обученными тремя разными способами (см. таблицу 2).

Размещение нейронов, обладающих только «основной», 100% специализацией по отношению к одному поведенческому акту или основной и дополнительной субспециализацией, в пространстве, построенном с помощью процедуры многомерного шкалирования, сохраняется для всех групп нейронов, выделенных при кластеризации выборки. Примеры таких групп приведены на рисунке 11.

Подгруппы, составляющие группу нейронов, пространственно разделены, причем подгруппы, обладающие только одной, основной специализацией относительно какого-либо акта поведения, как и в общем случае (см. рисунок 8), располагаются в области положительных значений оси 1, а подгруппы нейронов, обладающих как основной, так и дополнительной специализацией, — в области отрицательных значений (ср. рисунок 11, А и Б). Подгруппы нейронов, обладающие основной специализацией, входящие в различные группы (см. рис. 11), подгруппы 1' и 3', специализированные соответственно относительно актов P3 и P3', не пересекаются, пространственно разделены, а подгруппы нейронов 1'' и 3'', специализированных относительно актов P3 и P3' (подход к педали в циклах \square и \square'), а также субспециализированных относительно актов P4 и P4' (нажатие на педаль в циклах \square и \square'), перекрываются (см. рисунок 11 В).

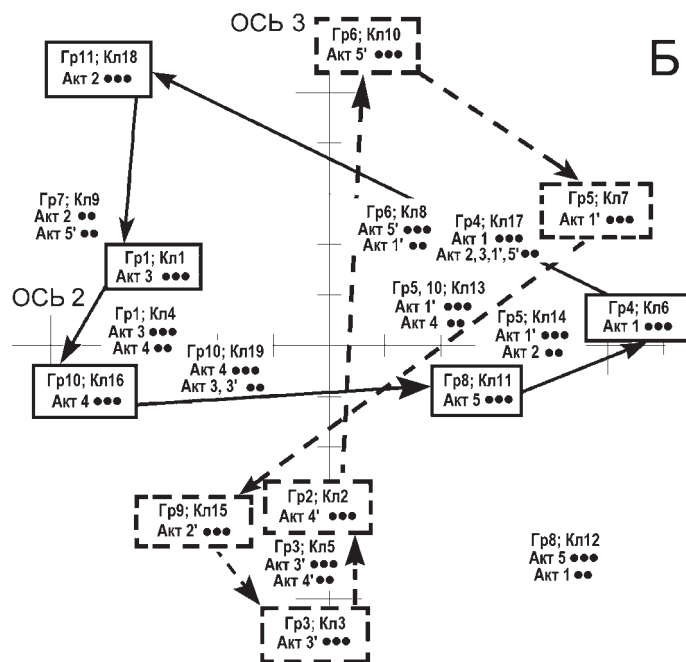
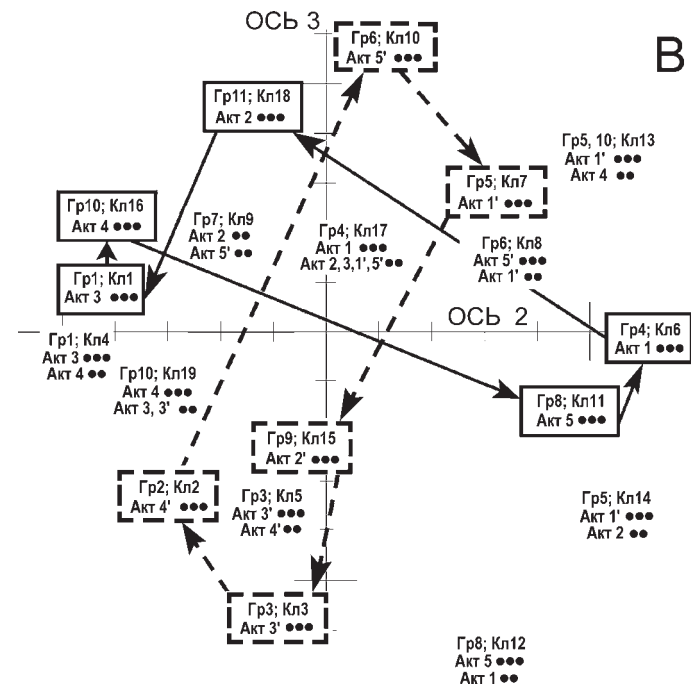
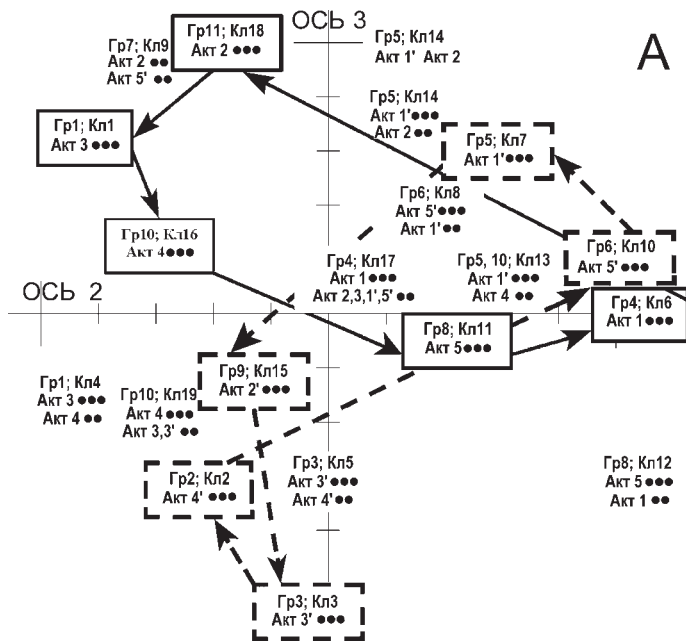


Рис. 12. Схема проекции центроидов кластеров, объединяющих нейроны, обладающие сходной специализацией, на плоскость, образованную осями 2 и 3 для групп животных, обученных разными способами. На А—расположение центроидов для группы животных, обученных способом I, на Б—способом II, на В—способом III. Положение каждого центроида обозначено номером группы нейронов (Гр), номером кластера (Кл), указан поведенческий акт, по отношению к которому специализированы нейроны (Акт) и степень специализации: ... — основная специализация, .. — дополнительная (см. также подпись к таблице 5). Рамками обведены обозначения центроидов групп, специализированных относительно одного поведенческого акта, стрелки обозначают последовательные переходы между поведенческими актами, которые представлены группами нейронов, обладающими «основной» специализацией относительно этих актов; сплошные линии—акты цикла I, штриховые—цикла II. Цена деления по осям 2 и 3—0.1. Обозначения актов упрощены—даны только цифры

Анализ осей 2 и 3

На рисунке 12 показано расположение центроидов кластеров, объединяющих нейроны с различными специализациями на плоскости 2-3. Для трех групп животных, обученных дефинитивному поведению разными способами (рисунк 12 А, Б, В), характерно расположение центроидов групп нейронов, обладающих специализациями относительно актов, составляющих цикл Ц, преимущественно вдоль оси 2, а составляющих цикл Ц'—вдоль оси 3. Отклонениями от этого расположения можно пренебречь, поскольку медианы распределений координат нейронов, которые использованы для расчета центроидов, дают только их ориентировочные положения, но оценка их доверительных интервалов затруднена. Соотношения положения групп нейронов, специализированных относительно актов цикла Ц и Ц' (их взаимно поперечное расположение), представленное в пространственной геометрической модели на основе активности отдельных нейронов (по объектам) (см. рисунок 12), и в модели, построенной при анализе активности нейронов в 10 актах двух цик-

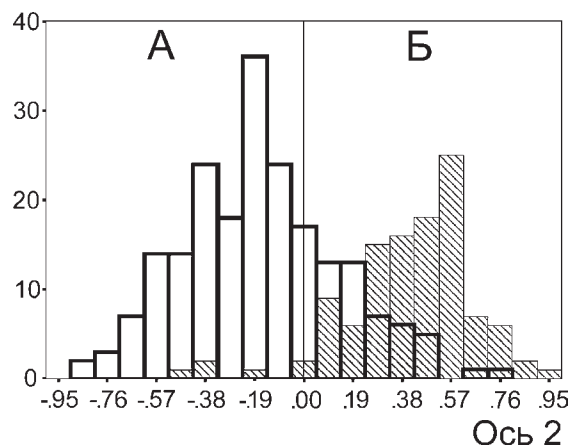


Рис. 13. Распределение количества нейронов, обладающих специализацией относительно актов поворота к педали (P2, P2'), подхода к педали (P3, P3') и нажатия на нее (P4, P4')—А, светлые столбики, и специализированных относительно актов подхода к кормушке (P5, P5'), опускания морды в кормушку и захвата пищи (P1, P1')—Б, заштрихованные столбики. По оси абсцисс—значения оси 2, по оси ординат—количество нейронов

лов поведения без учета их специализаций (по переменным) (см. рисунок 3), хорошо согласуются друг с другом (ср. рисунки 3 и 12).

Для каждой из трех групп животных характерно смещение групп нейронов, специализированных относительно актов, связанных с подходом к педали и нажатием на нее в область отрицательных значений по оси 2, а для групп нейронов, специализированных относительно актов, связанных с подходом к кормушке и захватом пищи—в область положительных значений. На это указывают результаты сопоставления координат точек, представляющих нейроны, относящихся к этим группам, по медианному тесту (для оси 2 достоверные различия для всех групп животных: $\chi^2 > 37.14$, $df = 1$, $p < 3.35 \cdot 10^{-10}$, для осей 1 и 3 достоверных различий в значениях координат не выявлено). Это различие распределений показано на рис. 13, медианный тест, $\chi^2 > 141.66$, $df = 1$, $p < 7.31 \cdot 10^{-37}$. Приведенные результаты дают объяснение бимодальному распределению нейронов по оси 2: эти моды образованы двумя группами нейронов, различающимися по специализации.

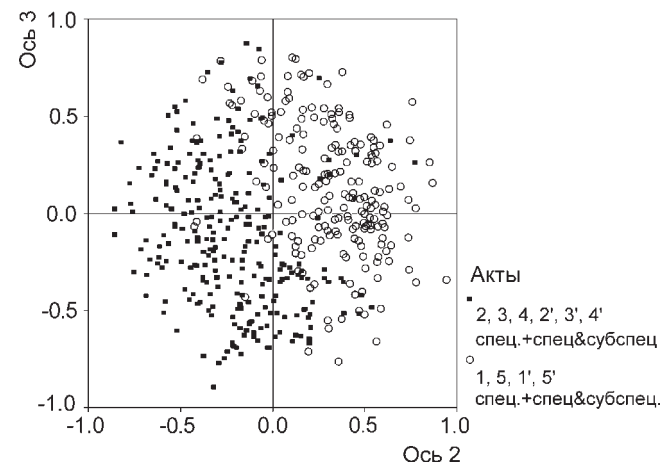


Рис. 14. Проекция на плоскость, образованную осями 2 и 3, групп нейронов, специализированных относительно актов поворота к педали (2, 2'), подхода к педали (3, 3') и нажатия на нее (4, 4')—черные квадраты, либо актов подхода к кормушке (5, 5'), опускания морды в кормушку и захвата пищи (1, 1')—светлые квадраты. (Обозначения актов упрощены, даны только цифры)

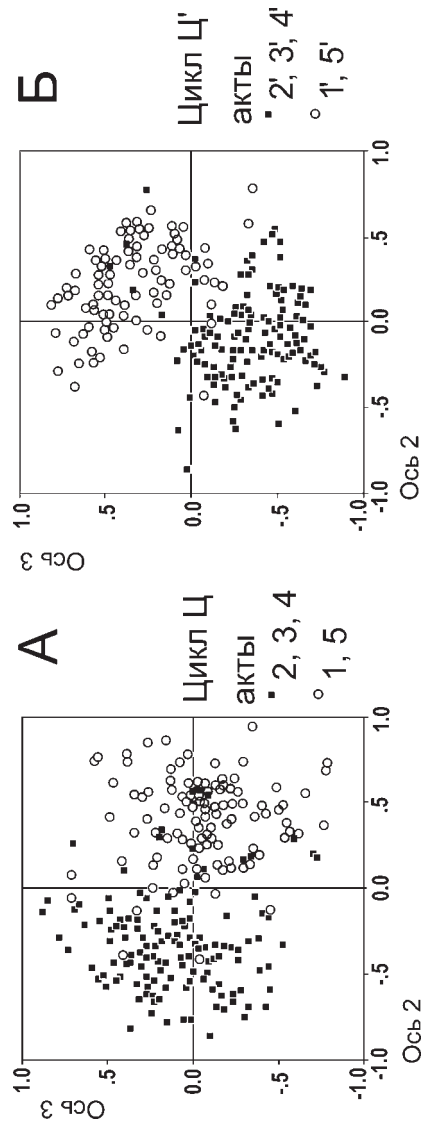


Рис. 15. Проекция на плоскость, образованную осями 2 и 3, групп нейронов, специализированных относительно актов, составляющих циклы Ц и Ц'. Левый и правый фрагменты — разделение массива, показанного на рисунке 14, на два, соответствующего отдельным циклам. Нейроны, специализированные относительно поворота к педали (P2, P2'), подхода к педали (P3, P3') и нажатия на нее (P4, P4') — черные квадраты, относительно актов подхода к кормушке (P5, P5'), опускания морды в кормушку и захвата пищи (P1, P1') — светлые кружки. Обозначения актов упрощены — даны только цифры.

На рисунке 14 показано расположение в пространстве нейронов, относящихся к группам, специализированным относительно актов поворота к педали (P2, P2'), подхода к педали (P3, P3') и нажатия на нее (P4, P4'), либо актов подхода к кормушке (P5, P5'), опускания морды в кормушку и захвата пищи (P1, P1'). Между этими группами определяется довольно четкая граница, причем ее конфигурация относительно оси 3 сложна.

Положение этих групп нейронов в пространстве по оси 1 не различается (медианный тест, $\chi^2 = .002, \rho = .958$), различия найдены только для осей 2 ($\chi^2 = 208.76, \rho < 10^{-6}$) и 3 ($\chi^2 = 27.88, \rho < 2.14 \cdot 10^{-7}$). Следует заметить, что количество субспециализаций у групп нейронов, специализированных по отношению к актам, связанным с поведением у кормушки (акты P1, P1', P5, P5'), больше, чем у специализированных по отношению к актам, связанным с поведением у педали (акты P2, P2', P3, P3', P4, P4'): 12 и 7 специализаций соответственно, если учитывать только выраженные активации, помеченные в таблице 4 (•• или •••), то соотношение составляет 8 и 5 специализаций. Достоверность этого различия трудно оценить статистически, но оно обращает на себя внимание, поскольку количество нейронов, связанных с поведением у кормушки и обладающих субспециализациями, и с поведением у педали не различается ($\chi^2 = 2.3 \cdot 10^{-6}, \rho = .996$).

Разделение массива нейронов на множества, связанные с разными циклами, Ц и Ц' (рисунок 15), показывает, что эти множества располагаются вдоль разных осей: нейроны, относящиеся к циклу Ц — вдоль оси 2, а к циклу Ц' — вдоль оси 3. Группы нейронов, обладающие специализациями относительно актов, связанных с педалью в обоих случаях, расположены в области отрицательных значений осей, а относительно актов, связанных с кормушкой — в области положительных значений, т.е. эти группы в циклах Ц и Ц' разделены нулевыми значениями осей 2 и 3.

Дискриминантный анализ позволил разделить нейроны, для которых выявлена специализация относительно актов, связанных с педалью или с кормушкой (см. рисунок 15), с высокой точностью. Для цикла Ц наилучшая дискриминантная функция использует только значения оси 2 (95.3% правильных классификаций, 11 нейронов классифицированы ошибочно). При построении дискриминантной функции на значениях оси 3 количество правильных identifications резко снижается до 65,2%. Ось 1 как неэффективная исключалась из анализа при применении процедуры дискриминантного анализа последовательного исключения неэффективных независимых переменных (BACKWARD).

Дискриминантная функция, построенная для нейронов, специализированных относительно актов цикла Ц', не включала значения оси 1 как неэффективные для разделения множества. Использование значений оси 2 позволило правильно идентифицировать 73.7% нейронов (61 ошибка), а оси 3 — 90.1%

правильных классификаций (23 ошибки). Использование для дискриминации двух осей (2-й и 3-й) не улучшило качество разбиения множества, в этом случае было правильно классифицировано 93,1% (16 ошибок). Эти результаты показывают, что нейроны, обладающие специализациями относительно актов, составляющих циклы \square и \square' , размещены преимущественно вдоль ортогональных друг к другу осей 1 и 2.

Поскольку как при классификации нейронов (при помощи кластерного анализа), так и при построении пространства, в котором «располагаются» нейроны (при помощи процедуры многомерного шкалирования), использовали векторы, описывающие активность нейронов в десяти актах двух циклов поведения, то для того, чтобы объяснить рассеяние облака точек, представляющих цикл \square , по пересекающей его оси 3, сравнивали выраженность активности в различных актах у нейронов, расположенных в области положительных и отрицательных значений оси 3 в десяти актах двух поведенческих циклов (см. рисунок 15 А: точки, расположенные выше или ниже оси 2). Для нейронов, специализированных относительно актов цикла \square' , применяли симметричные процедуры: сравнивали активность нейронов, расположенных в зоне отрицательных и положительных значений оси 2 (на рисунке 15 Б, точки, соответственно, слева или справа от вертикальной оси 3).

Для нейронов, имеющих основную специализацию относительно актов цикла \square , связанных с кормушкой (акты Р1 и Р5; группы нейронов 4 и 8; см. таблицу 5, на рисунке 15 А—светлые кружки), характерна вариация активности в актах Р2 (поворот к педали в цикле \square , медианный тест, $\chi^2 = 7.55$; $df = 1$; $\rho = 0.006$), Р1' (опускание морды в кормушку в цикле \square' , $\chi^2 = 12.48$; $df = 1$; $\rho = 0.0004$) и Р5' (подход к кормушке в цикле \square' , $\chi^2 = 22.18$; $df = 1$; $\rho = 2.47 \cdot 10^{-6}$).

Для нейронов, основная специализация которых—акты цикла \square , связанные с педалью (акты Р2, Р3, Р4; группы нейронов 11, 1 и 10; см. таблицу 5, на рисунке 15 А—темные кружки), наибольшая вариативность активности отмечена для акта Р5' (подход к кормушке в цикле \square' , $\chi^2 = 7.14$; $df = 1$; $\rho = 0.008$).

Для нейронов, имеющих основную специализацию относительно актов цикла \square' , связанных с кормушкой (акты Р1' и Р5'; группы нейронов 5 и 6; см. таблицу 5, на рисунке 15 Б—светлые кружки), смещение в направлении полюсов оси 2 показало активность в актах Р1 (опускание морды в кормушку в цикле \square , $\chi^2 = 9.95$; $df = 1$; $\rho = 0.002$) и Р1' (опускание морды в кормушку в цикле \square' , $\chi^2 = 22.38$; $df = 1$; $\rho = 2.2 \cdot 10^{-6}$). У нейронов, специализированных относительно актов цикла \square' , связанных с педалью (акты Р2', Р3', Р4'; группы нейронов 9, 3 и 5; см. таблицу 5, на рисунке 15 Б—темные кружки), значения активности сместились к полюсам оси 2 в актах Р1 (опускание морды в кормушку в цикле \square , $\chi^2 = 44.92$; $df = 1$; $\rho = 2.05 \cdot 10^{-11}$), Р5 (подход

к кормушке в цикле \square , $\chi^2 = 15.06$; $df = 1$; $\rho = 0.0001$), Р1' (опускание морды в кормушку в цикле \square' , $\chi^2 = 21.03$; $df = 1$; $\rho = 4.52 \cdot 10^{-6}$), Р5' (подход к кормушке в цикле \square' , $\chi^2 = 6.09$; $df = 1$; $\rho = 0.014$).

Можно видеть, что во всех случаях крайние значения принимают переменные, которые характеризуют активность нейронов не в тех актах, которые составляют соответствующий цикл, например, для нейронов, специализированных относительно актов Р1, Р2, Р3, Р4, Р5 (цикл \square , ориентирован вдоль оси 2), точки смещаются к полюсам оси 3 за счет изменения активности в актах другого цикла Р1', Р2', Р3', Р4', Р5' (цикл \square' , ориентирован вдоль оси 3), или смещение происходит за счет изменения активности в актах, связанных с поведением у кормушки—для нейронов, специализированных относительно актов, связанных с поведением у педали.

Среди групп нейронов, основные специализации которых относятся к актам циклов \square (группы 1, 4, 8, 10, 11; таблица 5) или \square' (группы 2, 3, 5, 6, 9; таблица 5), выделяются группы, содержащие подгруппы, субспециализации которых относятся к обоим циклам, например, подгруппы 4'' (субспециализации относительно актов Р2 и Р3 цикла \square и актов Р1' и Р5' цикла \square' ; таблица 5), 10'' (субспециализации относительно актов Р3 цикла \square и Р3' цикла \square' ; таблица 5). В проекции на плоскость 2—3 такие нейроны, составляющие пересечение множеств клеток, специализированных относительно циклов \square и \square' , занимают положение, близкое к пересечению осей 2 и 3 (рисунок 16). На это указывает приближение максимума гистограммы распределения таких клеток (по сравнению с другими клетками) к нулевым значениям оси 2 для цикла \square (заштрихованная часть гистограммы на рисунке 16 А), а для цикла \square' —к нулевым значениям оси 3 (заштрихованная часть гистограммы на рисунке 16 Б).

10.2.5.2.3. Факторная интерпретация осей пространства

Таким образом, основные факторы, которые определяют положение нейронов в реконструированном пространстве, описывают:

- 1) наличие у группы нейронов только одной, основной специализации (положительные значения оси 1), или как основной, так и дополнительной специализаций (отрицательные значения оси 1; см. рисунки 7 и 8); при этом группа нейронов с общей основной специализацией (см. таблицу 5) занимает приблизительно вертикальную область («колонку») пространства (см. рисунок 11);
- 2) способ обучения животных, с которым связано соотношение количества нейронов, имеющих только основную или как основную, так и дополнительную специализации относительно актов захвата пищи в кормушке и подхода к ней, с которых начинается процедура

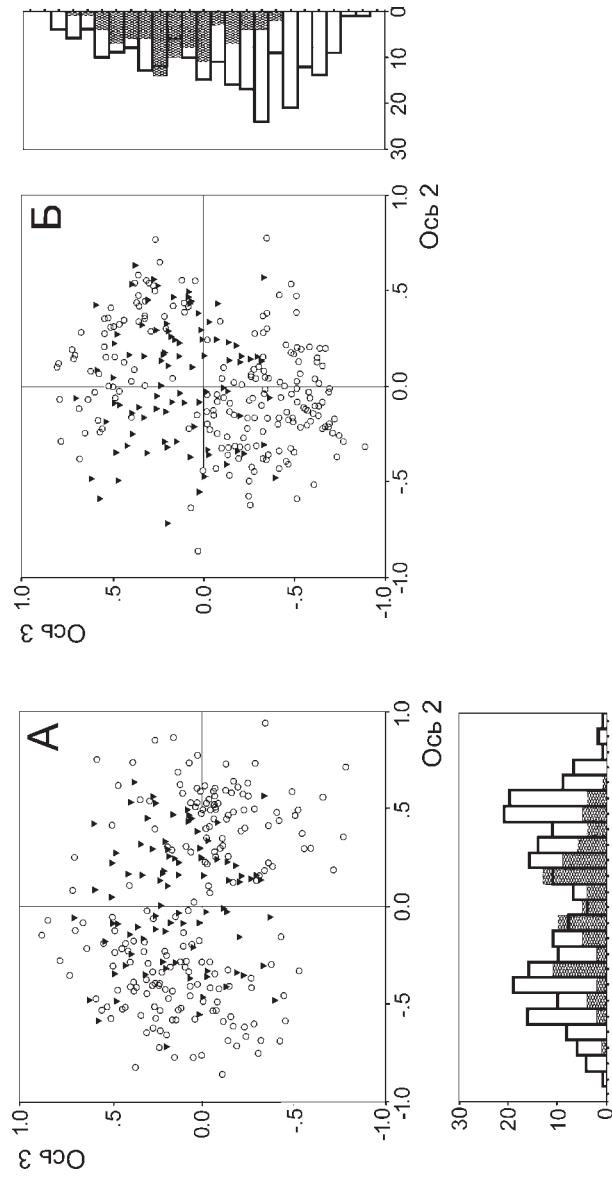


Рис. 16. Размещение на плоскости 2–3 нейронов, имеющих основную специализацию относительно актов, включенных в циклы \square (А) и \square' (Б), а субспециализации—либо относительно актов только одного из циклов (белые кружки), либо и того, и другого цикла—черные треугольники. Для каждого цикла показаны гистограммы распределения тех и других нейронов—по оси 2 для цикла \square (А), по оси 3 для цикла \square' . Точки, представляющие нейроны, обладающие субспециализациями относительно актов обоих циклов, смещены по оси 1 в область самых низких значений (рисунок 17); эти значения снижены даже относительно других субспециализированных клеток (медианный тест; $\chi^2 = 28.80, p = 8.01 \cdot 10^{-6}$).

научения животных (см. таблицу 7), причем, возможно, важнейший фактор в примененных способах обучения—количество «разрывов» в обучении циклам (см. таблицу 8);

- 3) специализация нейронов по отношению к циклу \square или циклу \square' , эти группы нейронов располагаются вдоль ортогональных осей 2 и 3 (см. рисунок 15);
- 4) нейроны, специализированные по отношению к актам одного цикла, разделены по сопряженности с актами, связанными с педалью или кормушкой: смещены к полюсам соответствующих осей (см. рисунок 15);
- 5) субспециализации групп нейронов относительно актов, включенных только в один из циклов (\square или \square') или относительно актов того и другого цикла, причем расположение нейронов, имеющих субспециализации относительно актов двух циклов, проецируется в центральную область плоскости 2–3 (см. рисунок 16), а на оси 1 занимает область самых низких значений (см. рисунок 17).

Соотношение этих факторов для осей 1, 2 и 3 представлено на дендрограммах, полученных при помощи процедуры CHAID (см. (Толстова, 2000)). Для оси 1 (рисунок 18) самый значимый фактор—наличие у нейронов дополнительных специализаций, от их отсутствия при положительных значениях до 2–3 — при отрицательных. Нейроны, имеющие только одну, основную специализацию, проявляют связь со способом обучения животных. Для первого способа характерны большие значения оси 1, т.е. большее разнообразие активности в различных поведенческих актах, чем при втором и третьем. Для нейронов, обладающих как основной, так и дополнительными специализациями, важное разбиение—на группы, субспециализации которых относятся к актам одного и того же цикла или разных циклов, причем вторая группа располагается на оси 1 в области самых низких значений. Каждая из этих групп разделяется по соответствию актам цикла \square или \square' . Наконец, нейроны, субспециализации которых относятся к актам одного и того же цикла \square , разделяются на специализированные по отношению к актам, связанным с поведением у кормушки (обладают наиболее низкими значениями оси 1) или с поведением у педали.

Для осей 2 и 3 (рисунки 19 и 20 соответственно) самый важный фактор разделения нейронов—специализация по отношению к актам, связанным с кормушкой или с педалью. Каждая из этих групп разделяется по связи с циклами \square или \square' . Нейроны, связанные с актами у кормушки разделяются на группы, субспециализации которых относятся к актам одного и того же или разных циклов, причем это более ярко выражено для оси 3 (ср. рисунки 19 и 20). Наконец, для оси 3 выделяется также разбиение по наличию или отсутствию

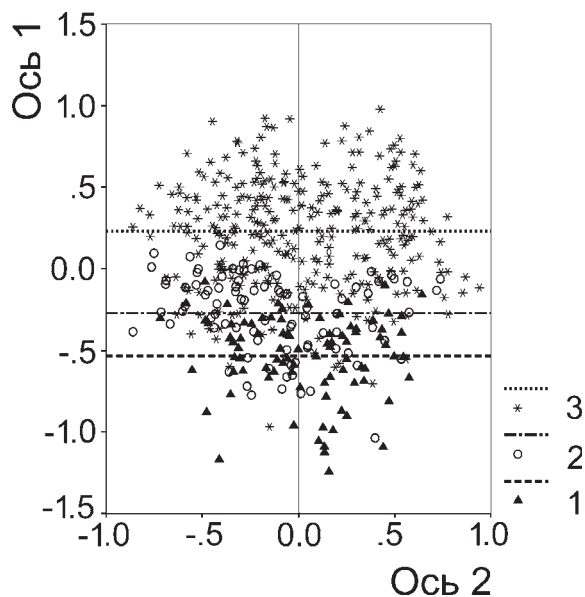


Рис. 17. Расположение нейронов, имеющих только основную специализацию (белые кружки), основную специализацию и субспециализацию относительно актов, включенных только в один цикл, \square либо \square' (звездочки), основную специализацию и субспециализацию относительно актов, включенных в оба цикла, \square и \square' (черные треугольники). Горизонтальные линии показывают положение координаты центра для каждой группы нейронов по оси 1

у нейронов дополнительных специализаций, это отмечено только у нейронов, преимущественно связанных с циклом \square , с которого начинается обучение во всех группах животных. Заметим, что этот фактор, выделенный для осей 2 и 3 последним, для оси 1 — самый значимый.

На основании приведенных результатов можно предложить интерпретацию осей сконструированного пространства.

Ось 1 упорядочивает группы и подгруппы нейронов по степени однородности их активности во всем наборе актов поведения таким образом, что в отрицательных областях этой оси располагаются (под)группы, у которых активность закономерно связана с несколькими актами поведения. В положительной области пространства располагаются нейроны с единственной активацией, связанной лишь с одним актом поведения. Можно полагать, что крайнее отрицательное положение на этой оси мог бы занять нейрон (группа нейронов),

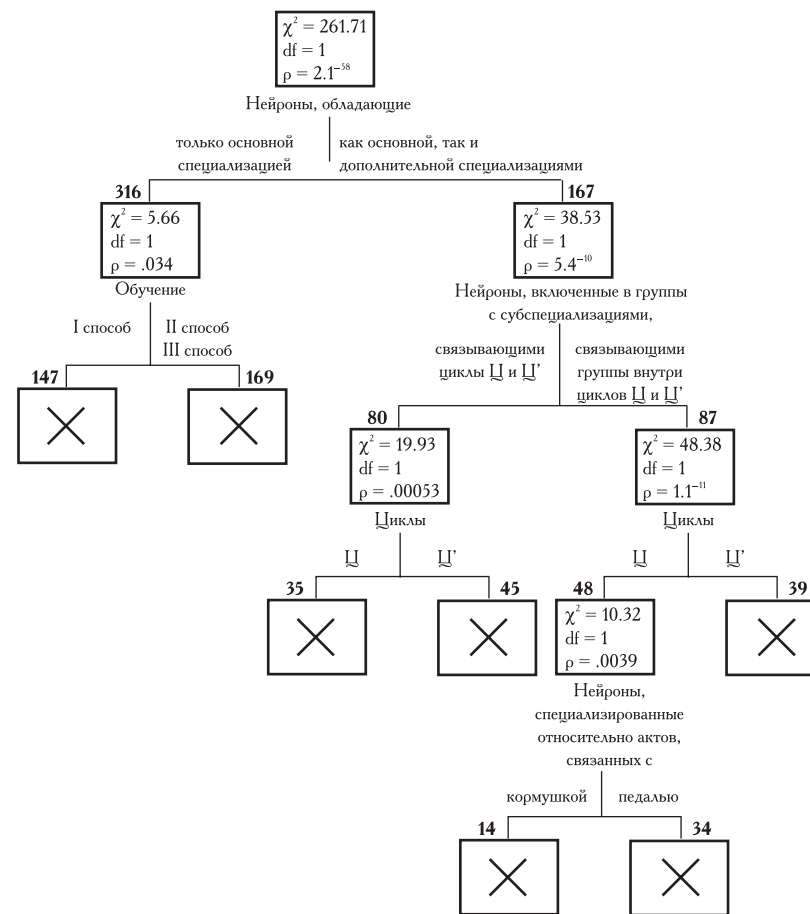


Рис. 18. Дендрограмма разбиения нейронов на группы по значениям оси 1 при помощи процедуры CHAID. В рамках показано значение критерия χ^2 при разделении на группы, невозможность дальнейшей группировки показана крестом. Ниже величины критерия χ^2 показаны значения независимых переменных (принцип разбиения) и количество нейронов, вошедших в ту или иную группу

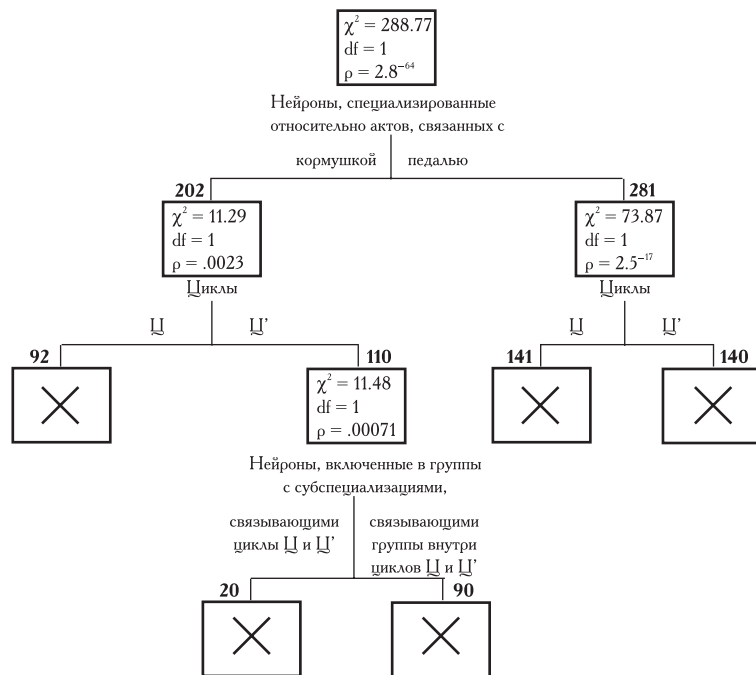


Рис. 19. Дендрограмма разбиения нейронов на группы по значениям оси 2 при помощи процедуры CHAID. Обозначения как на рисунке 18

одинаково активный во всех актах данного поведения, а крайнее положительное—активный только в одном акте и «молчаливый» во всех других актах поведения.

Оси 2 и 3 упорядочивают группы нейронов, обладающие специализацией по отношению к определенному акту поведения, по степени сходства их основных специализаций с субспециализациями других групп нейронов, связанных непрерывным переходом (связанных в последовательность). Таким образом, группы нейронов с основной специализацией распределены в пространстве так, что в отрицательной области значений осей 2 и 3 располагаются группы, связанные с поворотом к педали, подходом к ней и с нажатием на педаль, а в положительной—с подходом к кормушке, с опусканием морды в кормушку и с захватом пищи. Циклы поведения описываются как перемещения из области положительных значений осей в область отрицательных и обратно. По этим осям ориентированы графы, описывающие циклы поведения, цикл Ц—по оси 2, Ц'—по оси 3.

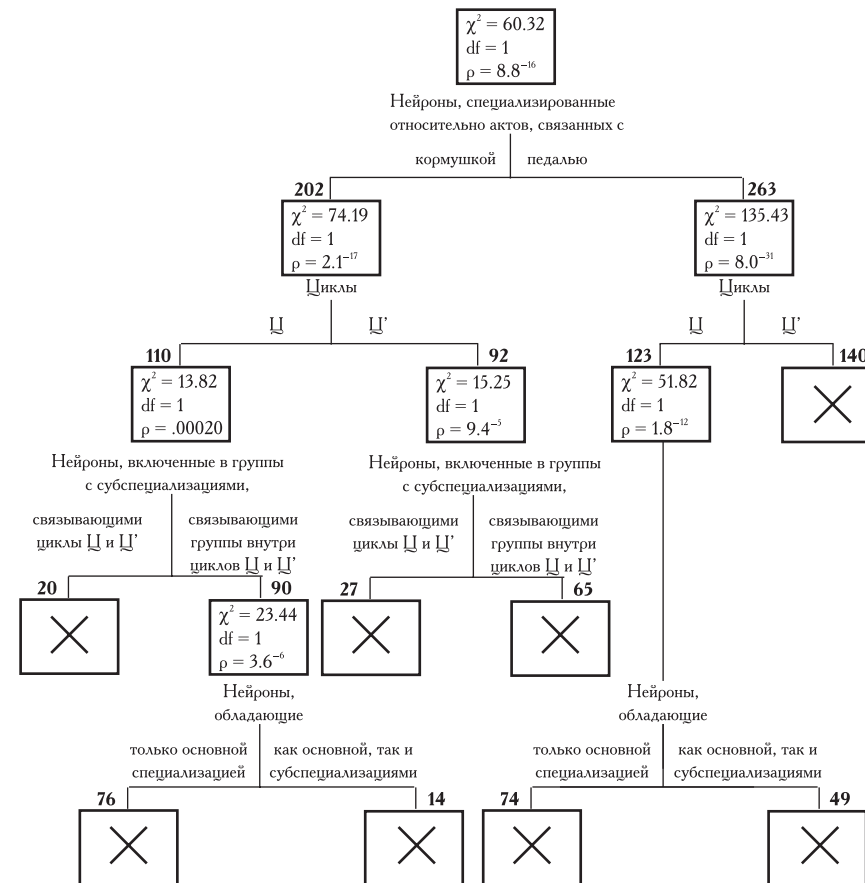


Рис. 20. Дендрограмма разбиения нейронов на группы по значениям оси 3 при помощи процедуры CHAID. Обозначения как на рисунке 18

Отклонения положения нейронов от оси, вдоль которой ориентирован граф, описывающий цикл поведения («поперечные» вариации), отражают связь активности нейронов, специализированных относительно актов одного с актами другого поведенческого цикла.

Пространство фиксирует не только свойства активности отдельных нейронов и их групп, но и характеристики организации групп и подгрупп нейронов, отношения между группами, их соответствие не только актам, но их отношениям и последовательностям (поворот к педали, подход к педали, нажатие

на нее; подход к кормушке, опускание морды в кормушку/захват пищи) и группам актов (циклы Ц и Ц'). Это означает, что перечисленные свойства групп нейронов проявляются в характеристиках спайковой активности и в соотношениях активности специализированных нейронов в различных актах поведения.

10.2.5.2.4. Отношения между группами специализированных нейронов

Соотнесение порядка реализации актов в циклах Ц и Ц' с субструктурой групп нейронов, обладающих общей основной специализацией (см. таблицы 4 и 5), позволяет отметить, что субспециализации в группах, связанных с предшествующими актами, совпадают с основными специализациями в группах, связанными с последующими актами. Так, в паре актов Р3—Р4 (подход к педали—нажатие на педаль) в группе нейронов, основная специализация которой — подход к педали (таблица 4, кластеры 1 и 4; таблица 5, группа 1, подгруппы 1', 1''), подгруппа 1'' обладает дополнительной специализацией по отношению к последующему акту Р4 — нажатию на педаль (таблица 4, кластер 16; таблица 5, группа 10'). Такое соотношение выявлено для пар актов, реализующихся в циклах последовательно: актах Р3' и Р4', актах Р1 и Р5, Р1' и Р5'' (подход к кормушке и опускание морды в кормушку/захват пищи в циклах Ц и Ц'), актах Р1 и Р2 (опускание морды в кормушку/захват пищи—поворот головы к педали).

Такое соотношение характерно не только для групп нейронов, специализированных по отношению к актам, связанным с поведением у кормушки (акты Р1, Р1', Р5, Р5') и у педали (акты Р3, Р3', Р4, Р4'). Оно выделено для пар актов Р1 и Р1' (опускание морды в кормушку/захват пищи в двух кормушках — Ц и Ц'); Р4 и Р3' (педаль в Ц и подход к педали в Ц'), Р2 и Р5' (поворот от кормушки Ц и подход к кормушке Ц'), Р1 и Р5' (захват пищи в кормушке Ц и подход к кормушке Ц' — «сокращенный» вариант последовательности актов Р2 и Р5'), Р1 и Р3 (подход к педали Ц непосредственно от захвата пищи, без специального акта поворота). Все перечисленные пары актов наблюдаются в поведении животных как «проверочные» подходы к кормушкам, переходы от одного цикла к другому. Это наиболее устойчивые последовательности актов, которые сформированы на различных этапах обучения животных, причем «проверочные» подходы к кормушкам — на наиболее ранних этапах.

Можно предположить, что совпадение дополнительной специализации в группе нейронов, имеющих основную специализацию по отношению к предшествующему акту поведения с основной специализацией другой группы нейронов (связанной с последующим актом), лежит в основе **отношения следования**, обеспечивающего устойчивую последовательную реализацию этой пары актов. Выделенное соотношение субспециализации одной группы нейронов и

основной специализации другой группы асимметрично, ориентировано во времени (диахронично). Отношение следования также обладает свойством несимметричности (Осипов, 1997) и диахронично.

Заметим, что если две группы нейронов связаны «встречными» отношениями, как акты Р3 и Р4 (см. таблицы 4 и 5), то связь между ними проявляется, как отношение синергии.

10.3. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

10.3.1. КОМПОНЕНТЫ СИО, ПРЕДСТАВЛЯЮЩИЕ АКТЫ РЕПЕРТУАРА, И ИХ ГРУППЫ

10.3.1.1. Группы специализированных нейронов и их субструктура

Для реконструкции организации СИО по активности специализированных нейронов было проведено две линии исследования. В основе первой лежит представление о специализации нейронов относительно определенного поведенческого акта, а активации, сопровождающие реализацию других актов, рассматриваются как следствия взаимоотношений данного нейрона с нейронами других специализаций (Горкин, Шевченко, 1990, 1991, 1995). С этой точки зрения, группа нейронов, обладающих одинаковой специализацией, представляется атомарным образованием, не имеющим субструктуры.

В основе другой линии исследования лежали предположения о том, что: (1) группы нейронов, обладающих общей специализацией, имеют субструктуру; (2) специализации нейронов, составляющих группу, не идентичны, а сходны; (3) субструктура таких групп формируется в процессе научения и (4) лежит в основе отношений между группами нейронов. Одно из важных оснований этих предположений состоит в том, что концепция нейрона, вытекающая их системно-эволюционного подхода, последовательно представляет все порождаемые им последовательности спайков как проявления его активности (см., например: Александров, 2004а, Швырков, 1995), в то время как идея «неспецифических активаций», с нашей точки зрения, несет отпечаток представлений о «реагирующем» нейроне. Предположения о неоднородности групп нейронов, имеющих общую специализацию, были высказаны Ю.И. Александровым, в частности, в работе (Alexandrov, Grinchenko, Laukka, Järvilehto, Maz,

1991) дана точная формулировка: «Различия в чувствительности нейронов лимбической и моторной коры, связанных с вновь сформированными актами поведения, к этанолу, наводят на мысль, что эти клетки образуют неоднородные группы» (с. 434). Вероятно, представление о сложной организации групп специализированных нейронов тесно связано с системогенетическими основаниями системно-эволюционного подхода, а также хорошо соответствует современным взглядам на нейрогенетические процессы, лежащие в основе формирования нового опыта.

Две сопоставляемые линии исследования могут не эклектично дополнять друг друга в том случае, если принять за основу анализа стратегию с большими возможностями обобщения, более точно (с нашей точки зрения) соответствующую основаниям системно-эволюционного подхода. В основу стратегии анализа результатов мы положили представление о сложно организованных группах специализированных нейронов.

Исследование организации групп специализированных нейронов показало, что они имеют сложную структуру. В группе нейронов с общей специализацией выделяются подгруппы, имеющие различные дополнительные специализации.

Важный вопрос состоит в том, что отличает активность, являющуюся проявлением дополнительных специализаций, от «неспецифических активаций». Ряд чисел, характеризующих активность группы нейронов при реализации различных актов поведения (см. колонки в таблице 4) внешне не отличается от «профиля активности нейрона» в котором пик, достигающий вероятности активации, равной единице, указывает на специализацию, а более низкие значения — на неспецифические активации (см. Горкин, Шевченко, 1990, 1991, 1995), но такая интерпретация требует использования понятия «ответ нейрона на воздействия со стороны других нейронов».

Во-первых, группы нейронов разбиваются на дискретные подгруппы, в которых профили активности (характеристики активности во всех актах двух циклов) достоверно различаются. Даже если рассматривать дополнительную активность нейронов как результат влияний других групп нейронов, то это означает, что такие активации отражают преимущественно свойства самих этих групп, поскольку «межнейронная среда» для всех этих групп приблизительно однородна.

Во-вторых, выявлена связь состава именно подгрупп нейронов, имеющих как основную, так и дополнительные специализации, со способом, которым животное обучено выполнять дефинитивное поведение. Появление таких групп происходит на фоне уже сформировавшихся подгрупп нейронов, реализующих основные специализации (поскольку они мало связаны со способом научения), и влияние со стороны их активаций должно быть довольно постоянным.

В-третьих, важным представляется методологический аргумент, согласно которому представление об основных/дополнительных специализациях

нейрона снимает элементы эклектики, с нашей точки зрения, присущей понятию «неспецифические активации», неявно соединяющей концепты «активность» и «реактивность» нейрона.

Разработанный и примененный нами способ выявления и анализа основных и дополнительных специализаций нейронов основан на использовании статистических приемов. При статистическом подходе может нарушаться основной критерий определения специализации нейронов — 100% активация в акте, относительно которого нейрон специализирован. Этот критерий применяется к единичным нейронам и по природе не является статистическим. Ограниченность применимости статистических критериев к идентификации нейронов, обладающих определенной специализацией, отметил Л.В. Бобровников. Он обратил внимание на то, что статистические факторы, которые влияют на выраженность активаций отдельных нейронов в ситуациях, когда животное не может совершать развернутого целенаправленного поведения, в стимульных ситуациях, оказываются неэффективными в сложном целенаправленном поведении (Бобровников, 1996). Можно утверждать, что именно нестатистический подход помог сформулировать принципиально новое решение проблемы специализации с позиции системно-эволюционного подхода. Поэтому в качестве контроля мы использовали сопоставление логической классификации нейронов со статистической. Этот контроль показал достаточно высокий уровень согласия между классификациями. Расхождения между ними связаны с тем, что не удалось сформировать полный состав логических эталонов, к которым приписываются профили конкретных нейронов. Именно поэтому не представляется возможным заменить статистическую классификацию логической, поскольку эта замена требует выработки жестких критериев отнесения нейрона к определенному классу не только по выраженности основной специализации, но и по уровням активности, соответствующим всем актам репертуара. Для этого необходимо знать *a priori* и воспроизводить в эталонах все возможные формы активности нейронов в изучаемом поведении. Можно допустить, что после того как при помощи статистических процедур будет составлен достаточно полный алфавит профилей специализации нейронов, окажется возможным переход к логической классификации.

Другое основание валидности описания групп специализированных нейронов и их структуры состоит в том, что процедуры классификации нейронов и построения пространства, в котором они располагаются, независимы друг от друга. Важно также, что основные принципы организации СИО, установленные этим способом и ранее разработанные в исследованиях (см.: Александров, Греченко, и др., 1997; Горкин, Шевченко, 1990, 1991, 1995) не находятся в противоречии, а дополняют друг друга.

Соотношение групп специализированных нейронов и компонентов СИО. Группа нейронов с общей основной специализацией, представленная одной или несколькими подгруппами нейронов, различающихся дополнительными

специализациями, может быть сопоставлена с компонентом СИО. Любая из 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 другой основной специализацией. Таким образом, термину «группа нейронов, имеющих общую специализацию», можно поставить в соответствие понятие «компонент СИО». В этом соответствии отражено системно-эволюционное решение психофизиологической проблемы, поскольку устраняет противопоставление двух описаний: нейрофизиологического (в терминах активности нейронов) и психологического (в терминах организации психологических структур, представляющих собой модели взаимодействий индивида с предметной областью, см.: Пономарев, 1983; Швырков, 1995).

Описывая организацию нейрональной активности, уместно использовать понятия «группа» и «подгруппа нейронов», а характеризуя организацию СИО — «компонент» и «субкомпонент». В обоих случаях представляется возможным говорить о специализации относительно актов поведения, но для групп нейронов эта специализация выражает свойство *носителей моделей* взаимодействия индивида с окружением, а для компонентов — свойство *самих моделей*. Полученные результаты, на наш взгляд, открывают возможность исследования тонкой структуры моделей взаимодействий и ее соответствия субструктуре групп специализированных нейронов (см., например, рисунок 11).

Анализ строения групп специализированных нейронов дает основания пересмотреть представление о точном соответствии компонента СИО и определенного поведенческого акта. 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. Таким образом, в общем случае, группа поведенчески специализированных нейронов логически перекрывает несколько актов, но «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.

Подгруппа нейронов, реализующая только основную специализацию, выполняет, по-видимому, «функцию ядра» группы, что можно было бы сопоставить с концепцией «ядра системы» (Бехтерева, 1971), но с нашей точки зрения, более продуктивно дать интерпретацию в терминах селекционных нейрогенетических процессов (см. 4.3.6, а также: Александров, 2004а; Эдельмен, 1981). Системно-селекционная концепция исходит из того, что в процессы специализации вовлекаются либо нейроны запаса (резерв преспециализированных клеток: Александров, 2004а, 2004б; Горкин, 1987; Горкин, Шевчен-

ко, 1995; Швырков, 1995), либо, в соответствии с позицией Дж. Эдельмена, нейроны первичного ассортимента, формирующегося и проходящего отбор в раннем онтогенезе. Из первичного ассортимента в процессе взаимодействия индивида с окружением отбирается «вторичный ассортимент» нейронов, прошедших процессы специализации. Подгруппы нейронов, составляющих группу с общей основной специализацией, можно соотнести с этапами дифференциации нейронов «вторичного ассортимента». В таком случае наиболее рано формируются подгруппы нейронов, обладающие только основными специализациями, что соответствует тенденциям, выявленным в настоящем исследовании. Активность таких групп нейронов соответствует всем вариациям осуществления соответствующих поведенческих актов, поэтому такая форма специализации наименее дифференцирована, в терминах Эдельмена — это наименее вырожденный ассортимент клеток (Эдельмен, 1981, с. 77–78, 118). Обогащение репертуара поведения, в основе которого лежит фиксация новых вариантов моделей взаимодействия с окружением — формирование таких подгрупп нейронов, которые, обладая общей основной специализацией, различаются частными, специфическими, дополнительными специализациями. Поскольку эти группы соответствуют многим вариантам реализации поведения, они более дифференцированно представляют взаимодействия индивида с предметной областью — эта часть репертуара более вырождена. Важно, что именно объем этих подгрупп показал связь со способом обучения (10.2.5.1). Именно к этим подгруппам можно применить характеристику, данную Дж. Эдельменом: от них можно ждать «все более поздних эффектов критической селекции и все больше и больше свидетельств вырожденности» (Эдельмен, 1981, с. 118).

Можно высказать два предположения о происхождении дифференцированных, вырожденных подгрупп нейронов: (1) непосредственно из первичного репертуара (преспециализированных) нейронов, и (2) их формирования из нейронов вторичного репертуара, в результате дифференциации подгруппы, обладающей основной специализацией.

Проведенный нами анализ не дает достаточных оснований для того, чтобы отвергнуть одну из этих гипотез. Гипотезу 2 нет основания отвергнуть потому, что основная специализация сходна для всех подгрупп; процесс, предполагаемый этой гипотезой, не противоречит важному положению системно-эволюционного подхода о неизменности специализаций (Александров, 2004а, 2004б, Швырков, 1995), поскольку приобретение дополнительных специализаций — это *не смена* специализации, а ее дополнение/уточнение. С другой стороны, этой гипотезе должно соответствовать уменьшение количества нейронов, входящих в подгруппу, обладающую только основной специализацией, и гипотезу 1 нельзя отбросить, поскольку такой тенденции не обнаружено, но, чтобы выявить этот эффект, необходимый объем выборки нейронов должен, по крайней мере, на порядок превышать объем проанализированной

нами выборки. Следует отметить также, что высказанные предположения могут оказаться совместимыми. В этом случае все подгруппы, обладающие общностью основной специализации, рекрутируются из изначально обладающего вариативностью пула преспециализированных клеток, составляя подгруппы с теми или иными субспециализациями в соответствии с их исходными особенностями. При достаточно большой вариативности свойств такого пула преспециализированных клеток его можно обозначить как протокомпонент, способный дифференцироваться даже в несколько групп нейронов с различными основными специализациями и многообразными дополнительными специализациями, повышающими вырожденность этих групп.

С этой точки зрения специализация нейрона относительно двух актов репертуара не означает совмещения двух отдельных специализаций на одной клетке. Такая форма специализации может соответствовать ранним формам дифференциации, она представляет наименее вырожденный ассортимент специализированных нейронов, представляя не акты поведения, а группы актов, связанных с поведением у педали, у кормушки. Однако это не следует рассматривать как связь последовательных актов, поскольку специализации относительно двух актов отмечены и для аналогичных актов в двух циклах (двух кормушек, двух педалей). Можно полагать, что такие специализации формируются на ранних этапах научения, когда взаимодействия с предметной областью слабо дифференцированы. Представляется, что часть специализаций относительно нажатия на педаль, опускания морды в кормушку, до того, как вводятся вторая педаль и вторая кормушка, потенциально являются «двойными», а после обучения животных второму циклу поведения не становятся «двойными», а проявляют свойство соответствовать недифференцированным взаимодействиям с компонентами предметной области: с обобщенной (любой) педалью, кормушкой и т.п. Эта точка зрения точно соответствует важному положению системно-эволюционного подхода, согласно которому нейроны обладают только единичной поведенческой специализацией (см. Александров, 2004а, 2005; Александров, Греченко, Гаврилов и др., 1997; Швырков, 1995; Shvyrkov, 1990), хотя, в рамках проведенного анализа, следует добавить: единичной **основной** специализацией.

Группа специализированных нейронов, сформированная на начальных этапах обучения, является «прасистемой» для компонентов СИО, обладающих общностью цели/результата, способа или обстоятельств действия, которые образуются в процессе дифференциации прасистемы при усложнении взаимоотношений индивида с миром и увеличении их дробности (Александров, 1989; Александров, Греченко, Гаврилов и др., 1997; Горкин, Шевченко, 1995; Швырков, 1995; Shvyrkov, 1990). Специализация группы нейронов относительно прасистем дефинитивного поведения проявляется в феномене «двойной» или «множественной» специализации. Таким образом, компоненты

СИО, представленные группами нейронов с «двойной» специализацией (им соответствует не конкретный акт репертуара дефинитивного поведения, а два или большее количество актов), могут рассматриваться как протокомпоненты для компонентов СИО, представляющих единичные акты репертуара.

Все обсуждаемые группы специализированных нейронов и представленные ими компоненты СИО сформированы при обучении кроликов пищедобывательному поведению в экспериментальной клетке. Это согласуется с данными о преимущественной специализации нейронов лимбической коры относительно наиболее новых компонентов индивидуального опыта (Шевченко, Александров, Гаврилов, Горкин, Гринченко, 1986; Shevchenko, Gavrilov, Gorkin, 1989).

Группы компонентов СИО как специальные структурные составляющие индивидуального опыта, выявленные частными корреляциями, кластерным анализом и многомерным шкалированием переменных, которые описывают активность нейронов в актах пищедобывательного поведения, имеют сложное строение. Например, группа компонентов СИО, соответствующих актам подхода к педали и нажатия на нее (Р3 и Р4), содержит не только два компонента, представляющие акты репертуара, но и третий компонент, который реализуется группой нейронов с «двойной» специализацией (относительно двух актов Р3 и Р4) и не проявляется как отдельный акт репертуара. Можно предположить, что организация групп компонентов СИО фиксирует этапы их формирования: образование протокомпонента и его дифференциацию на компоненты СИО, представляющие акты дефинитивного поведения. В соответствии с этим группы могут содержать компоненты СИО, которые представляют как акты, непосредственно следующие друг за другом в пищедобывательном цикле, так и не составляющие последовательность и даже одноименные акты разных циклов.

10.3.2. ВЗАИМООТНОШЕНИЯ МЕЖДУ КОМПОНЕНТАМИ СИО

Компонент СИО выходит за пределы одного акта поведения за счет разнообразия субкомпонентов, подгрупп, имеющих помимо основной специализации множество дополнительных. Т. е. когда различные компоненты, обладая частично перекрывающимися или иначе соответствующими дополнительными специализациями, соотносятся друг с другом, активность их оказывается согласованной. Чем больше подгрупп в группе специализированных нейронов, чем сложнее организация компонента СИО, тем более многообразными отношениями этот компонент связан с другими. Таким образом, можно предполагать, что согласованность активности нейронов, их «взаимовлияние», является внешним выражением **отношений** между компонентами, в основе

которого лежат дополнительные специализации, хотя нельзя исключить и другие факторы, связанные с феноменами взаимосогласованности активности.

Нам удалось интерпретировать в терминах соотношения дополнительных специализаций только отношения следования. Важнейшие характеристики соотношения основных и дополнительных специализаций компонентов, вступивших в отношения следования, — несимметричность, нетранзитивность, совпадают с этим свойством отношения следования (Осипов, 1997). Можно полагать, что установленные особенности компонентов, находящихся в отношении следования, лежат в основе и других видов диахронических отношений.

Заметим, что в случае двух компонентов, между которыми сформировались два «встречных», однонаправленных, ориентированных во времени, диахронических отношения следования, феноменологически отношения между ними выглядят как симметричные, синхронические, они обладают свойствами отношения синергии. Такой вид отношений достоверно показан в нашем исследовании. Можно предположить, что в основании отношения синергии может быть и описанное «двойное отношение следования», и активность группы (подгруппы) нейронов, имеющих основную специализацию относительно двух актов поведения. Возможно, что следует выделять два вида отношений следования: описанные выше, которые лежат в основе *устойчивой* последовательности актов (например, актов P5 и P1, P3 и P4), и иные, более фундаментальные, которые обеспечивают *возможность* последовательной реализации актов (например, актов P4 и P5, P2 и P3').

Выведение отношений из особенностей субструктуры компонентов СИО — принципиально важное изменение представлений об отношениях. В теоретических описаниях структур представляется, что компоненты и отношения — равноправные образующие структуры. Суть основных определений структуры можно сформулировать следующим образом: «структура — множество компонентов, на котором определено множество отношений» (см. 3.1, 3.2.3, а также: «Системные исследования», 1970, и др.). С предложенной нами точки зрения, свойства отношений представляются производными от свойств компонентов. Отношения не привносятся извне, они формируются в процессе становления структуры СИО и точно соответствуют степени дифференцированности отношений с предметной областью.

Анализ отношений между компонентами СИО, проведенный с точки зрения существования только основных специализаций у групп нейронов, не разделенных на подгруппы, дополняет описание отношений, хотя с нашей точки зрения, является в большей степени феноменологическим.

Взаимоотношения компонентов СИО, представляющих акты репертуара, формируются в соответствии с общностью характеристик актов. Общность цели/результата одного акта и начальных условий реализации другого проявляется в «облегчающем» влиянии предшествующего акта на последующий.

Этой общности соответствует отношение следования, определяющее последовательность актов пицедобывательного цикла. Заметим, что особенности общности компонентов, связанных отношениями следования, предопределяют нетранзитивность и несимметричность такого отношения.

Общности целей/результатов, ситуации и/или способа действия соответствуют отношению синергии, разрешающему одновременную актуализацию компонентов СИО. Несовместимости или противоречия в содержательных характеристиках компонентов СИО лежат в основе отношения оппонентности, которое ограничивает возможности одновременной актуализации компонентов СИО или налагает на нее запрет. Нами показано, что отношения синергии и оппонентности обладают свойством симметричности (ср. 7.6.4.3 и 11.3.3.1).

Иной тип отношений связывает компоненты СИО, представленные нейронами, специализированными относительно двух актов, и компоненты СИО, представленные нейронами со специализациями относительно каждого из этих актов. Отношение между протокомпонентом и компонентами, представляющими результат его дифференциации, можно идентифицировать как отношение генерации, нетранзитивное, антирефлексивное, несимметричное (Осипов, 1997). Заметим, что влияние компонента СИО, представленного нейронами с «двойной» специализацией, обеспечивает одновременную актуализацию компонентов СИО, имеющих широкий спектр общностей, не определяя порядок реализации соответствующих актов, т.е. обладает сходством с инструментальной связью.

Судя по вариациям коэффициентов частной корреляции, характеризующих тесноту отношений следования, синергии и оппонентности, интенсивность этих типов отношений изменяется градуально.

Все рассмотренные типы отношений могут реализовываться одновременно на одном и том же множестве компонентов СИО. Отношения синергии/оппонентности определяют специфику целостного состояния структуры опыта в каждый данный момент времени, отношения же следования — последовательность этих состояний в процессе реализации поведения.

10.3.3. СВЯЗНОСТЬ СИО II

Применение различных способов обучения определяет не только отдельные характеристики СИО, но и связность структуры, характеризующую ее целостность; при этом СИО, сформированные при I и II способах обучения, обладают наибольшей, а при III способе — наименьшей связностью. *Чем меньше соответствие между порядком приобретения актов и последовательностью их реализации в дефинитивном поведении, тем меньшей связностью обладает СИО.*

Установлено, что животные, обученные III способом, совершают поведенческий цикл значительно быстрее, чем обученные I и II способами, причем максимальное время выполнения цикла отмечено в I группе животных. Различия групп по времени выполнения цикла можно сопоставить с характеристиками связности СИО, сформированных у животных этих групп. Установлено, что количество отношений синергии и оппонентности, связывающих компоненты структуры опыта, достоверно больше в I группе животных, чем в III. Эти отношения определяют состав наборов одновременно актуализированных компонентов структуры. Чем больше компонентов СИО связано взаимоотношениями этих типов, тем больше разнообразие актуализированных компонентов опыта, представляющих множество альтернатив в развитии поведения. Следует заметить, что циклы Ц и Ц' различаются по критерию связанности компонентов в группы: в цикле Ц выделяются относительно изолированные компонент P2' и группа P3'—P4' (см.: «Структура СИО» и рисунок 21). Судя по данным литературы (см., например, Хофман, 1986; Лусе, 1986), именно меньшее количество одновременно актуализированных компонентов структуры опыта и меньшее их сходство у животных III группы может служить объяснением наиболее быстрого выполнения цикла по сравнению с I и II группами.

Свойства составляющих СИО связаны и с историей обучения, и с заданными экспериментатором объективными условиями пищедобывательного поведения, и с последовательностью событий, необходимой для достижения результата животным, т.е. со структурой предметной области.

Наборы компонентов СИО, а также отношения следования, не зависят от способа обучения и, следовательно, в значительной степени определяются структурой предметной области. Состав субкомпонентов, их характеристики и распределение нейронов, обладающих субспециализациями, проявляют существенную связь со способом обучения.

Формирование групп компонентов СИО, отношений синергии, оппонентности и генерации (см. гл. 7.6.4.3 и 11.3.3) связано с историей взаимоотношения животного с предметной областью. Заметим, что в наибольшей степени это касается отношений оппонентности.

10.3.4. СТРУКТУРА СИО

Следует заметить, что установленная в подразделе «Факторная интерпретация осей пространства» (10.2.5.2.3)—именно **факторная структура** организации пространства, в котором размещены представляющие нейроны точки, а не **структура индивидуального опыта**. Факторная структура отображает некоторые свойства предмета изучения, но основные термины, в которых она определена, оси пространства, не обладают онтологическим статусом.

Факторная структура—одно из оснований реконструкции СИО. Структура опыта должна быть описана в терминах компонентов, отношений, групп компонентов. Обобщая весь массив полученных данных о компонентах СИО, их субструктуре, отношениях различного типа между ними, их особенностях в группах животных с различной историей научения, взаиморасположения групп и подгрупп нейронов, выявленного при многомерном шкалировании, можно реконструировать основные черты организации структуры индивидуального опыта.

Схематическое представление СИО дано на рисунках 21 и 22.

Компоненты СИО различаются по количеству субкомпонентов, а, следовательно, по количеству и специфике дополнительных специализаций, представленных компонентом—от единственной основной специализации (P2, P2', P4'), без дополнительных специализаций, до одной основной и четырех субспециализаций, представленных двумя субкомпонентами (P1), или основной специализации и двух субспециализаций (3 субкомпонента P1'). Если отметить общность субспециализаций компонентов, то можно обнаружить объединение компонентов СИО (см. рисунок 22). Самая крупная группировка охватывает все компоненты, специализированные по отношению к актам цикла Ц; в эту «супергруппу» включены также компоненты цикла Ц', представляющие акты P5' и P1'. Таким образом, в нее не входят не имеющий субструктуры (и поэтому изолированный) компонент P2' и группа компонентов, представляющих акты 3' и 4' (см. рисунки 21 и 22).

Важно заметить, что эта супергруппа, объединяя компоненты двух циклов, представляет наиболее крупное образование СИО. Важно также, что она выделяется потому, что компоненты по представленным в них дополнительным специализациям «выходят» за пределы актов поведения, которым соответствуют основные специализации компонентов. Эта характеристика компонентов—одно из оснований связности СИО, неотъемлемого свойства целостной структуры.

Полюс супергруппы компонентов, связанный с поведением у педали, содержит меньшее количество субспециализаций, чем с поведением у кормушки (см.: 10.2.5.2.2, «Анализ осей 2 и 3»), возможно, что эта неоднородность отражает «направленность роста» такого объединения компонентов. Научение инициализируется возможностью получения пищи в кормушке, общая направленность научения—от кормушки к педали.

Компонент P2' и группа компонентов P3'—P4' не включены в супергруппу. Эти компоненты формируются на более поздних этапах научения, чем другие, которые в «усредненном портрете СИО» сформированы раньше: в группах животных I и III эти компоненты формируются последними, а в группе II—предпоследними. Поэтому можно предположить, что они остаются не интегрированными в единую супергруппу именно в силу порядка этапов процедуры научения.

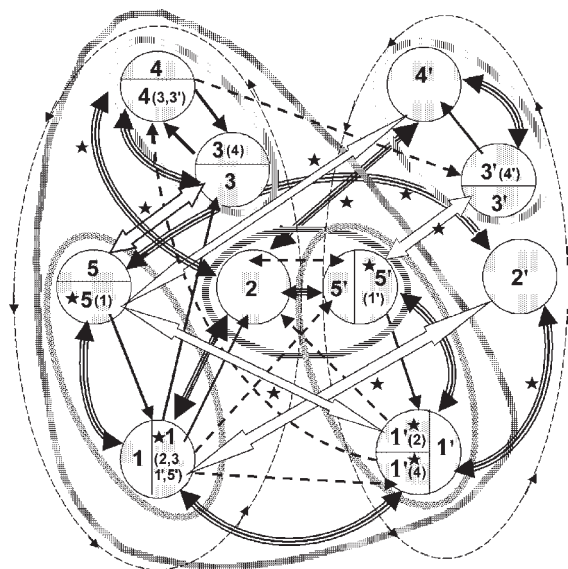


Рис. 21. Схема структуры индивидуального опыта кроликов, обученных совершать сложное пищедобывательное поведение в двух поведенческих циклах Ψ и Ψ' , реконструированной на основе анализа активности нейронов. Тонкие штриховые овалы показывают циклы, а стрелки на овалах—направление смены актов в циклах. Кружки обозначают компоненты СИО (компоненты, специализированные по отношению к двум актам, не показаны), их разделение прямыми отмечает субкомпоненты, цифры в кружках — специализация субкомпонентов по отношению к актам поведения: большие цифры — основная специализация, маленькие цифры в скобках — дополнительные специализации. Обозначения актов упрощены: использованы только цифры. Тонкие черные стрелки—отношения компонентов, установленные при анализе их субструктуры; сплошные связывают компоненты, относящиеся к одному и тому же циклу, штриховые—к разным циклам. Овалы из штриховых линий показывают группы компонентов, установленные при анализе этих отношений (см. таблицу 4 и 5). Толстые стрелки (из трех линий и белые)—отношения, установленные при анализе корреляций между активностью нейронов в соответствующих актах, двухсторонние белые стрелки—опponentные отношения, двухсторонние стрелки из трех линий—синергические. На рисунке показана только часть отношений. Звездочками помечены субкомпоненты и отношения, показавшие связь со способом обучения животных

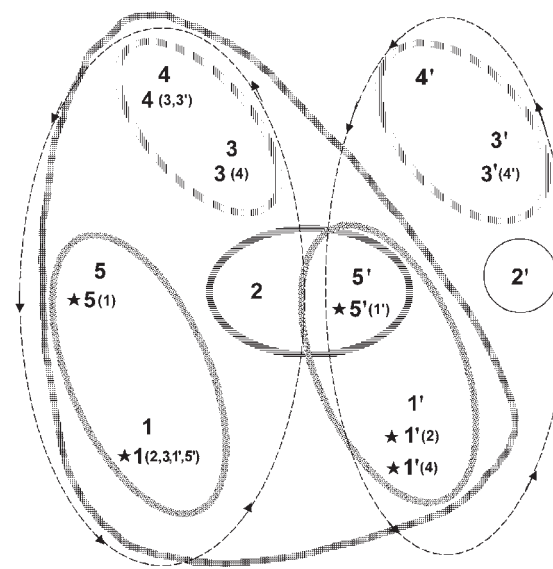


Рис. 22. Схема структуры индивидуального опыта кроликов, представляющая пересечение групп компонентов за счет специализации их субкомпонентов. Отношения всех типов на схеме не показаны (ср. рисунок 21). Все обозначения, как на рисунке 21

Таким образом, можно отметить градиенты снижения организованности¹ (или увеличения степени разнообразия и неупорядоченности) СИО: (1) от кормушек к педали, и (2) от педали, первой по порядку обучения, ко второй. Заметим, что в соответствии с этим рядом увеличивается время выполнения цикла (см. 10.2.1) Общая же тенденция состоит в том, что более высоким уровнем организованности обладают не те «области» структуры, которые сформированы раньше, а наименьшей—сформированные позже, а те, которые *проходят больше стадий формирования, формируются дольше.*

Компонентный состав СИО у животных, обученных разными способами, одинаков, но субкомпоненты, имеющие дополнительные специализации относительно актов, связанных с поведением у кормушки, имеют меньший объем (измеренный в количестве нейронов соответствующих дополнительных специализаций) при «дробном» обучении, примененном в группе III (помечены звездочками на рисунке 21).

¹ Оценка организованности—нормированная оценка энтропии (см. формулу /2/).

При рассмотрении различных типов отношений между компонентами СИО, часть из которых (отношения следования и синергии) может быть объяснена особенностями их суборганизации, оказывается, что все компоненты, даже «изолированные» по основанию общности субспециализаций (P2' и P3'–P4'), связаны в единую сеть (рисунок 21). Мы полагаем, что последовательная реализация компонентов, для которых в данном исследовании не было идентифицировано связывающих их отношений (рисунок 21, акты P4 и P5, P2 и P3'), обеспечивается более фундаментальным отношением следования, чем выявленное нами (см. акты P5 и P1, P3 и P4).

Отношения следования связывают компоненты, непосредственно следующие друг за другом в циклах, и компоненты, соответствующие последовательностям актов при совершении «проверочных» подходов к педалям и кормушкам, а также переходам от цикла к циклу. Этот результат представляется особенно важным, поскольку при исследовании активности специализаций нейронов и связей их активности в различных актах, использованы только те их характеристики, которые зарегистрированы в «правильном» дефинитивном поведении, но не при проверках эффективности педалей и кормушек и при смене циклов. Этот результат показывает, что **реконструированная структура описывает не только дефинитивное поведение, но и более широкий опыт поведения в экспериментальной клетке**. Это расширенное, не заложенное в начальные условия реконструкции представление свойств СИО, можно рассматривать как важный результат оценки гипотезы о сложной суборганизации групп специализированных нейронов.

В основе отношений следования, связывающих часть компонентов, реализующихся последовательно, лежат субкомпоненты, которые, судя по результатам многомерного шкалирования (см. 10.2.5.2.3) обладают сходством с субкомпонентами многих других компонентов, а это указывает на наиболее позднее их формирование. В пользу такого заключения говорит также небольшой объем этих компонентов (судя по количеству нейронов, обладающих соответствующими дополнительными специализациями).

Отношения оппонентности определяют демаркации между компонентами, которые преимущественно не просто относятся к разным циклам, но и специализированы по отношению к актам, связанным с поведением у кормушки и педали (см. рисунок 21, светлые стрелки). Эти группы компонентов занимают полярное положение на осях пространства 2 и 3 (см. рисунок 15). Можно предположить, что оппонентность между компонентами двух циклов является фактором непрерывности выполнения последовательности актов в циклах, затрудняя переходы к другому циклу из любого положения, внося неравноценность альтернативных путей продолжения поведения в ситуациях выбора. Отношения оппонентности показали наибольшую чувствительность к способу обучения животных: их количество минимально в III группе животных, в ко-

торой обучение построено с наибольшим количеством «разрывов» в обучении циклам поведения (см. рисунок 1). Поскольку этот тип отношений наиболее уязвим при «кусочном» формировании опыта, возможно, он имеет большое значение для обеспечения связности структуры.

Преимущественно синергическими отношениями связаны компоненты, которые принадлежат к одной и той же группе (см. рисунок 21), например, компоненты P3 и P4, P3' и P4', P1 и P5, P1' и P5'. В перечисленных случаях отношения синергии соответствуют отношениям следования, что может указывать на родство или некоторую дополнительную этих типов отношений. Однако синергические связи отмечены также и между компонентами, которые не входят в одну группу, например, между P1' и P2'. Такие связи (большинство которых не показано на рисунке 21, чтобы упростить его; например, P2 с P4' и P5', P5 и P5', P4' и P5') проявили связь со способом обучения животных. Такое различие свойств отношения синергии, проявляющееся в зависимости/независимости от способа обучения, позволяет предположить, что существуют два типа этих отношений.

Таким образом, структура индивидуального опыта представлена компонентами, отношениями между компонентами и группами компонентов. Компоненты обладают сложной суборганизацией, в них выделяются субкомпоненты. Каждый компонент реализуется как группа нейронов с общей основной специализацией, субкомпонентам соответствуют подгруппы нейронов, различающиеся дополнительными специализациями. Основная специализация, общая для всех подгрупп нейронов, соотносит компонент с определенным актом поведения, разнообразие субспециализаций соотносит данный компонент с другими компонентами, а следовательно, и с другими актами поведения. Поэтому можно заключить, что компонент шире акта поведения, которому он соответствует. Многообразие субспециализаций определяют отношения между компонентами. Так, выделены отношения следования, синергические и оппонентные, высказаны предположения об отношении генерации, а также инструментальной связи. Общности субспециализаций различных компонентов лежат в основе их объединения в группы. Описано два типа групп: объединяющих компоненты, последовательно актуализирующихся, или не связанных последовательностью реализации.

Отмечена связь состава субкомпонентов со способом обучения животных; отношения между компонентами, определяющиеся их дополнительными специализациями, также чувствительны к способу обучения. Отношение оппонентности показало более тесную связь с историей научения, чем синергические отношения, которые, по-видимому, представлены двумя группами, одна из которых более устойчива к способу научения, чем другая.

Таким образом, представление о суборганизации групп нейронов, в рамках которой подгруппы выделяются по дополнительным специализациям, дает

основания для объяснения взаимоотношений между компонентами СИО, представленными этими группами нейронов, характеристики этих групп соответствуют особенностям истории формирования структуры, связности СИО, объединению компонентов СИО в группы. Описание групп нейронов, лежащих в основе компонентов СИО, как обладающих только общей специализацией, не дает оснований для объяснения отношений между компонентами СИО, не характеризует компоненты в отношении истории формирования структуры опыта (способа научения). В остальном сравниваемые альтернативные представления о строении групп нейронов, выделенных по их специализациям и представленным ими компонентам СИО, эквивалентны. Однако установленные отличия дают основания для предпочтения гипотез (теоретической и исследовательских), которые предусматривают сложное строение групп нейронов, и отвержения альтернативных гипотез, согласно которым внутреннее строение групп гомогенно.

ГЛАВА 11

ОРГАНИЗАЦИЯ СТРУКТУРЫ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ЗНАНИЯ

Цель этой части 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. гл. 7), соотношения структуры графа игры с содержательными и временными характеристиками поведения, электрической активности мозга игроков в процессе стратегической игры (см. гл. 8), закономерностей актуализации составляющих структур индивидуального опыта у человека и животных (гл. 9), а также при анализе соответствия активности специализированных корковых нейронов и организации СИО у животных (см. гл. 10).

Гипотетические характеристики организации СИЗ

I. Ассоциативная и пропозициональная составляющие СИЗ (САС и СПС), которые выделяются при рассмотрении целостной структуры как семантической неоднородной сети, определенной на множестве компонентов синхроническими и диахроническими отношениями (см.: 3.2.3, 7.6.5, 8.3, Осипов, 1997), представляют собой относительно независимые образования. Независимость САС и СПС может проявиться в ортогональности всех или части факторов, описывающих строение СИЗ, а также во временных сдвигах между процессами их формирования.

Структурные составляющие СИЗ могут находиться в состояниях «покоя» или актуализации (см. 3.2.4, 9.2.4.1). Предполагается, что описания структуры и актуализации относительно независимы, несмотря на то, что свойства структурных составляющих выведены из их проявлений в характеристиках актуализации.

II. Гипотезы о происхождении и свойствах компонентов СИЗ выведены из более общих положений о процессах специализации нейронов как основе

формирования компонентов структуры индивидуального опыта, о рекрутизации этих нейронов из набора преспециализированных клеток, из представления об ограниченности ресурса этих клеток (см.: Александров, 2004а, 2004б; Швырков, 1995, а также гл. 5).

II.1. В основе СИЗ лежат два типа компонентов. Одному из них в описании графа игры соответствуют вершины, представляющие акты игры. Множество таких вершин, идентичных по начальной позиции и по ее преобразованию игроком, а различающихся по позиции, созданной ответным действием противника, представляет «компоненту связности графа» (см. гл. 7.6.2, 7.6.4.2, рисунок 10). Формально такая группа вершин может быть описана как результат «расщепления» вершины, являющейся более общей единицей структуры графа (Евстигнеев, Касьянов, 1999, с. 181). Такой группе предположительно можно поставить в соответствие **протокомпонент** СИЗ, а «расщеплению вершины» — процесс дифференциации протокомпонента в **компоненты** СИЗ. Процедуры идентификации компонентов СИЗ этих типов см. в 11.1.3.1. Протокомпонент может быть определен как множество нейронов, обладающих общей преспециализацией, а компоненты, дифференцированные из протокомпонента — как подмножества клеток со сформированными специализациями.

II.2. Образование протокомпонентов и их дифференциация в компоненты СИЗ при приобретении компетенции описывается сходными закономерностями в силу ограниченности нейрогенетического ресурса. Ресурс формирования протокомпонентов и компонентов СИЗ снижается как в возрастном ряду, так и по мере его расходования при формировании СИЗ. Поскольку ограниченность ресурса увеличивается с возрастом, то скорость формирования протокомпонентов должна снижаться в возрастном ряду. Можно предположить, что возможности дифференциации протокомпонентов принципиально ограничены, а количество компонентов СИЗ, на которые может дифференцироваться протокомпонент, изменяется с возрастом.

Характеристики процессов порождения протокомпонентов и их дифференциации могут проявляться в особенностях формы кривых, описывающих процесс формирования их наборов. Анализ формы кривых, разработанный для исследования процессов преобразования исходных продуктов в конечный через образование промежуточных продуктов, включая процессы клеточного роста и динамику популяций клеток, может быть использован в качестве образца (Варфоломеев, Гуревич, 1999). На кривых могут быть выделены характерные участки, соответствующие нарастанию, снижению и постоянству концентраций. Последовательность этих участков, временные сдвиги между кривыми, описывающими скорость образования продуктов, могут быть использованы как показатели положения этих продуктов в цепи преобразований, взаимодействия между ними и их свойств. Для проведения такого анализа важны оценки скорости на начальных интервалах (для выделения стадии индукции процесса),

характер изменения скорости процесса и условия выхода на плато. Эти параметры интегральных кинетических кривых характерны и для кривых научения. Можно предположить, что по соотношению характеристик кривых, описывающих формирование протокомпонентов, компонентов, а также групп компонентов можно установить некоторые свойства этих составляющих СИЗ и их взаимодействий.

Для составляющих СИЗ, формирующихся на более ранних этапах, которые представляют собой исходный материал для дальнейших преобразований, должны быть характерны кривые с монотонным ростом, с мало выраженным или отсутствующим начальным плоским участком (который служит показателем этапа индукции процесса преобразования). Составляющим СИЗ, которые формируются на более поздних этапах с образованием промежуточных продуктов, должны соответствовать кривые с более выраженными и более длительными участками плоского начала кривой. Можно предположить, что если дифференциация протокомпонентов в компоненты СИЗ протекает с образованием промежуточных продуктов, то на кривых, описывающих формирование компонентов СИЗ, признаки индукции процесса (например, степень S-образности кривой) могут быть выражены больше, чем на кривых, описывающих формирование протокомпонентов СИЗ.

III. Компоненты СИЗ связаны отношениями, которые могут быть разделены на диахронические и синхронические, связывающие их в СПС и в САС¹. Эти группы отношений различаются по связи с разными видами групп компонентов — стратегиями (8.2.5.3) и доменами (8.2.5.1), по характеристикам динамики их формирования, по связям с индивидуально-психологическими характеристиками.

Исходя из обоснованного в главе 10 положения, согласно которому в основе отношений между компонентами лежат особенности их суборганизации, а актуалгенетическое формирование суборганизации требует временных затрат, можно предположить, что формирование отношений разного типа должно описываться кривыми различной формы, причем для отношений, которые в разных возрастных группах аппроксимируются различающимися кривыми, меньшая скорость формирования и плоский начальный интервал² характерны для младших возрастных групп. В этом предполагаемом соотношении могут проявиться большие временные затраты на порождение суборганизации компонентов, необходимой для вступления компонента в соответствующий тип отношений.

Можно предположить, что процессы формирования СПС и САС и их составляющих аппроксимируются кривыми различной формы. Составляющие

¹ Семантическая пропозициональная и ассоциативная сети (см. 3.2.3, 8.3).

² Соответствующий стадии «индукции», (см.: Варфоломеев, Гуревич, 1999, с. 17).

той формы организации СИЗ, которая образуется с *запаздыванием* относительно другой (см. гипотезу о временном сдвиге между формированием САС и СПС в 9.0, п. I), должны описываться кривыми с большей выраженностью плоских начальных участков. Наборы индивидуально-психологических характеристик, с которыми связаны дескрипторы САС и СПС, различны (т.е. могут пересекаться лишь частично).

IV. Для СИЗ в разных возрастных группах существуют характерные особенности соотношения различных составляющих. На основании этих соотношений могут быть выделены типы организации СИЗ, обладающие возрастной специфичностью. В начале формирования СИЗ в разных возрастных группах принадлежит к одному общему (прото)типу, а затем этот прототип дивергирует на типы, все более специфичные для возрастных групп, так что в целом все множество траекторий представляет собой эволюционное дерево.

Этой гипотезе (о *монофилии* происхождения СИЗ различного типа, см. 1.1) противостоят такие соотношения траекторий, при котором они: (1) не имеют единого общего корня (*полифилия* формирования СИЗ, для разных возрастных групп не существует единого прототипа организации СИЗ), (2) не имеют общих точек ни на одном из этапов развития, или (3) из различных начальных состояний конвергируют к единому состоянию (или к нескольким состояниям).

Порядок дивергенции ветвей дерева должен соответствовать упорядоченности возрастных групп, например, точка бифуркации траекторий формирования типов СИЗ для групп 8-летних и 13-летних детей не может предшествовать точке бифуркации траекторий для групп 6-ти и 13-летнего возраста. Заметим, что в рамках этой гипотезы некоторые точки бифуркации запрещены, например, специфическая точка расхождения траекторий 6-летних детей и 20-летних взрослых.

Гипотезе об упорядоченном соотношении точек бифуркации и возраста групп испытуемых соответствует предположение о том, что объем изменений в организации СИЗ при расхождении траекторий градуально снижается по мере удаления от корня дерева.

V. Время выбора хода, как интегральный показатель поведения, должно соответствовать широкому спектру условий ситуации формирования СИЗ: индивидуальным особенностям игрока (пол, возраст), ситуации игры — характеристикам партнера (пол), игре крестиками или ноликами, выигрышу или проигрышу, временным фазам конкретной игры и приобретения компетенции, наконец, типу СИЗ (см., п. IV), свойствам структуры, сформировавшейся к каждому данному реализующемуся акту игры — общему количеству компонентов СИЗ, отношений и групп компонентов (стратегий и доменов), а также характеристикам подмножества компонентов СИЗ, актуализированного в данном акте игры, отношений между ними, и групп этих компонентов.

11.1. МЕТОДИКА

11.1.1. УЧАСТНИКИ ИССЛЕДОВАНИЯ

В опытах принимали участие 287 человек девяти возрастных групп (см. таблицу 1). I–VI группы составили учащиеся 1-го–11-го классов двух московских школ, VII и часть VIII — студенты московских вузов, часть VIII и IX — преимущественно сотрудники научно-исследовательских институтов.

Для сопоставления характеристик СИЗ у испытуемых разного возраста использовали два варианта разбиения выборки на группы, обозначенные в таблице 1 римскими цифрами (I–IX и I', II'... VII'). Группу IX из-за ее малочисленности в некоторых случаях исключали из анализа (эти случаи оговариваются). Для решения различных задач исследования использовали только некоторые группы испытуемых. Например, решать задачи Ж. Пиаже предлагали испытуемым I–IV групп.

Таблица 1
Характеристики возрастных групп участников исследования

Группы		Возраст			Количество	Пол	
		минимум	медиана	максимум		Жен.	Муж.
I	I'	6.5	7.0	7.8	18	7	11
II	II'	7.9	8.8	9.4	21	5	16
III	III'	9.7	10.1	10.3	22	9	13
IV		12.2	12.7	13.6	20	10	10
V	IV'	14.3	16.1	16.8	51	9	42
VI	V'	16.9	17.4	18.7	52	14	38
VII	VI'	18.8	19.0	20.3	45	28	17
VIII	VII'	21.5	22.0	27.5	52	23	29
IX		33.5	40.2	59.5	6	2	4

11.1.2. ПРОЦЕДУРА ИССЛЕДОВАНИЯ

Участникам исследования предлагали освоить игру в «крестики и нолики» на поле 15×15 в компьютерном варианте: два партнера играли друг с другом, используя два устройства «мышь», при этом ход игры в графической форме отображался на дисплее. При инструктировании всем испытуемым демонстрировали пример игры на экране. Пять человек играли с компьютером. 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. У одного человека в 99 играх было зарегистрировано 1456 ходов (но в матрицу были включены только первые 300).

В процессе игры регистрировали координаты каждого хода на игровом поле и время, затраченное на выбор хода каждым игроком. Все участники исследования отрицали регулярный опыт игры в крестики-нолики на поле 15×15, шашки и шахматы. Лишь один из игроков обладал высокой компетенцией в стратегических играх (группа VIII), являясь кандидатом в мастера спорта по шахматам.

11.1.3. РЕКОНСТРУКЦИЯ СИЗ

Использовали специально разработанные алгоритмы, которые позволяли перечислить компоненты СИЗ, описать отношения между ними, группы компонентов, а также охарактеризовать наборы актуализирующихся компонентов СИЗ. Основания процедур анализа игры и реконструкции СИЗ см. подробно в гл. 7, 8, 9. Состав компонентов, отношений между ними и групп компонентов оценивали для каждого акта игры на протяжении всего контролируемого интервала формирования компетенции.

11.1.3.1. О компонентном составе СИЗ судили по репертуару актов игры — единиц анализа поведения игрока (см. 8.2.1 и 8.2.2). Индивидуальные протоколы актов игры для каждого игрока получали в результате анализа координат последовательных ходов игрока и его оппонента на игровом поле. *Акт игры* выделяли как интервал между двумя последовательными ходами оппонента. Описание акта игры было основано на формальной оценке трех ситуаций на игровом поле: после 1) первого хода оппонента, 2) собственного хода игрока, 3) ответного хода оппонента. Для каждой ситуации определяли количество цепочек из 2, 3, 4 и 5 знаков у игрока и оппонента, которые можно было бы построить на следующем шаге игры, если не учитывать ответные действия оппонента. Акты игры с одинаковыми оценками трех ситуаций приписывали к определенному типу (см. подробно 7.6.2). Перечисление актов игры всех типов, включенных в репертуар игрока, рассматривали как *каталог компонентов СИЗ, представляющих акты игры (КАИ)*. Перечислению актов

игры, имеющих одинаковые оценки только по двум ситуациям на игровом поле (после первого хода оппонента и после собственного хода), соответствует *каталог компонентов, представляющих группы типов актов (КГА)*, не связанных с ситуацией, которая создается в результате ответного хода оппонента; формирование этих групп описано как «*расщепление вершины*» графа игры (см. 7.6.2, 7.6.4.2, рисунок 10). Оценивали количество компонентов СИЗ, составляющих каталоги, для КАИ и КГА. Определяли акты игры, в которых впервые актуализировались новые компоненты СИЗ.

11.1.3.2. Отношения между компонентами СИЗ были разделены на два класса: *диахронические*, которые связывают компоненты СИЗ по порядку их актуализации, и *синхронические*, которые связывают группы одновременно актуализирующихся компонентов СИЗ независимо от расстояния между ними на дереве игры и порядка их реализации при решении игровых задач.

Диахронические отношения. В этот класс включены отношения следования, которым ставили в соответствие дуги ориентированного графа (см. 7.6.4.5, 8.2.5.2). Для каждого конкретного акта игры определяли количество исходящих дуг (отношения следования, связывающие данный компонент с другими, актуализация которых возможна в следующем акте игры) и входящих дуг (отношения следования, которые связывают этот компонент с теми компонентами, актуализация которых происходила на протяжении предшествующего акта игры). Для каждой пары актов, связанных отношением следования, оценивали количество реализаций данного отношения на протяжении всех актов игры, совершенных игроком, и вероятность его реализации в соотношении с частотами переходов от данного акта игры к другим актам. Для каждого акта игры оценивали количество входящих и исходящих дуг; для распределений вероятностей реализаций переходов давали энтропийные оценки (раздельно для входящих и исходящих дуг):

$$H = -\sum_{i=1}^k p_i \log_2 p_i, \quad /1/$$

где H — энтропия, p_i — вероятность реализации i -й дуги, k — количество дуг (входящих или исходящих).

Оценивали количество отношений следования, связывающих реализацию актов игры в последовательности, представленные на орграфе «компонентами связности» (см. 7.6.4.2) — циклами (маршрутами, проходящими через некоторые вершины повторно). Количество простейших циклов — петель (в этом случае дуга возвращается к той же вершине графа, откуда она исходит, см. 7.6.4) оценивали отдельно.

В класс синхронических включены отношения AND, IOR и XOR (подробные определения этих отношений, описание свойств и способы их идентификации даны в 7.6.4.3, таблица 4). Оценивали количество пар компонентов

СИЗ, представляющих акты игры (КАИ), связанных отношениями каждого типа.

11.1.3.3. Характеристики *групп компонентов СИЗ* оценивали на основании отношений между этими компонентами. По повторяющимся реализациям определенных последовательностей актов игры, связанных отношениями следования, судили о количестве и компонентном составе *стратегий*, составляющих репертуар игрока и представляющих собой группы базовых компонентов, актуализирующихся как единое целое (см. 8.2.5.3). Исходя из предположения о различии отношений следования, проявляющихся в линейных маршрутах на графе (см. 7.6.4) или в циклах, стратегии разделяли на два типа: *линейные* (не включающие циклы) и *циклические* (включающие циклы), причем среди циклических выделяли стратегии, содержащие простейшие циклы — петли (см. 7.6.4.1). Для каждого типа стратегий оценивали их общее количество, длину (число компонентов без учета повторяющихся компонентов для циклических стратегий) и разнообразие типов компонентов, включенных в стратегию (учитывая повторяющиеся в циклах типы компонентов).

На множестве компонентов СИЗ, представляющих акты игры (КАИ), выделяли группы, связанные, по крайней мере, одним из синхронических отношений, AND, IOR или XOR, — домены (см. подробнее 4.3.3.2; 7.6.4.4; 8.2.5.1). Оценивали количество доменов, количество компонентов СИЗ, составляющих домены. Поскольку компоненты СИЗ, входящие в домен, могут связывать отношения всех трех типов (AND, IOR и XOR), домены описывали как пересекающиеся множества компонентов — субдомены (см. 7.6.4.3, рисунки 16 и 17; 8.2.5.1). Оценивали количество и объем пересекающихся субдоменов, на которые отношения AND, XOR и IOR разделяли домен, а также количество и объем более дробных, чем субдомены, образующихся при этом подмножеств компонентов СИЗ.

В качестве меры сложности организации доменов использовали энтропию (см. 11.1.3.2, уравнение /1/), где для данной оценки p_i — вероятность принадлежности компонентов к i -му подмножеству, а k — количество подмножеств компонентов, на которые домен подразделен за счет пересечения субдоменов (см. рисунки 16 и 17 в 7.6.4.3).

Для каждого домена давали оценку количества компонентов, связанных отношениями каждого типа (см. 7.6.4.3, таблица 4).

Для каждого приведенного параметра вычисляли максимальное значение и значение третьего квартиля.

Определяли количество компонентов СИЗ, представляющих акты игры (КАИ), которые были включены или не включены в домены.

11.1.3.4. Характеристики актуализированной совокупности компонентов СИЗ описывали на основе результатов анализа строения информационного множества и ветвления графа игры (см. 7.6.4), изучения актуализации компо-

нентов СИЗ в ситуации выбора акта игры (см. 8.2.3., 8.2.4, 8.2.5), исследования соотношения уровней актуализации групп компонентов СИЗ, обеспечивающих развитие альтернативных вариантов поведения, а также закономерностей изменения состава актуализированных совокупностей компонентов СИО/СИЗ на протяжении реализации поведенческого акта (см. 9.3). Для интервалов между ходами игрока и противника (см. 9.3, рисунок 17, интервал А), после хода противника (интервал В), при совершении игроком собственного хода (интервал С) рассчитывали:

1. Количество актуализированных компонентов СИЗ, представляющих акты игры, между которыми совершается выбор.
2. Энтропию распределения уровней актуализации компонентов в этом наборе; в качестве показателя уровня актуализации компонента использовали вероятность выбора акта, соответствующего данному компоненту в ранее сыгранных данным игроком играх. Энтропию вычисляли по формуле /1/ на основе оценок вероятности для каждого набора компонентов.
3. Количество актуализированных стратегий, компонентов СИЗ, составляющих эти стратегии, характеристики распределения длины актуализированных стратегий, а также количество компонентов, включенных в стратегии.
4. Используя распределение вероятностей реализации стратегий в ранее сыгранных играх, оценивали энтропию распределения актуализированных стратегий, а также компонентов, их составляющих, аналогично оценке энтропии распределения актуализированных компонентов (см. 11.1.3.2).
5. Частоту актуализации компонентов СИЗ, представляющих акты игры, между которыми совершается выбор, стратегий и компонентов, составляющих эти стратегии, на протяжении всех игр, сыгранных данным игроком.
6. Количество компонентов, составляющих группы типов актов (КАИ, см. 11.1.3.1), входящих в набор компонентов СИЗ, представляющих акты игры, между которыми совершается выбор.
7. Количество отношений AND и XOR, связывающих актуализированные компоненты СИЗ.
8. Характеристики стратегий, отобранных в процессе принятия решения и отвергнутых, их количество, длину, частоту использования в предшествующих играх, количество отношений AND и XOR между компонентами СИЗ, составляющими отобранные и отвергнутые стратегии.
9. Для компонента СИЗ, представляющего реализующийся акт игры, оценивали характеристики *домена* (см. 11.1.3.2, 11.1.3.3), в который

включен данный компонент — количество компонентов СИЗ, составляющих этот домен, количество *субдоменов*, на который он подразделяется, количество субдоменов, в *пересечение* которых входит данный компонент СИЗ, а также количество других компонентов СИЗ, включенных вместе с ним в это пересечение.

11.1.3.5. Построение траекторий формирования СИЗ. Предполагали, что, используя разнообразие соотношений характеристик СИЗ, которые достигаются к завершению контролируемого интервала формирования компетенции в игре (300 актов), можно выделить различные типы СИЗ, а затем определить наиболее вероятных предшественников для каждого типа. Последовательно смещаясь от поздних стадий формирования СИЗ к начальным, можно описать процесс формирования различных типов СИЗ в терминах траекторий, их ветвления, общности происхождения. Алгоритм строился так, чтобы он не предопределял количество траекторий, их ветвления и пересечения, а также существование единого корня или множественных корней реконструируемой структуры, ее свойств сети или дерева (см. 7.6.3, 7.6.4).

Алгоритм решения этой задачи включал следующие процедуры:

1. Множество векторов, каждый из которых включал 59 переменных (характеристики наборов компонентов, см. разд. 11.1.3.1; отношений между компонентами, диахронических и синхронических, см. разд. 11.1.3.2; групп компонентов, см. разд. 11.1.3.3), описывающих СИЗ в последовательных актах игры (с 1-го по 300-й акт) — *зависимые переменные*, разбивали по соответствию возрастным группам — *независимым переменным*, используя дискриминантный анализ. В результате этой процедуры получали матрицу координат центроидов размерностью (N возрастных групп * M дискриминантных функций, где для данного случая $M = N - 1$), а также M переменных, представляющих координаты каждого вектора в пространстве, определенном вычисленными дискриминантными функциями. Таким образом, размерность описания СИЗ была снижена. Исходные векторы, содержащие 58 дескрипторов, были заменены векторами из $N - 1$ переменных; этот сокращенный набор переменных представляет соотношение исходных характеристик СИЗ для каждого акта игры в свернутом виде.

2. Для кластеризации векторов использовали метод K средних. Эпоху анализа (300 актов игры) разделили на 15 интервалов по 20 актов. В качестве переменных использовали $N - 1$ координат объектов в пространстве дискриминантных функций. Последовательно классифицировали значения переменных для каждого из 15 интервалов по 287 испытуемым. Количество классов, на которое разбивали массив данных, задавали в соответствии с количеством возрастных групп: либо 9 (группы I–IX), либо 7 (группы I–VII) (см. таблицу 1).

Итеративная процедура классификации начиналась с последнего, 15-го интервала. Координаты центроидов, полученные в результате дискриминант-

ного анализа, использовали как начальные центры для первого шага процедуры классификации векторов. Вычисленные на n -ном шаге классификации координаты центров кластеров использовались как начальные значения центров на следующем шаге классификации для $k - 1$ интервала. Принадлежность каждого вектора к определенному классу фиксировали в переменных.

Поскольку в реализованной процедуре алгоритм метода K средних начинает классификацию не со случайно выбранных кластеров, а с результата предшествующей кластеризации, и перемещает объекты из одних кластеров в другие, чтобы достичь наиболее значимого результата дисперсионного анализа (ANOVA), а вычисленные при этом координаты центров кластеров будут использованы для следующего шага анализа, процедура в целом оказывается итеративной и адаптивной. Учитывая направление последовательности итеративных шагов от завершающих стадий приобретения компетенции к начальным, можно обозначить алгоритм как «*ретроитеративную рекурсивную кластерную классификацию*».

Таким образом, номер кластера представляет собой характеристику СИЗ, соответствующую данному акту игры в значениях номинальной шкалы, причем алгоритм передает имя (номер) кластера, выделенный на данном интервале, кластеру, наиболее сходному с ним при классификации объектов на следующем интервале. Содержание кластеров может изменяться при последовательных итерациях, но ряды одноименных кластеров представляют последовательности преобразования предковых форм в дочерние.

3. На каждом из 15 интервалов, на которые разделяли процесс формирования СИЗ, для каждой возрастной группы¹, сравнивали распределение частот встречаемости выделенных кластеров. Оценивали изменения распределения различных кластеров на протяжении формирования СИЗ для каждой возрастной группы. Соединяя центры распределений на последовательных временных интервалах для каждой возрастной группы и учитывая значимость различий распределений, описывали конфигурацию, ветвление и пересечения траекторий формирования СИЗ.

11.1.4. ОЦЕНКА ВРЕМЕННЫХ ИНТЕРВАЛОВ

11.1.4.1. Время выбора хода игрока (ВВХ) оценивали как интервал между нажатием кнопки мыши при постановке знака оппонентом и нажатием кнопки игроком с точностью до 10 мс. Значения ВВХ меньше 500 мс и больше

¹ Для анализа результатов применения данного алгоритма использовали также разбиение эпохи анализа на 30 интервалов по 10 актов игры.

28000 мс исключали из анализа. Распределение значений ВВХ, попавших в эти границы, приводили к нормальному виду, используя процедуру аппроксимации нормального распределения, предложенную Тьюки: значения переменных пересчитываются по формуле

$$(r - 1/3)/(w + 1/3),$$

где r — ранг, а w — сумма весов значений (статистический пакет SPSS).

11.1.4.2. Интервалы большей длительности, чем ВВХ, оценивали в количестве совершенных актов игры (в единицах порядковой шкалы).

11.1.5. ИНДИВИДУАЛЬНО-ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ¹

11.1.5.1. У детей I–IV (I' –III') возрастных групп оценивали уровень развития интеллекта, используя задачи Ж. Пиаже (Пиаже, 1969): 1) сохранение массы, веса и объема, 3×3 задания; 2) включение классов, 2×2 задания; 3) мультипликативная классификация, 2×2 задания; 4) вербальная классификация, 13 заданий; 5) включение дополнительных классов, 6 заданий; 6) мультипликация отношений (сериация по двум признакам), 2×2 задания. После выполнения в каждом случае испытуемый давал объяснение предложенному решению. Правильно выполненное задание и объяснение оценивали двумя баллами. Частично правильный ответ или объяснение оценивали в 1 балл. Ошибочным ответам и объяснениям приписывали значение «ноль баллов». Для сопоставимости оценок правильности ответов отдельных тестов полученные баллы нормировали по количеству заданий, входивших в тест.

11.1.5.2. Для оценки импульсивности—рефлексивности применяли методики «Сравнение похожих рисунков» (для групп III–IX) (Холодная, 2002д; Kagan, 1966) и TE-NA-ZO² (для групп I–II), (Mulner, Pufflerova, Czurma, 1984). Испытуемым предъявляли изображение-эталон. От испытуемого требовалось найти рисунок, идентичный эталону в наборе из шести рисунков, пять из которых отличались от эталона по одному признаку.

Регистрировали время первого ответа и количество ошибочных идентификаций. По комбинации этих показателей рассчитывали характеристики импульсивности—рефлексивности, а также эффективности решений. Испы-

туемые, сделавшие ошибок меньше количества, характерного для данного возраста и пола, но затратившие больше времени на обдумывание («медленные и точные»), относились к группе рефлексивных. Испытуемые, сделавшие ошибок больше возрастной/половой нормы и затратившие на обдумывание меньше времени («быстрые и неточные»), относились к группе импульсивных.

Поскольку для рассмотренной выборки была установлена тесная связь между количеством ошибочных распознаваний и временем первого ответа ($R_s = -0.655$, $\rho = 9.99 \cdot 10^{-7}$, см. подробнее в: Максимова, Александров и др., 2001, а также: Холодная, 2002в, с. 299), существование такой зависимости дает основание для отдельного использования оценок ошибок и времени.

11.1.5.3. Для оценки полнезависимости (полезависимости) использован тест ЕФТ, разработанный Г. Уиткиным (Witkin, Dyk, Faterson, 1974), который характеризует степень зависимости — независимости решений испытуемого от контекстной по отношению к стимулу информации. ЕФТ может рассматриваться как возрастной и индивидуальный показатель интеллектуальной зрелости. Оценки по ЕФТ связаны с показателями аналитичности и интегрированности восприятия, уровнем развития вербального и невербального интеллекта, со сформированностью социального поведения. Применяли детский и подростковый варианты теста. Испытуемым предъявляли набор картинок, содержащих эталонную фигуру, включенную в различные формы. Они должны были быстро и правильно обнаружить ее на предъявляемой картинке. Оценивали количество правильных решений. Чем больше величина показателя, тем больше выраженность способности к полнезависимости (Холодная, 2002д; Witkin, Dyk, Faterson, 1974).

11.1.5.4. Уровень общего интеллекта у испытуемых разных возрастных групп оценивали, используя родственные тесты, шкалы которых аналогичны.

Для группы I (1–2 классы) использовали тест МЭДИС, адаптированный вариант мюнхенского теста KFT (Heller, Geisler. Kognitiver Puhigkeits Test fuer 1 bis 3 klassen (KFT 1-3). 1983. Weinheim: Belts) (Щебланова и др., 1995), для групп II–III (3–4 классы) — тест ГИТ (словацкий тест Дж. Ваны, адаптация К.М. Гуревича, М.К. Акимовой, Е.М. Борисовой, В.Т. Козловой, Г.П. Логиновой; Гуревич и др., 1993а), для учащихся 7-го класса (группа IV и часть группы V) — тест ШТУР-2 (Школьный тест умственного развития: Акимова и др., 1996), для испытуемых 16 лет и старше применяли тест Р. Амтхауера (WAIS) в адаптации К.М. Гуревича с сотрудниками (Гуревич и др., 1993б). Сбор данных и их обработку проводили стандартными способами. Для уравнивания значений оценок в разных возрастных группах применили Z-преобразование. Этот прием не позволяет проводить сравнение абсолютных величин оценок в разных возрастных группах, но дает возможность оценки корреляционных связей этих оценок с другими переменными, преобразованными таким же образом.

¹ В этой части исследования принимали участие Е.В. Филиппова, И.В. Тихомирова, М.В. Коломеец, А.А. Молоткова, Л.Ф. Фомичева.

² Тест стандартизован, имеются нормативные возрастные показатели импульсивности—рефлексивности и эффективности решения.

11.1.5.5. У 96 участников исследования возрастных групп IV'—VII' (18 лиц женского пола, 78 — мужского) оценивали характеристики социального интеллекта по адаптированному тесту Дж. Гилфорда и М. Салливена (Михайлова, 1996).

11.1.6. ОРГАНИЗАЦИЯ ДАННЫХ

Результаты измерений и реконструкции СИЗ организовывали в две матрицы. Первая из них (*большая матрица*, БМ) содержала описание СИЗ и служебную информацию для 287 игроков на 300 последовательных ходах во всех сыгранных ими играх. Строки этой матрицы представляли для каждого игрока все дескрипторы СИЗ для всех последовательно совершенных им актов игры (1÷300) с соответствующими идентификаторами: индекс игрока, его пол, возраст, характеристики партнера, номер игры и хода, характеристики игры (игра крестиками/ноликами, выигрыш/проигрыш), метки первого появления акта игры нового типа, новой стратегии, а также результаты оценок индивидуально-психологических характеристик. Эту матрицу использовали для анализа процесса формирования СИЗ на протяжении контролируемого приобретения компетенции.

Каждая строка второй матрицы (*малая матрица*, ММ) содержала сведения по одному испытуемому: служебную информацию, индивидуально-психологические характеристики, а также все дескрипторы СИЗ, сформированной за 260 актов игры. Переменные этой матрицы рассчитывали как медианные значения дескрипторов БМ на интервале между 245 и 275 актами игры. Эту матрицу использовали для анализа характеристик СИЗ, которые достигаются в результате приобретения компетенции.

11.1.7. КРИВЫЕ НАУЧЕНИЯ

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

$$Y = b * N^c + e^{(d + \frac{f}{N})} \quad /2/$$

где Y — моделируемый параметр, N — время, оцененное в совершенных актах игры (см. 11.1.4.2), e — основание натуральных логарифмов. Коэффициенты b , c , d , f вычисляли при помощи процедуры нелинейной регрессии (пакет SPSS). Две составляющие этого уравнения описывают кривую научения при помощи двух функций — степенной ($b * N^c$) и S-образной ($e^{(d + f/N)}$). Эти

функции позволяют достаточно хорошо аппроксимировать кривые научения (см.: Зотин, Преснов, 1982; Новиков, 1998, а также 4.3.4: «Кривые научения»). При использовании комбинации этих функций соотношение рассчитанных коэффициентов указывает на вклад степенной и S-образной составляющих в форму кривой научения. Эти приемы позволяют выделить также два различающихся варианта вклада S-образной функции в форму комбинированных кривых. Первый из них — уплощенная начальная ветвь, второй — следующий за ней быстро нарастающий участок S-образной кривой.

Для оценки качества аппроксимации использовали коэффициент детерминации R^2 (квадрат коэффициента корреляции между эмпирическими и смоделированными значениями, показывающий долю объясненной дисперсии), результаты ANOVA. При моделировании каждого параметра сравнивали качество аппроксимаций, полученных при использовании только степенной, только S-образной составляющих уравнения, а также их комбинации. Для сравнения моделей использовали величины 95% доверительного интервала для каждого коэффициента уравнений. Также сравнивали остатки для сопоставляемых моделей при помощи критерия знаков.

При оценке качества моделей учитывали степень постоянства дисперсии моделируемой величины и остатков на протяжении эпохи анализа (гетероскедастичность). Для достижения гомоскедастичности в некоторых случаях использовали логарифм моделируемой величины.

Для оценки формы кривых научения строили графики первой и второй производных функций, полученных в результате моделирования.

11.1.8. СТАТИСТИЧЕСКИЕ ПРОЦЕДУРЫ И КРИТЕРИИ

Использовали:

- 1) факторный анализ (метод главных компонент с последующим ко-соугольным вращением EQUAMAX и/или PROMAX(4));
- 2) линейный множественный регрессионный анализ;
- 3) нелинейный множественный регрессионный анализ (см. 11.1.7);
- 4) дисперсионный анализ (ANOVA);
- 5) кластерный анализ (метод К-средних);
- 5) дискриминантный анализ;
- 6) рассчитывали коэффициенты парной корреляции Спирмена R_s , частные корреляции с коррекцией на влияния возраста и других переменных, функции кросскорреляции (ФК);
- 7) непараметрические процедуры — тесты Крускала-Уоллеса, Джонкхира-Терпстра, точный критерий Фишера, медианный тест, критерий

согласия Пирсона χ^2 , критерий знаков. Для оценки отклонения распределений от нормального применяли критерий Колмогорова-Смирнова, для нормализации — процедуру Тьюки (см. 11.1.4).

Гипотезу H_0 отвергали при $p \leq .05$.

11.2. РЕЗУЛЬТАТЫ

11.2.1. ОБЩАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ СИЗ

11.2.1.1. Соотношение дескрипторов структуры

и актуализации, ассоциативной

и пропозициональной семантических сетей

Для того чтобы определить соотношение описаний структурных составляющих СИЗ и их актуализации, различия вовлечения составляющих структуры СИЗ различного типа в процесс актуализации, особенности этого процесса на разных стадиях реализации акта игры, использовали факторный анализ. Анализировали три массива переменных, характеризующих состояние СИЗ, сформированной за 260 ходов для 287 участников исследования (малая матрица, см.: Методика, 11.1.6). Распределения всех переменных приближали к нормальному, используя процедуру нормализации Тьюки (см. 11.1.4.1), для оценки нормальности использовали критерий Колмогорова-Смирнова. Первый массив (**AS**) включал 72 дескриптора структурных составляющих СИЗ и их актуализации, второй (**A**) — дескрипторы актуализации (53), третий (**S**) — только дескрипторы структуры (19). Использовали метод главных компонент с последующим косоугольным вращением PROMAX (4).

Исходные матрицы пригодны для проведения факторного анализа: их детерминанты положительны, критерий Кайзера-Мелькина-Олькина $.849 < \text{КМО} < .904$; значения критерия Бартлетта указывают на достоверное отклонение от сферичности ($\chi^2 = 32780.9$, $df = 2556$; $\chi^2 = 21685.7$, $df = 861$; $\chi^2 = 10255.5$, $df = 435$; $p = 0$ для всех матриц). Переменные считали связанными с фактором при нагрузке большей, чем $.749$.

Результаты анализа трех матриц представлены в таблице 2. Для матрицы **AS** выделено 13 факторов, для 7 из которых наибольшие нагрузки имели

дескрипторы актуализации, а для шести — дескрипторы структуры. Одна переменная (актуализация стратегий) дала высокие нагрузки ($.789$ и $.712$) на два фактора (**AS1** и **ASV**), характеризующих актуализацию. Высокой нагрузки на факторы, описывающие актуализацию и структуру, не отмечено ни для одного дескриптора. В шести случаях высокая нагрузка на фактор одной группы сочеталась с нагрузкой в диапазоне $.608 \div .671$ на фактор другой группы. Доля объясненной дисперсии для всех факторов, описывающих актуализацию, составила 61.34%, а описывающих структуру — 21.45%.

При факторизации матриц **A** и **S** было выделено соответственно 8 и 6 факторов, которые по составу дескрипторов, давших на них максимальные нагрузки, оказались весьма сходными с факторами, полученными при анализе матрицы **AS**. Важно, что «переходов» дескрипторов из одних факторов в другие (кроме одной из характеристик актуализации стратегий, см. фактор **AVI***, табл. 2) не отмечено. При этом положение аналогичных факторов в матрицах **A** и **S** оказалось несколько различным: фактор **ASII** расщепился на факторы **AII** и **AVI**; факторы **AIV** и **AV**, соответствующие факторам **ASVI** и **ASVII**, изменили порядок; фактор **SIV** соответствует фактору **ASXIII**, объясняет меньшую долю дисперсии, чем факторы **SV** и **SVI**, и поэтому смещен на две позиции, располагаясь после них (см. таблицу 2).

Величины коэффициентов корреляции (Спирмена) между факторами, выделенными при анализе матрицы **AS**, и аналогичными факторами для матриц **A** и **S**, показывают их весьма высокую степень сходства. Относительное снижение сходства отмечено для случая «расщепленного» фактора **ASII** (для **AII** $R_s = .739$, для **AVI** $R_s = .899$), а также для факторов с низким весом (например, для **ASXIII** и **SIV** $R_s = .683$). Однако, даже учитывая эти случаи, величины корреляций между аналогичными факторами достоверно выше, чем между неаналогичными (сравнение ближайших по величине корреляций из сравниваемых групп при помощи z -преобразования Фишера, критическое значение $t_{.05} = 1.645$; эмпирическое значение $t = 1.725$). После применения косоугольного вращения корреляции между некоторыми факторами отсутствовали, что свидетельствует об их взаимной ортогональности. Так, для матрицы **AS** фактор **ASIV** («доменная организация СИЗ», см. таблицу 2) ортогонален по отношению к факторам **ASV** («характеристики набора компонент СИЗ, прошедшего селекцию при выборе хода»), **ASVI** («изменения в характеристиках актуализированных стратегий, связанные с ходом противника»), а также **ASXI** («отношения AND между компонентами СИЗ»). Этот пример характерен, потому что показывает возможность ортогональности между факторами, независимо от того, какие стороны организации СИЗ они описывают, структуру или актуализацию, или как структуру, так и актуализацию.

Таблица 2.
Факторы, выделенные при анализе дескрипторов СИЗ

AS			Массивы переменных				R _s факторов групп A и S с аналогичными факторами AS
выделенные факторы	% объясненной дисперсии	дескрипторы структуры и актуализации ее составляющих	выделенные факторы	% объясненной дисперсии	дескрипторы актуализации составляющих СИЗ	дескрипторы структуры	
ASI	30.82	интерпретация факторов	AI	42.13	выделенные факторы	выделенные факторы	.946
ASII	16.13	характеристики актуализации стратегий, их состав	AII	16.13	объясненной дисперсии	объясненной дисперсии	.739
ASIII	8.29	актуализация компонентов (КАИ) и их отношения	AVI*	3.41	факторы	факторы	.899
ASIV	5.51	количество субдоменов, характеристики отношений XOR, IOR				SI	.969
ASV	4.26	количество доменов, их состав, пересечения субдоменов	AIII	9.59		SII	.991
ASVI	3.66	характеристики актуализованного набора компонентов СИЗ, их отношений, стратегий и их состава, прошедшего селекцию при выборе хода игры	AV	4.35			.988
		изменения в характеристиках актуализованных стратегий, связанные с ходом противника					.907

ASVII	2.91	изменения в характеристиках актуализованных стратегий при выборе хода	AIV	7.08			.953
ASVIII	2.42	количество протокомпонентов (КИА), компонентов (КАИ), отношений следования (вершинная база и ориентация графа игры)			SIII	СПС	.853
ASIX	2.03	циклические компоненты связности (включая стратегии)			SV	СПС	.914
ASX	1.93	изменения в отношениях между актуализованными компонентами СИЗ при выборе хода игры	AVII	2.97			.904
ASXI	1.70	количество отношений AND между компонентами СИЗ			SVI	CAC	.796
ASXII	1.63	отбор стратегий в процессе выбора хода	AVIII	2.61			.856
ASXIII	1.50	характеристики ветвления дерева игры	Σ	88.27	SIV	СПС	.683
Σ	82.79				Σ	Σ	74.83

Примечания: ASI–ASXIII — факторы, выделенные при анализе всего массива дескрипторов СИЗ (актуализации и структуры), AI–AVIII — дескрипторы актуализации, SI–SVI — дескрипторы структуры. Факторы групп A и S упорядочены по их соответствию факторам AS так, что в одной строке располагаются аналоги. Σ — % объясненной дисперсии для каждого набора дескрипторов. Уровень значимости для коэффициентов R: $\rho \leq 9.9 \cdot 10^{-7}$. * — фактор AVI, выявление которого интерпретировано как результат «расщепления» фактора ASII, включает также дескриптор изменения компонентного состава стратегий в процессе выбора хода.

Среди факторов, полученных при анализе матрицы **A**, выделяется фактор **AVIII** («отбор стратегий при выборе хода»), который неортогонален только по отношению к факторам **AIII** («характеристики набора составляющих СИЗ, прошедших селекцию при выборе хода») и **AVI** (см. примечание к таблице 2). Его ортогональность по отношению к факторам **AI** и **AVII** указывает на независимость отбора стратегий при выборе хода от состава актуализированных стратегий, исходного для этой ситуации. Можно полагать, что отбор стратегий определяется в большей степени возможностями развития ситуации, чем ее предисторией.

Анализ матрицы **S** показал, что факторы **SIII**, **SV** и **SVI** взаимно ортогональны, а следовательно, характеристики вершинной базы графа игры, его ориентации и циклических компонент связности являются независимыми. Взаимную независимость показали доменная организация СИЗ и циклические стратегии (**SII** и **SV**), а также структурные компоненты СИЗ, образованные отношениями **AND (SVI)** и **XOR/IOR (SI)**. Составляющие организации СИЗ, которые можно обозначить как семантическую ассоциативную сеть (**CAC**) и семантическую пропозициональную сеть (**CPC**), описываются различными факторами (см. таблицу 2). Заметим, что отношение весов сумм факторов, описывающих **CAC** и **CPC**, полученных при анализе матриц **AS** и **S**, довольно точно совпадает (2.61 и 2.85 соответственно). Сохранность этого отношения указывает как на независимое положение факторов, характеризующих структуру в «суммарной» матрице **AS**, так и на их относительную, но устойчивую независимость друг от друга.

Важнейшим свойством организации СИЗ представляется тесная связь между характеристиками групп компонентов и отношениями компонентов, эти группы образующими. Так, фактор **SI** включает как дескрипторы суборганизации доменов, так и отношения **XOR** и **IOR** между компонентами (см. 8.2.5.1), а фактор **SIII**, описывающий отношения следования, скоррелирован с фактором **SV**, характеризующим стратегии.

Таким образом, организация СИЗ представлена компонентами и их группами, причем отношения, образующие группы определенного типа, и сами группы описываются либо единым фактором, либо группой неортогональных факторов. Составляющие СИЗ, которые представляют пропозициональную или ассоциативную сети (**CPC** или **CAC**), описываются различными факторами.

Более крупные группы факторов характеризуют собственно структурную организацию (дескрипторы группы **S**) и процессы актуализации компонентов СИЗ (дескрипторы группы **A**), причем актуализацию наборов компонентов и составляющих СИЗ на последовательных этапах реализации акта игры описывают различные факторы группы **A**.

11.2.1.2. Соотношение формирования САС и СПС

Соотношение **CAC** и **CPC** в процессе приобретения компетенции оценивали по характеристикам функции кросскорреляции (**ФК**) между отдельными их дескрипторами. **ФК** рассчитывали на интервале между 1-м и 261-м ходами игры при приобретении компетенции. **ФК** для этого интервала может иметь достоверные значения со сдвигом от -100 до +260 ходов. При описании и сравнении **ФК** оценивали следующие показатели: а) значение функции при нулевом сдвиге; б) положение и величину максимума относительно нулевого сдвига; в) фазность функции и выраженность фаз (особенно наличие отрицательной фазы); г) общую конфигурацию. Достоверность значений **ФК** и положение пересечений нулевой линии определяли по превышению 95%-ного доверительного интервала. Значения двух **ФК** сравнивали по z-преобразованию Фишера. При построении **ФК** первым компонентом пары всегда были дескрипторы **CAC**, поэтому положительное смещение максимума **ФК** (вправо по оси **X**) означает, что формирование **CAC** опережает формирование **CPC**, отрицательное смещение — обратное их соотношение.

Для того чтобы дать обобщенную оценку соотношения процессов формирования **CAC** и **CPC**, **ФК** рассчитывали не для пар дескрипторов **CAC** и **CPC**, а для факторных оценок, которые были получены в результате факторного анализа «большой матрицы» (см. 11.1.6), представляющей изменения значений всех дескрипторов СИЗ на протяжении совершения 300 актов игры при приобретении компетенции. Все процедуры при выполнении факторного анализа не отличались от тех, что были применены для «малой матрицы» (см. 11.2.1.1): анализировали тот же набор переменных, что вошел в состав матрицы **S**, распределение переменных было приближено к нормальному тем же способом, факторы выделены методом главных компонент, матрица подвергнута вращению способом **PROMAX(4)**.

Детерминант корреляционной матрицы положителен, критерий Кайзера-Мелькина-Олькина $KMO = .948$; значения критерия сферичности Бартлетта: $\chi^2 = 3992324.9$, $df = 435$; $p = 0$. Выделено 4 фактора (**F1–F4**), которые объясняют 82.07% дисперсии.

При сопоставлении нагрузок различных дескрипторов на факторы, выделенные при анализе данной матрицы, с нагрузками этих переменных на факторы **SI–SVI** (см. таблица 2), было установлено, что максимальные нагрузки на фактор **F1** дают переменные, которые продемонстрировали максимальную связь с факторами **SI** и **SII**, а на фактор **F2** — переменные, максимально связанные с факторами **SIII** и **SV**. Это соотношение позволяет считать, что фактор **F1** описывает **CAC**, **F2** — **CPC**, а динамика факторных оценок **F1** и **F2** представляет обобщенное описание их формирования.

На рисунке 1 показаны ФК, рассчитанные отдельно для младших (I—III группы) и старших групп испытуемых (V—VII группы)¹. Во-первых, на проанализированном интервале формирования компетенции корреляции между характеристиками САС и СПС отрицательны, только для младших групп коэффициенты корреляции положительны при сопоставлении интервалов формирования САС и СПС со сдвигом в 150 и более актов (т.е. для формирования САС за 150 актов игры до сопоставляемого интервала СПС).

Экстремум кривой ФК, построенной для младших групп (рисунок 1, сплошная кривая), достигается на интервале +8 ÷ +45 актов. Это означает, что формирование САС опережает формирование СПС. Колебательный характер ФК указывает на фазное соотношение процессов формирования САС и СПС. Максимумы отрицательных значений ФК (противофазное их соотношение) располагаются справа и слева от их относительно синфазного состояния (относительно — поскольку значения ФК не переходят в позитивную область).

Экстремум ФК, показывающий временное соотношение между процессами формирования САС и СПС для возрастных групп V—VII (рисунок 1, пунктирная кривая), смещен относительно нулевого сдвига влево на -50 актов, что указывает на опережающее формирование СПС по отношению к САС у испытуемых этих возрастных групп. Сравнивая соотношения ФК для младших и старших групп испытуемых, отметим также, что (1) эти кривые находятся в «противофазе», а (2) ФК для старших групп V—VII имеет более отрицательные значения, чем для младших.

Сравнение конфигурации ФК, рассчитанных для пар дескрипторов, относящихся к группам САС и СПС и ФК, описывающих соотношение между дескрипторами САС или СПС, показало, что сдвиг максимума функции относительно нуля характерен именно для случаев сравнения САС и СПС: для этих функций (всего 342 ФК), отмечено достоверно большее число случаев сдвигов максимума относительно нуля, чем для пар дескрипторов САС (172 ФК) ($\chi^2 = 81.23$, $df = 1$, $\rho < .0001$) и СПС (156 ФК) ($\chi^2 = 41.28$, $df = 1$, $\rho < .0001$). Это означает, что временные сдвиги в формировании различных составляющих СИЗ наблюдаются преимущественно в тех случаях, если они представляют ассоциативные и пропозициональные структуры. Структуры же САС, как и СПС, формируются преимущественно синхронно. Следует отметить, что дескрипторы отношения следования и петель на графе (см. 11.2.3.1.1) формируются с опережением относительно всех других дескрипторов, как САС, так и СПС.

¹ Группа IV не включена в анализ как «промежуточная», чтобы подчеркнуть контраст между младшими и старшими группами.

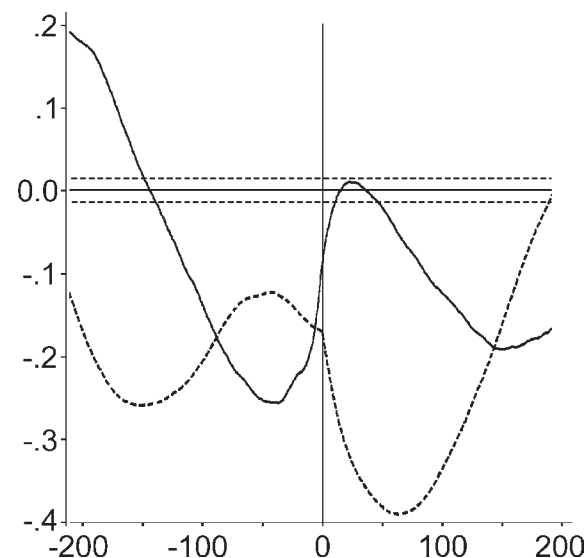


Рис. 1. Функции кросскорреляции между факторными оценками, представляющими процесс формирования САС и СПС для младших и старших возрастных групп. Сплошная линия — I ÷ III группы (см. таблицу 1); штриховая — V ÷ VII группы. По оси абсцисс — величина сдвига, по оси ординат — значения коэффициентов корреляции. Горизонтальные штриховые линии ограничивают 95% доверительный интервал для коэффициентов корреляции

Характеристики САС и СПС проявляют различную связь с разными индивидуально-психологическими показателями (см.: Максимова, Александров и др., 2001). Так, для испытуемых, ориентированных на естественнонаучный цикл образования, характерны более высокие значения дескрипторов СПС (медианный тест, для различных характеристик стратегий: $\chi^2 > 4.75$, $df = 1$, $\rho < .04$) и более низкие значения дескрипторов САС (различные характеристики доменной организации, медианный тест: $\chi^2 > 5.5$, $df = 1$, $\rho < .02$), чем для испытуемых, ориентированных на гуманитарный цикл. У полнезависимых испытуемых по сравнению с импульсивными дескрипторы САС связаны большим количеством положительных корреляций, а СПС — меньшим количеством отрицательных корреляций (медианный тест: $\chi^2 = 44.3$, $df = 1$, $\rho < .001$). Студенты гуманитарного цикла более импульсивны (точный критерий Фишера; $\rho = .047$), чем студенты-естественники. Выявлены отрицательные корреляции между характеристиками стратегий (дескрипторы

СПС) и количеством задач Пиаже, правильно решив которые, испытуемый не сумел объяснить эти решения. Отмечено, что достоверных коэффициентов корреляции между оценкой способности дать вербальное объяснение уже решенной задачи с характеристиками СПС несколько больше, чем с характеристиками САС (медианный тест: $\chi^2 = 4.10$, $df = 1$, $\rho = .043$).

Таким образом, САС и СПС представляют две относительно независимые составляющие организации СИЗ. На возможность выделения этих составляющих указывает соотношение дескрипторов САС и СПС, установленное в результате факторного анализа. Относительная независимость САС и СПС проявляется во временных сдвигах в их формировании, а также в различной направленности этих сдвигов у испытуемых младших и старших возрастных групп.

11.2.2. КОМПОНЕНТНЫЙ СОСТАВ СИЗ

11.2.2.1. Компоненты, представляющие группы актов игры

Установлено, что на протяжении 260 ходов игры у игроков формируется от 71 до 162 компонентов СИЗ, относящихся к каталогу КГА (см. 11.1.3.1) при медиане 112 компонентов. У испытуемых младших возрастных групп (I', II', III', таблица 1) количество сформированных компонентов не различается (тест Крускала-Уоллеса, $\chi^2 = 3.74$; $df = 2$; $\rho = .154$); эти величины не различаются и в старших возрастных группах (IV'–VII') — ($\chi^2 = 6.02$; $df = 3$; $\rho = .111$), причем в старших группах испытуемых формируется достоверно меньшее количество компонентов КГА ($\chi^2 = 75.12$; $df = 1$; $\rho = 4.42 \cdot 10^{-18}$) (см. рисунок 2).

Сравнение результатов аппроксимации кривой, которая описывает увеличение количества компонентов СИЗ, представляющих группы типов актов (КГА) (см. 11.1.7), показало, что наиболее точно форму этой кривой описывает уравнение, включающее степенную и S-образную составляющие (значения R^2 — оценка доли объясненной дисперсии — для разных возрастных групп в интервале .87÷.92). Для примера приведем уравнение для возрастной группы VI' ($R^2 = .917$):

$$C = 2.1676 * N^{.6588} + e^{(3.3818 - 67.5859/N)},$$

где C — количество компонентов, N — количество совершенных актов игры, e — основание натуральных логарифмов. Три варианта аппроксимации эмпирической кривой показаны на рисунке 3.

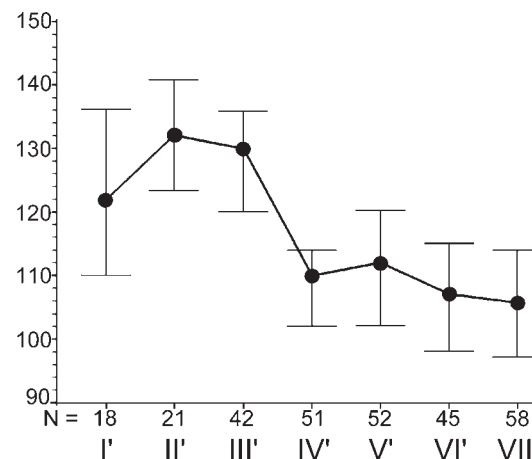


Рис. 2. Количество компонентов СИЗ, представляющих группы актов игры (КГА, протокомпоненты) у испытуемых различных возрастных групп, сформированных за 260 ходов игры. По оси абсцисс: группы I'–VII' (количество испытуемых в группах, см. таблицу 1); по оси ординат: количество компонентов (медианы, отмечены значения первого и третьего квантиля)

Сопоставление остатков для степенной, S-образной и комбинированной моделей для всех возрастных групп показало, что для младших групп (I'–III') на интервале 1–60 актов степенная функция (или степенная составляющая комбинированной функции) описывает формирование этой группы лучше, чем другие функции (критерий знаков; остатки для степенной модели меньше, чем для S-образной: $Z = 21.25$, $\rho < 10^{-6}$; для степенной и комбинированной моделей — не различаются: $Z = .43$, $\rho = .668$). На протяжении первых 16 актов вклад S-образной составляющей равен нулю, а, начиная с 60-х актов игры, кривая описывается лучше комбинированной функцией (сравнение со степенной функцией: $Z = 4.48$, $\rho = 7.32 \cdot 10^{-6}$, с S-образной: $Z = 4.03$, $\rho = 5.65 \cdot 10^{-5}$). Для старших групп (IV'–VII') интервал абсолютного доминирования степенной составляющей сокращается до 7 первых актов (вклад S-образной составляющей полностью отсутствует). Для всех возрастов S-образная модель — наилучшая на всех интервалах.

¹ Результаты анализа формирования компонентов СИЗ каталога КАИ, представленные на рисунке 2, показывают, что возрастные группы I'–III' и IV'–VII' достаточно однородны и могут быть рассмотрены как единые совокупности.

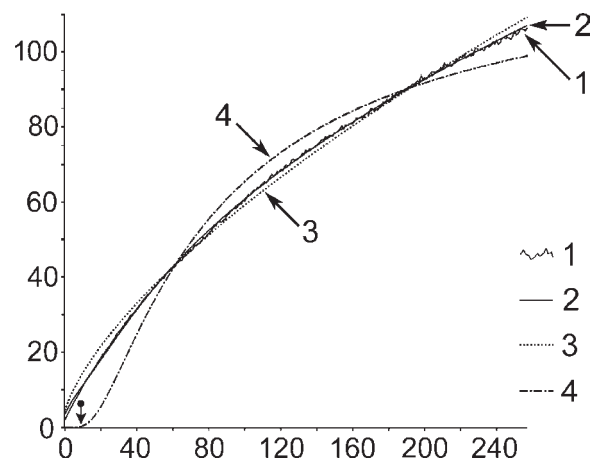


Рис. 3. Три варианта аппроксимации эмпирической кривой, описывающей формирование совокупности компонентов СИЗ, представляющих группы актов игры (возраст VI'): 1 — эмпирическая кривая (средние значения); 2 — аппроксимация комбинированной функцией, 3 — степенной, 4 — S-образной. Стрелка с кружком указывает на момент, когда S-образная функция начинает отличаться от нуля. По оси абсцисс — количество совершенных актов игры; по оси ординат — количество сформированных компонентов

Разложение комбинированной аппроксимирующей кривой на степенную и S-образную составляющие показано на рисунке 4. Следует обратить внимание на отсутствие вклада S-образной составляющей на первых 16 актах игры и абсолютное доминирование вклада степенной составляющей на протяжении первых 20 актов.

Таким образом, начальный период формирования множества компонентов СИЗ, представляющих группы актов (КГА), описывается степенной функцией, а затем к степенной составляющей аппроксимирующей кривой добавляется S-образная, причем вклад этой составляющей проявляется раньше у старших групп. Учитывая также значения коэффициентов (и доверительных интервалов для этих значений) в уравнениях, которые аппроксимируют эмпирические кривые, описывающие рост количества протокомпонентов СИЗ, и доверительных интервалов для этих значений, можно заключить, что у игроков младших возрастных групп (I'—III') скорость образования протокомпонентов выше, чем у старших (IV'—VII'), причем выход на степенной рост количества протокомпонентов достигается раньше, чем у старших групп.

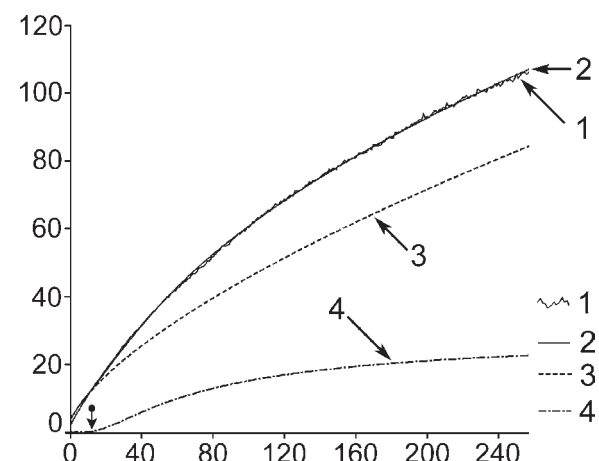


Рис. 4. Аппроксимация эмпирической кривой, описывающей формирование совокупности компонентов СИЗ (возраст VI'), представляющих группы актов игры (КГА), комбинированной функцией и ее разложение на составляющие: 1 — эмпирическая кривая (средние значения); 2 — аппроксимация комбинированной функцией, 3 — вклад степенной функции, 4 — вклад S-образной функции. Стрелка с кружком указывает на момент, когда S-образная функция начинает отличаться от нуля. Остальное, как на рисунке 3

11.2.2.2. Компоненты, представляющие акты игры

Каталог компонентов СИЗ, представляющих акты игры (КАИ), как показал анализ графа игры (см. 7.6.4.2), находится с каталогом компонентов КГА в отношении родства. В группу КАИ, соответствующую одному компоненту КГА входит от одного до шести компонентов. Следует отметить, что максимум объема групп КАИ (6 компонентов), зарегистрированный для 300 ходов по всем испытуемым, также был достигнут, но не превышен участником исследования, который сыграл 99 игр (1456 ходов). Объем 7 компонентов не зафиксирован ни в одном случае, характер распределения объема также указывает на весьма низкую вероятность такого случая (см. таблицу 3). Эти оценки позволяют полагать, что объем групп КАИ принципиально ограничен и его предельная величина близка к 6. Оценка медианы объема групп КАИ на протяжении всех игр для возрастов I'—II' составила 1, а для более старших возрастов (III'—VII') — 2. В возрастах I'—III' медианная оценка объема

Таблица 3
Распределение количества базовых компонентов СИЗ,
входящих в одну группу (КГА)

Количество компонентов в группе	287 испытуемых, совершивших по 300 ходов игры		испытуемый MN, 1456 ходов (99 игр)	
	кол-во групп	% случаев	кол-во групп	% случаев
1	20571	64.5810	143	50.8897
2	9677	30.3802	82	29.1815
3	1360	4.2696	44	15.6584
4	206	0.6467	8	2.8470
5	37	0.1162	3	1.0676
6	4	0.0063	1	0.3559
7	0	0	0	0
	$\Sigma = 31855$		$\Sigma = 281$	

Примечание: сумма в процентах не равна 100 за счет округлений.

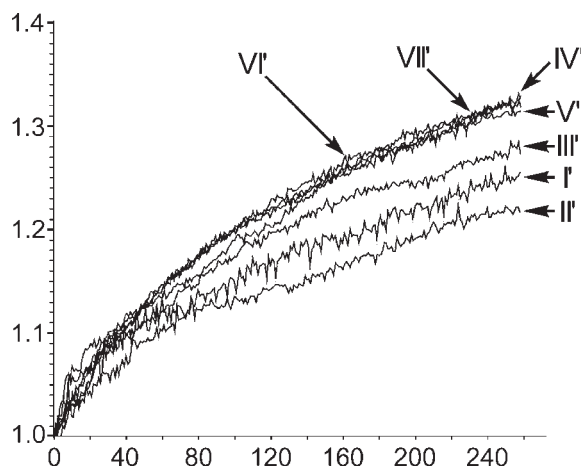


Рис. 5. Дифференциация компонентов каталога КГА у испытуемых возрастных групп I'–VII'. По оси абсцисс — количество совершенных актов игры; по оси ординат — показатель дифференцированности (средние величины)

группы компонентов КАИ, равная двум, достигается к 170 ходу игры, в то время как в возрастах IV'–VII' — раньше — к 140 ходу игры.

Отношение количества сформированных компонентов каталога КГА к количеству компонентов каталога КАИ использовали как показатель дифференцированности. Представленные на рисунке 5 кривые аппроксимируются степенной функцией (значения R^2 для разных возрастных групп в интервале $.50 \div .65$) с величинами остатков меньше, чем при аппроксимации S-образной кривой и комбинированной функцией (критерий знаков, $Z > 2.74$, $\rho < .006$). Форма кривых показывает, что скорость дифференциации компонентов каталога КАИ увеличивается с возрастом испытуемых (до 16 лет), после чего остается неизменной. Этим оценкам соответствует и сопоставление количества базовых компонентов, составляющих одну группу у испытуемых разного возраста. Увеличение объема групп выявлено на интервале 6–16 лет (тест Крускала-Уоллеса, $\chi^2 = 38.1$; $df = 4$; $\rho = 1.07 \cdot 10^{-7}$). Затем, у испытуемых старше 16 лет объем групп не изменяется ($\chi^2 = .835$; $\rho = .841$).

Для младших и старших групп меньшему количеству сформированных компонентов СИЗ соответствуют большие величины коэффициента дифференциации (частная корреляция: для групп I'–IV', $R_s = -.614$; $df = 132$; $\rho = 9.99 \cdot 10^{-7}$; для групп IV'–VII', $R = -.489$; $df = 206$; $\rho = 9.99 \cdot 10^{-7}$).

На рисунке 6 показано соотношение количества компонентов КАИ, формирующегося на интервале 260 актов игры у испытуемых различных возрастных групп. Количество компонентов не различается для возрастов I'–III' (тест Крускала-Уоллеса, $\chi^2 = 1.91$; $df = 2$; $\rho = .381$) и IV'–VII' ($\chi^2 = 7.12$; $df = 3$; $\rho = .068$), но в младших группах компонентов КАИ формируется достоверно больше ($\chi^2 = 53.94$; $df = 1$; $\rho = 2.06 \cdot 10^{-13}$).

Процесс увеличения объема каталога компонентов КАИ (рисунок 7) описывается комбинированной функцией (значения R^2 для разных возрастных групп в интервале $.90 \div .96$). Амплитуда вклада S-образной функции составляет от 2.5 до 20 % максимального значения на исследованном интервале (260 актов игры). Для начального периода формирования СИЗ вклад S-образной составляющей не отличим от нуля, и аппроксимирующая кривая на этом интервале — степенная, причем длительность этого интервала максимальна у испытуемых I'–III' групп (11–18 актов игры) и снижается у испытуемых старших возрастов (IV'–VII' группы, 9–12 актов игры). Далее вклад S-образной функции не изменяет форму комбинированной кривой радикально — с образованием локального максимума скорости (как на рисунке 21), но лишь несколько модифицирует ее, проявляясь в конфигурации первой производной комбинированной кривой (см. рисунок 8)¹.

¹ Производная степенной функции — монотонная гладкая кривая без локальных максимумов, которые характерны для S-образной и комбинированной функций.

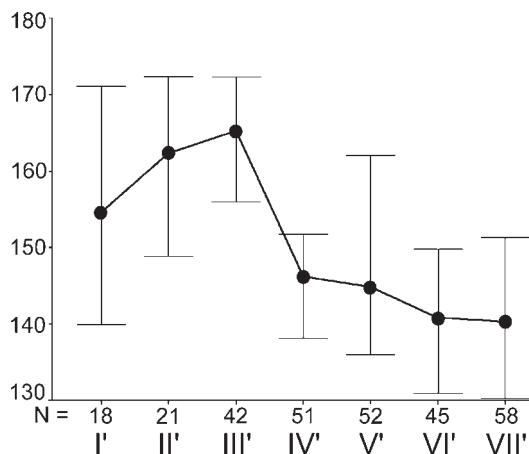


Рис. 6. Количество компонентов СИЗ, представляющих акты игры (КАИ), у испытуемых различных возрастных групп за 260 ходов игры. По оси абсцисс: группы I'–VII' (количество испытуемых в группах, см. таблицу 1); по оси ординат: количество компонентов (медианы, отмечены значения первого и третьего квантиля).

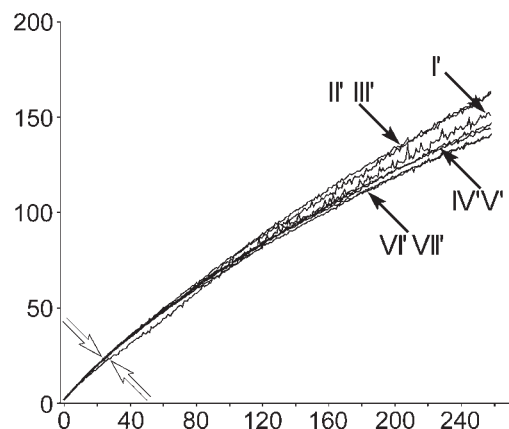


Рис. 7. Формирование набора компонентов СИЗ (КАИ) у испытуемых разных возрастных групп (I'–VII'). По оси абсцисс — количество совершенных актов игры; по оси ординат — количество сформированных компонентов (средние величины). Белые стрелки — проявления S-образной составляющей кривой

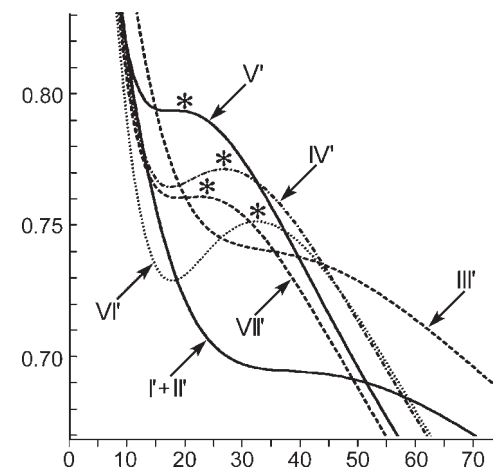


Рис. 8. Изменения скорости формирования набора компонентов СИЗ (КАИ) у испытуемых разных возрастных групп (I'–VII'). По оси абсцисс — количество совершенных актов игры; по оси ординат — первая производная комбинированной функции, аппроксимирующей эмпирические кривые. Звездочками помечены локальные максимумы производной (для I'–III' групп максимум не определяется). Для I' и II' возрастных групп построена общая кривая

Отметим, что на рисунке 8 локальный максимум на кривых для младших возрастов не выделяется. Определив по динамике производной интервалы, на которых кривые S-образны, можно их указать и на оригинальных кривых (см. белые стрелки на рисунке 7).

Таким образом, формирование компонентов СИЗ, как КГА, так и КАИ, протекает различно в разных возрастных диапазонах. В младших возрастных группах I'–III', на протяжении эпохи анализа 1–260 актов игры, формируется достоверно большее количество компонентов, чем в старших группах (IV'–VII'). Эмпирические кривые, характеризующие формирование набора компонентов СИЗ, аппроксимируются комбинированной функцией. В начале кривой вклад S-образной составляющей незначителен, процесс описывается степенной функцией, затем вклад S-образной функции возрастает. В старших возрастных группах вклад S-образной составляющей проявляется раньше, чем в младших. Важно заметить, что этот вклад состоит не в уплощении начального участка кривых, а в ускорении нарастания восходящей ветви (см. рисунок 8, а также 11.1.7).

Компоненты СИЗ каталога КАИ формируются в результате дифференциации компонентов каталога КГА, которые по отношению к компонентам

КАИ представляют собой протокомпоненты. У испытуемых старших групп процесс дифференциации протекает более интенсивно, чем у младших. Можно предположить, что количество возможных дифференциаций протокомпонентов ограничено приблизительно шестью.

Поскольку и количество протокомпонентов (протокол КГА), и возможности их дифференциации в компоненты СИЗ (протокол КАИ) различны в разных возрастных группах, можно высказать предположение, что в этих соотношениях проявляется скорее связь процесса формирования СИЗ с общими характеристиками онтогенетического развития, чем возрастные различия как таковые. Чтобы проверить это предположение, сравнивали скорость формирования наборов протокомпонентов и их дифференциации у юношей и девушек. Для этого сформировали группы, эквивалентные по возрасту (28 девушек 20.00 ÷ 22.33 лет, медиана 21.00; 15 юношей 20.00 ÷ 22.00 лет, медиана 21.33 года; оценка различия возраста в группах: точный тест Крускалла-Уоллеса, $\chi^2 = 1.65$, $df = 1$, $p = .203$). Кривые, описывающие формирование компонентов КГА и дифференциацию их в КАИ в сравниваемых группах, наилучшим образом аппроксимировались степенной функцией (см. рисунки 3, 4, 5 и 7). Доверительные интервалы (95%) для коэффициентов рассчитанного уравнения не перекрывались. Показано, что кривые, описывающие формирование компонентов СИЗ (КГА и КАИ) нарастают у юношей с большей скоростью, чем у девушек, в то время как скорость дифференциации протокомпонентов у юношей меньше, чем у девушек. Более высокий темп формирования протокомпонентов, характерный для младших возрастных групп (или более присущий юношам, чем девушкам того же паспортного возраста), по-видимому, указывает на больший потенциал порождения новых протокомпонентов. В то же время потенциал дифференциации протокомпонентов более высок в старших возрастных группах (у девушек выше, чем у юношей того же паспортного возраста).

Этому результату можно поставить в соответствие сведения о том, что по некоторым сопоставимым характеристикам онтогенеза мужского и женского организма существует временной сдвиг: критические точки в траекториях индивидуального развития достигаются девочками раньше, чем мальчиками на 1 ÷ 3 года (Доскин, Келлер и др., 1997; Ремшмидт, 1994; Юрьев, Симаходский и др., 2003). Оценки, приведенные в источниках, и полученные результаты согласуются, по-видимому, потому, что неотъемлемой составляющей формирования компонентного состава СИЗ является процесс специализации нейронов (см. гл. 10 и 12). Характеристики дифференциации компонентов нервной системы, конечно же, не могут быть не согласованными с общими характеристиками «онтогенетической ситуации».

11.2.3. ФОРМИРОВАНИЕ ОТНОШЕНИЙ МЕЖДУ КОМПОНЕНТАМИ; ГРУППЫ КОМПОНЕНТОВ

Наиболее общая классификация отношений между компонентами СИЗ, по соответствию СПС и САС, разделяет их на диахронические и синхронические (см. 3.2.3 и 11.2.1).

11.2.3.1. Организация СПС (диахронические отношения и группы компонентов, связанные ими)

11.2.3.1.1. Свойства и предполагаемая типология диахронических отношений

Диахронические отношения лежат в основе организации СПС, они ориентированы во времени, характеризуют логическую преемственность последовательных состояний структуры. К их числу можно отнести отношения следования (см. 8.2.5.2), а также отношения, связывающие компоненты стратегий (там же, 8.2.5.3; 10.3.2).

На графе игры диахронические отношения выражены ориентированными дугами, которые связывают вершины. Результаты анализа графа игры (гл. 7) и соотношения графа игры и СИЗ (гл. 7) позволяют предположить существование пяти типов таких отношений (см. таблицу 4).

Диахронические отношения типа **A** и **B** различаются частотой использования маршрутов, что эквивалентно их повторяемости; стратегии — устойчиво повторяющиеся маршруты. Такое разделение на типы соответствует

Таблица 4
Предполагаемые типы диахронических отношений

Отношения, связывающие компоненты СИЗ в				
маршруты с весами дуг не больше 1 тип A		стратегии (маршруты с весами дуг больше 1) тип B		
линейные (не содержащие циклов) тип A1	содержащие петли (простейшие циклы) тип A2	линейные (без петель и циклов) тип B1	с петлями (простейшим циклами) тип B2	со сложными циклами (не петлями) тип B3

Примечание: понятия, использованные в таблице, раскрыты в гл. 7.6.3. и 7.6.4., а также 8.2.5.2 и 8.2.5.3.

предположению о фиксации истории актуализации компонента в особенностях его структуры. Согласно этому предположению, отношения компонентов, связывающие их в стратегию (отношения типа **B**), обладают иными свойствами, чем отношения типа **A**. Если история отношений компонентов фиксируется, то можно предположить также, что степень изменения в структуре компонентов может снижаться при повторных актуализациях.

Петли, простейшие циклы, (например, в последовательности АВВС петля — фрагмент ВВ) по этому критерию не являются стратегиями. Можно предположить, что отношения, проявляющиеся в повторной актуализации компонента СИЗ, обладают свойством рефлексивности, что отличает их от нерефлексивных отношений следования. Альтернативное предположение состоит в том, что рефлексивность является свойством отношений следования, которое проявляется лишь в части случаев.

Анализ вариаций последовательности реализации компонентов СИЗ в стратегиях, содержащих циклы (см. 7.6.3), позволяет предположить, что отношения, связывающие компоненты в такие стратегии, отличаются от отношений типов **A1**, **A2** и **B1** тем, что не фиксируют жесткого порядка последовательности.

Предполагаемые различия могут проявиться при сопоставлении характеристик процессов формирования диахронических отношений различного типа, в их различной связи с ВВХ; при сравнении аналогичных характеристик формирования определенных отношений у испытуемых разных возрастных групп; в классификациях переменных, описывающих отношения разных типов.

Оценивали:

1. Общее количество дуг в графе (переменная *t03*).
2. Количество входящих и исходящих дуг, инцидентных определенной вершине (*t04*, *t06*).
3. Количество циклов (а) петель (дуг, возвращающихся к той же вершине графа), *t09*, (б) двойных петель *t11*, а также (в) циклов, включающих более одного типа вершин *t10*.
4. Стратегии выделяли как односторонние компоненты связности (подграфов, в которых для любой пары вершин, по крайней мере, одна достижима из другой), для которых вес дуг (частота их использования) превышает единицу. Оценивали количество стратегий (а) содержащих циклы (*s08*), и (б) не содержащих циклы (*s07*), а также стратегий, в которых встречаются только простые петли (*s04*) (см. 3а).
5. Оценивали количество строго линейных компонент графа — маршрутов, ведущих или от вершины графа («дебютные» ходы), переменная *t28*, или к одной из выходных вершин — выигрышу или проигрышу, переменная *t29*.

Таким образом, переменные *t03*, *t04*, *t06* (п. 1 и 2) дают оценку количества диахронических отношений, не разделенную на отдельные типы (**A1**, **A2**, **B1**, **B2**). Переменные *t28* и *t29* оценивают количество отношений типа **B1**. Переменные, приведенные в п. 3, оценивают количество диахронических отношений типов **A2** (*t10*) и **B2** (*t09*, *t10*). Отношения типов **A1** и **A2** оценивают переменные *s07* и *s08* (п. 4), для которых в качестве контраста использована оценка количества простых циклов (повторной актуализации компонентов, без изменения порядка их реализации), переменная *s04* (п. 4).

11.2.3.1.2. Факторный анализ набора переменных, характеризующих диахронические отношения

Использовали метод главных компонент с двумя вариантами последующего вращения: EQUAMAX и PROMAX(4). Исходная матрица пригодна для проведения факторного анализа: детерминант положителен, критерий Кайзера-Мелькина-Олькина КМО = .836; критерий сферичности Бартлетта: $\chi^2 = 802477.6$, $df = 55$, $p = 0$.

Выделено три фактора, объясняющих 79.98% дисперсии (см. таблицу 5). Факторные веса переменных *t03*, *t04*, которые оценивают отношения следования, равно представлены в составе факторов I и II. Фактор I (49.7%

Таблица 5

Факторные веса переменных, характеризующих диахронические отношения

Переменные	Факторы		
	I	II	III
<i>t03</i>	.897	.759	
<i>t04</i>	.758	.863	
<i>t06</i>		.853	
<i>t09</i>			.916
<i>t10</i>		.764	
<i>t11</i>			.923
<i>s07</i>	.786		
<i>s08</i>		.877	
<i>s04</i>			.796
<i>t28</i>	.819		
<i>t29</i>	.931		

Примечание: показаны факторные веса, превышающие величину 0.7.

дисперсии) с наибольшими весами включил переменные $t28$ и $t29$, характеризующие линейные диахронические отношения, а также $s07$, оценивающую количество линейных стратегий. В фактор II (19.8 % дисперсии) с наибольшим весом вошла переменная $s08$ — количество циклических стратегий и $t10$ — количество циклов, содержащих два и более типов вершин. Фактор III (10.5% дисперсии) включал переменные $t09$ и $t11$ (количество одинарных и двойных петель), а также $s04$ — количество стратегий с повторной актуализацией компонентов. Различные способы вращения (ортогональный и косоугольный) дали весьма сходные распределения весов переменных по факторам. Заметим, что выделенные факторы неортогональны, поскольку при косоугольном вращении они оказались достоверно связанными.

Факторные веса переменных $t03$, $t04$, которые оценивают всю совокупность диахронических отношений, равномерно представлены в составе факторов I и II. Специфику фактора I составляет связь с линейными отношениями между компонентами СИЗ, независимо от того, входят они в состав стратегий или нет. Этот фактор характеризует линейные отношения без их разделения на типы **A1** и **B1** (см. таблицу 4).

Фактор II характеризует циклические отношения также независимо от того, связывают они компоненты, включенные в стратегии, или не включенные в них (типы отношений **A2** и **B2**).

Фактор III описывает диахронические отношения, которые нельзя отнести к линейным, поскольку ни один «контрольный» дескриптор линейных отношений не вошел в этот фактор со значимым весом. Дескрипторы циклических отношений, характерных для циклических стратегий, также не включены в этот фактор. Можно предположить, что повторную актуализацию компонентов СИЗ обеспечивает особый тип отношений, отличный от отношений следования. Отношение следования нереклексивно и несимметрично (см.: Александров, Максимова и др., 1999; Осипов, 1997), а отношения, которые описываются фактором III, этими свойствами не обладают, поскольку их отличительной чертой является именно двукратные или многократные актуализации одного и того же компонента СИЗ, что проявляется в повторных реализациях одного и того же акта игры.

11.2.3.1.3. Связь диахронических отношений со временем выбора хода

В процедуре дисперсионного анализа в качестве зависимой переменной использовали нормализованные значения ВВХ. Зависимые переменные были разделены на 3 категории: переменные, оценивающие количество актуализированных стратегий, линейных ($s07$), циклических ($s08$), которые представляли линейные и циклические отношения, связывающие компоненты стратегий; стратегий, включающих повторную актуализацию компонентов СИЗ — $s04$ (петли), а также переменная $t08$, которая оценивает количество реализаций

конкретной дуги графа. Согласно определению стратегии как устойчиво повторяющейся последовательности актов игры, первая реализация определенного перехода может в последующих реализациях проявиться как связь компонентов стратегии (линейной или циклической), а может остаться связью компонентов, не включенных в стратегию. Если дуга графа реализована более одного раза, то по определению она связывает компоненты стратегии. Из этого следует, что (а) в различии ВВХ при использовании перехода один и два или более раз может указывать на различие между свойствами отношений между компонентами, включенными и не включенными в стратегии, (б) если направленность связи переменных $s07$, $s08$ и $s04$ с ВВХ одинакова и совпадает с направленностью связи $t08$ с ВВХ, то гипотезу о существовании специфических для стратегий отношений между компонентами СИЗ следует отвергнуть, а расхождения в направленности связи между ВВХ и характеристиками стратегий разного типа может указывать на различия отношений, связывающих их компоненты.

- а) Дисперсионный анализ, проведенный для перечисленного набора независимых переменных, показал, что ВВХ при второй реализации перехода значительно сокращается ($F = 91.02$, $df = 1$, $p = 1.48 \cdot 10^{-21}$), а при дальнейших реализациях перехода (до четырех) значимого сокращения ВВХ не происходит ($F = 2.77$, $df = 2$, $p = .063$).
- б) Рассмотрение взаимодействия переменных $s07$, $s08$ и $s04$ с переменной $t08$ показало, что при увеличении количества реализаций перехода (переменная $t08$) изменение ВВХ для стратегий разного типа различается: для циклических стратегий ($s08$) достоверные изменения ВВХ, объясняемые взаимодействием с $t08$, сохраняются, а для линейных двух типов ($s07$ и $s04$) — исчезают, причем направленность изменения ВВХ для $s04$ и $t08$ совпадает, а для $s07$, $s08$ имеют другую направленность, чем для $t08$.

Полученные результаты позволяют заключить, что отношения типа **B**, связывающие компоненты стратегий, обладают качественной спецификой по сравнению с отношениями типа **A**, определяющими последовательность реализации компонентов, не объединенных в стратегии. Эти результаты, как и результаты факторного анализа, показывают, что устойчивые последовательности, содержащие «петли», отличаются по свойствам от отношений типа **A**, предположение о возможности отнести их к специальному типу **A2** следует отвергнуть. Полученные результаты дают основания для выделения особого типа диахронических отношений, связывающих компоненты в стратегии, включающие петли (тип **B2**, см. таблицу 4). Эти отношения, в отличие от отношений следования, обладают свойством рефлексивности (см. 7.6.4.3). Можно полагать, что стратегии, содержащие петли, компоненты которых связаны

отношениями типа **B2**, должны отличаться по свойствам как от линейных, так и от циклических.

Таким образом, можно сделать вывод, о существовании четырех типов диахронических отношений, связывающих компоненты СИЗ: **A1**, **B1**, **B2** и **B3** (см. таблицу 4).

11.2.3.1.4. Динамика формирования диахронических отношений

На протяжении 260 актов игры у испытуемых различных возрастных групп сформировано от 98 до 234 диахронических отношений типа **A1** между компонентами СИЗ. Хотя количество сформированных отношений в разных возрастных группах различается (тест Крускала-Уоллеса, $\chi^2 = 17.90$, $df = 6$, $\rho = .006$), эти различия не линейны (оценка линейности связи: $F = 2.91$, $\rho = .089$; отклонение от линейности $F = 3.38$, $\rho = .006$; $R = -.099$, $\eta = .258$) и не имеют выраженной направленности (см. взаимное расположение кривых на рисунке 9, где лишь кривая для группы I' на всем протяжении занимает нижнее положение).

Кривые, аппроксимирующие формирование диахронических отношений типа **A1** для всех возрастов, хорошо описываются степенной функцией (вклад S-образной составляющей настолько мал, что им можно пренебречь); коэффициенты детерминации для разных возрастных групп испытуемых: $.941 < R^2 < .985$. Показатели степени в аппроксимирующих уравнениях распреде-

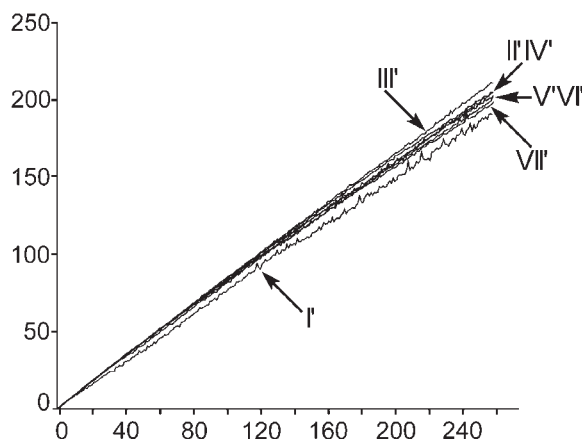


Рис. 9. Динамика формирования диахронических отношений типа **A1** у испытуемых возрастных групп I'–VII'. По оси абсцисс — количество совершенных актов игры; по оси ординат — количество сформированных отношений (средние величины)

лены на интервале $.95 \div 1.00$: эти функции весьма близки к линейным. При анализе формы этих кривых выявляются межвозрастные различия. Установлено, что в рассматриваемых регрессионных уравнениях величины углового коэффициента и показателя степени (коэффициенты B и C , см. 11.1.7, уравнение /2/) тесно связаны: $R_s = -.889$, $\rho = .007$, причем в этом соотношении возрастные группы упорядочены так, что младшим (I'–III') соответствует более линейная форма при меньшем угле наклона, а старшим (IV'–VII') — более выпуклая кривая при большем угле наклона.

Предельное количество отношений этого класса не может превышать количество совершенных актов игры. Снижению угла наклона соответствует увеличение разнообразия вариантов перехода от одного акта к другим, а снижение показателя степени функции — ускорению нарастания такого разнообразия на протяжении игр. Эти соответствия могут проявиться в возрастных различиях отношения количества сформированных диахронических отношений и компонентов СИЗ, а также в количестве входящих и исходящих дуг на графе игры и энтропийных оценках распределения весов этих дуг (см. 7.6.4, 8.2.3.4 и 8.2.4, а также 11.1.3.2).

Действительно, величина отношения количества сформированных диахронических отношений следования к количеству компонентов КАИ (рисунок 10) разделяет возрастные группы на «младшие» и «старшие» существенно более надежно, чем эти показатели по отдельности (ср. рисунки 10 и 7, а также статистические оценки, данные выше). Разнообразие исходящих дуг также достигает к 260 акту игры уровня достоверных межгрупповых различий (тест Крускала-Уоллеса, $\chi^2 = 68.13$; $df = 6$; $\rho = 9.88 \cdot 10^{-13}$), существенно более высокого, чем для количества диахронических отношений и компонентов КАИ.

Процесс формирования диахронических отношений типа **B1** (связывающих компоненты линейных стратегий, см. таблицу 4), показан на рисунке 11. Анализ нелинейных регрессионных моделей эмпирических кривых показал, что наилучшая аппроксимация достигается при применении комбинированной функции (см. уравнение /2/), причем на начальном участке кривых (до 50 актов) доминирует S-образная составляющая, а затем — степенная. Следует отметить, что положение этих кривых на плоскости не упорядочено в связи с возрастом групп (см. рисунок 11).

Эмпирические кривые, описывающие формирование диахронических отношений типа **B2** (образующих простые циклы на графе игры — «петли»), показаны на рисунке 12, а их аппроксимации при помощи комбинированных функций /2/ — на рисунке 13. Коэффициенты детерминации R^2 , оценивающие долю объясненной дисперсии, для этих регрессионных уравнений распределены на интервале $.264 \div .380$. Доверительные интервалы для сравниваемых коэффициентов в уравнениях не пересекаются; визуальные оценки (ср. рисунки 12 и 13) указывают на хорошее соответствие между формой

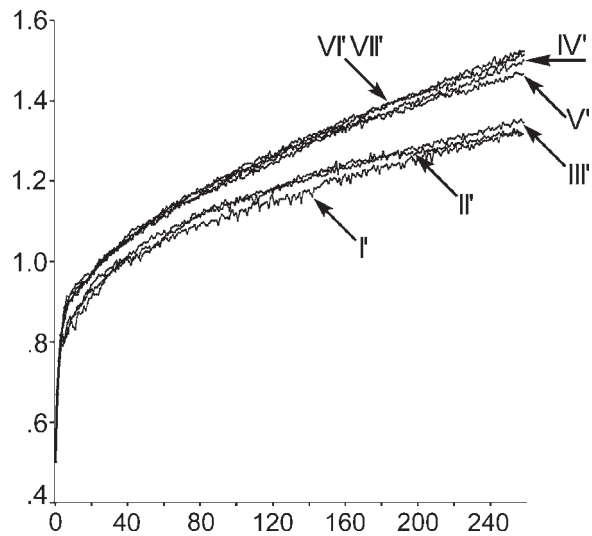


Рис. 10. Изменение соотношения количества сформированных диахронических отношений и компонентов КАИ у испытуемых возрастных групп I'–VII'. По оси абсцисс — количество совершенных актов игры; по оси ординат — величина соотношения (средние величины)

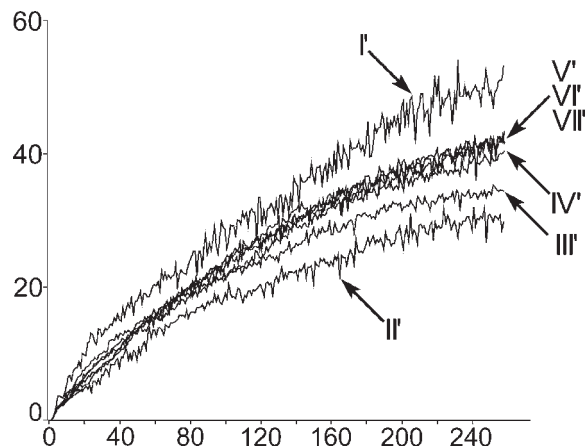


Рис. 11. Динамика формирования диахронических отношений типа B1 (см. таблицу 4) у испытуемых возрастных групп I'–VII'. По оси абсцисс — количество совершенных актов игры; по оси ординат — количество отношений (средние величины)

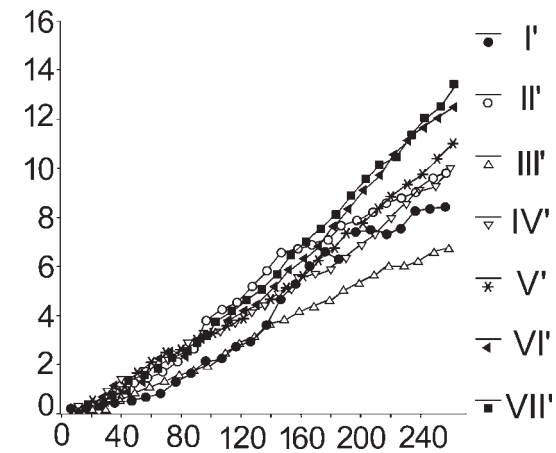


Рис. 12. Динамика формирования диахронических отношений типа B2 (см. таблицу 4) у испытуемых возрастных групп I'–VII' (эмпирические кривые). По оси абсцисс — количество совершенных актов игры; по оси ординат — количество отношений (средние величины за каждые 10 ходов)

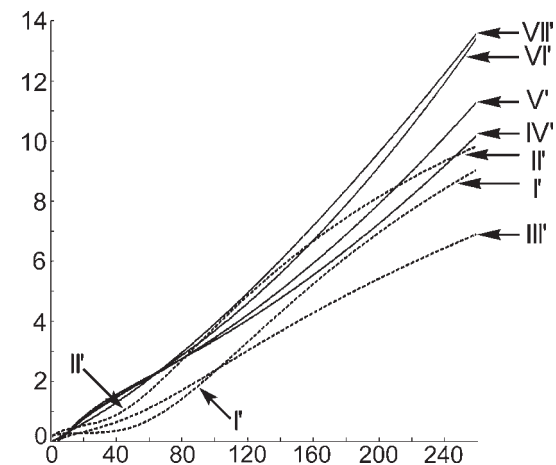


Рис. 13. Аппроксимации эмпирических кривых, описывающих формирование диахронических отношений типа B2 у испытуемых возрастных групп I'–VII'. Эмпирические кривые показаны на рисунке 12. По оси абсцисс — количество совершенных актов игры; по оси ординат — значения комбинированной функции (см. 11.1.7, уравнение /2/). Пунктиром показаны кривые для младших групп I'–III'

эмпирических и регрессионных кривых. Заметим, что для возрастных групп I'—III' показатели степенной функции (коэффициент C в уравнении /2/) в комбинированном уравнении меньше единицы (.105 ÷ .927), а для групп IV'—VII' — больше единицы (1.356 ÷ 1.673). В старших группах по сравнению с младшими существенно снижается значение коэффициента D и возрастает величина F . Эти различия проявляются в том, что для младших групп характерна S-образная форма кривых, с пологим началом (длительностью около 50 актов игры), стремящаяся к насыщению, а для старших — с непрерывно ускоряющимся ростом, без начального «плоского» интервала. Следует обратить внимание на то, что на исследованном интервале (1 ÷ 260 актов игры) кривые для различных возрастных групп неоднократно пересекаются, так что их взаимное расположение меняется существенно. Так, для временного среза на интервале, близком к 80 акту, количество сформированных отношений типа **B2** в группах II', IV', V', VI' и VII' одинаково, к 150 акту значение группы II' занимает иное положение, а к 260 — величины для перечисленных групп упорядочиваются в соответствии с их номерами. Это означает, что временные срезы без учета траекторий, описывающих процесс формирования компонентов структуры или их отношений, могут давать принципиально ложные оценки.

Процесс формирования отношений типа **B3** показан на рисунке 14. Семейство этих кривых упорядочено в соответствии с возрастом сравниваемых групп: младшие располагаются внизу графика, старшие — сверху. Оценка нелинейных регрессионных моделей, аппроксимирующих эмпирические кривые, показала, что коэффициент B степенной части уравнения /2/ во всех случаях не отличается значимо от нуля, так что все эти кривые описываются собственно S-образной функцией. Следует заметить, что в регрессионном уравнении для группы I' как степенная, так и S-образная составляющая комбинированного уравнения /2/ не отличаются значимо от нуля, так что для этой группы не удалось построить аппроксимацию (что отражено на рисунке 14).

11.2.3.1.5. Группы компонентов, связанные диахроническими отношениями

11.2.3.1.5.1. Стратегии, не содержащие петли и циклы (линейные)

У испытуемых всех возрастных групп было найдено от 3 до 40 линейных стратегий ($med = 17$), длина которых составила от 2 до 7 актов ($med = 4$). Установлено, что количество сформированных линейных стратегий не изменяется в связи с возрастом игрока (критерий Крускалла-Уоллеса, $\chi^2 = 11.11$, $df = 6$, $\rho = .085$; ANOVA, $F = 1.81$, $df = 6$, $\rho = .098$, оценка линейности: $F = 1.97$, $\rho = .162$, отклонение от линейности $F = 1.77$, $\rho = .119$); длина стратегий этого

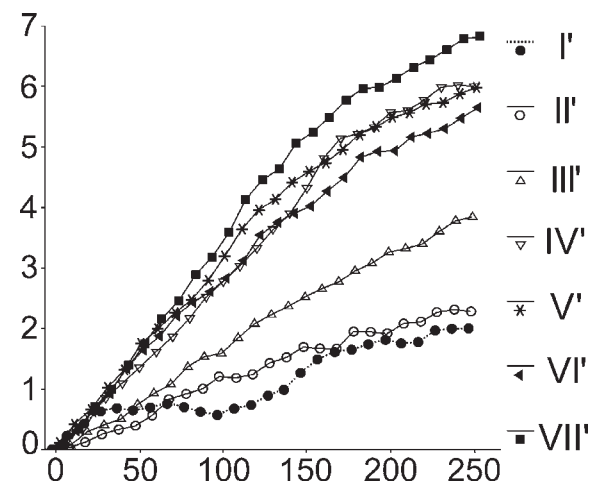


Рис. 14. Динамика формирования диахронических отношений типа **B3** (см. таблицу 4) у испытуемых возрастных групп I'—VII'. По оси абсцисс — количество совершенных актов игры; по оси ординат — количество отношений (средние величины за каждые 10 ходов). Кривая для группы I' показана пунктиром, так как для нее не удалось построить регрессионную модель

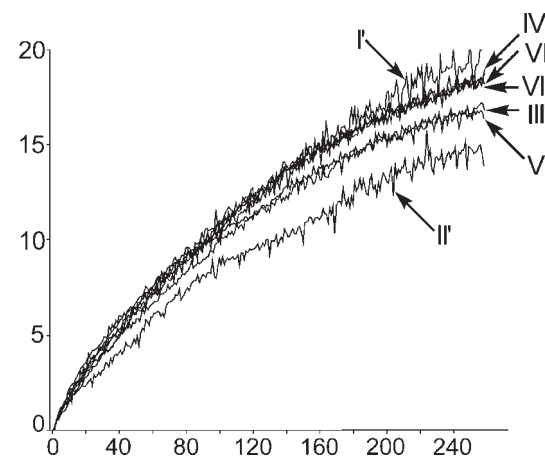


Рис. 15. Эмпирические кривые, описывающие формирование набора линейных стратегий у испытуемых возрастных групп I'—VII'. По оси абсцисс — количество совершенных актов игры; по оси ординат — количество сформированных стратегий (средние величины)

типа не различается для групп II' ÷ VII' ($\chi^2 = 4.52, df = 5, \rho = .477$), хотя в группе I' — выше, чем во всех остальных ($\chi^2 = 17.908, df = 6, \rho = .006$), в том числе и в группе II'.

Семейство эмпирических кривых, описывающих формирование набора линейных стратегий у испытуемых I'–VII' возрастных групп, показано на рисунке 15. Результаты нелинейного регрессионного анализа (в том числе сопоставление остатков) показали, что эти кривые для всех возрастов достаточно хорошо аппроксимируются степенной функцией.

Важно заметить, что семейство кривых, показанных на рисунке 15, не упорядочено в соответствии с возрастом испытуемых: верхнее и нижнее положение занимают кривые для двух младших групп, кривые для групп III' и V' неотличимы друг от друга, как и кривая для группы VII' не отличается от кривых для групп IV' и VI'. Этот результат точно совпадает с оценкой возрастных различий в количестве сформированных линейных стратегий при помощи теста Крускала-Уоллеса (см. выше).

11.2.3.1.5.2. Стратегии, содержащие циклы (циклические)

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 ($med = 3$). Стратегии этого типа отсутствовали в репертуаре четырех игроков I' и II' групп, а больше 11 стратегий встречалось в репертуаре игроков только IV' и более старших групп. Стратегии, длина которых превышала 6 актов, отмечены только у игроков IV' ÷ VII' групп.

Количество циклических стратегий, сформированных за 260 ходов игры, и их длина увеличивается с возрастом игроков (критерий Крускала-Уоллеса; количество стратегий: $\chi^2 = 81.44, df = 6, \rho = 1.80 \cdot 10^{-15}$; длина стратегий: $\chi^2 = 33.86, df = 6, \rho = 7.15 \cdot 10^{-6}$), причем связь количества стратегий с возрастом существенно отклоняется от линейности (оценка линейности: $F = 80.760, \rho = 3.88 \cdot 10^{-17}$; отклонение от линейности $F = 4.19, \rho = .001$), а длины стратегий — линейна (оценка линейности: $F = 28.21, \rho = 2.22 \cdot 10^{-7}$; отклонение от линейности $F = 1.30, \rho = .265$). Важно, что увеличение количества сформированных циклических стратегий связано с возрастом не градуально: для групп I'–III' такой связи нет (критерий Крускала-Уоллеса; $\chi^2 = 4.59, df = 2, \rho = .101$), как ее нет и для групп IV'–VII' ($\chi^2 = 1.067, df = 3, \rho = .785$). Количество стратегий возрастает резко при достижении 14-летнего возраста. Достоверность различий в количестве сформированных стратегий и их длине максимальна именно при сравнении испытуемых младше и старше 16 лет (критерий Крускала-Уоллеса; количество стратегий: $\chi^2 = 78.62, df = 1, \rho = 7.52 \cdot 10^{-19}$; длина стратегий: $\chi^2 = 31.65, df = 1, \rho = 1.85 \cdot 10^{-8}$).

На рисунке 16 показано семейство кривых, описывающих формирование циклических стратегий у испытуемых I'–VII' возрастных групп,

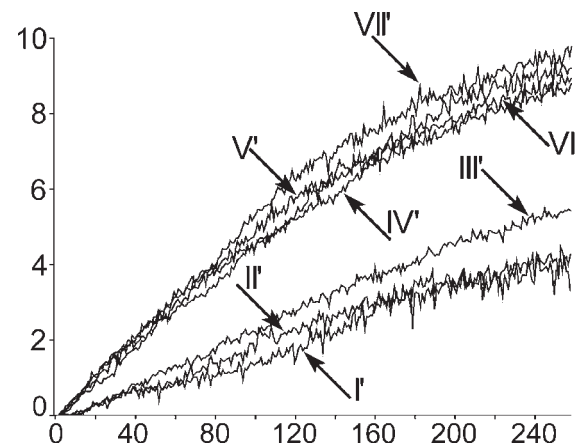


Рис. 16. Эмпирические кривые, описывающие формирование циклических стратегий у испытуемых возрастных групп I'–VII'. По оси абсцисс — количество совершенных актов игры; по оси ординат — количество сформированных стратегий (средние величины)

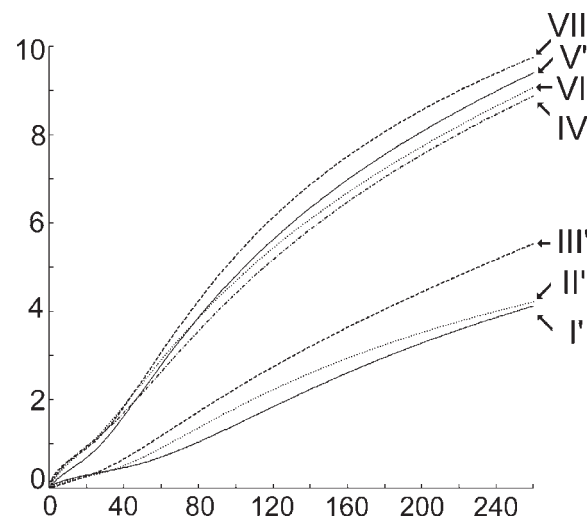


Рис. 17. Аппроксимации эмпирических кривых, описывающих формирование набора циклических стратегий у испытуемых возрастных групп I'–VII'. Эмпирические кривые показаны на рисунке 16. По оси абсцисс — количество совершенных актов игры; по оси ординат — количество сформированных стратегий (средние величины)

аппроксимации этих кривых при помощи комбинированной функции /2/ представлены на рисунке 17.

По расположению на плоскости и форме кривые разделяются на два типа. К первому принадлежат младшие возрастные группы, ко второму — старшие. Кривые для I'—III' возрастных групп характеризуются более медленным ростом, для IV'—VII' — быстрым, причем эти группы кривых разделены значительным интервалом, который проявляется в нелинейности связи между возрастом испытуемых и количеством стратегий в их репертуаре.

В форме кривых для всех возрастных групп выражено присутствие S-образного компонента. Учитывая зоны перекрытия доверительных интервалов для коэффициентов S-образной составляющей, отметим, что ее вес для старших групп не различается, а среди младших — различается для групп I' и III'. Вклад степенного компонента функции /2/ в форму кривых у групп I'—III' не отличается от нуля, а для групп IV'—VII' отличается значимо и существенно превышает вклад S-образной составляющей.

11.2.3.1.6. Соотношение свойств составляющих СПС с индивидуально-психологическими характеристиками

Количество линейных стратегий, составляющих индивидуальный репертуар игрока, показало положительную связь с количеством выигранных им партий ($R_s = .406, \rho = 9.9 \cdot 10^{-7}$), но не с количеством проигрышей ($R_s = -.049, \rho = .409$). Длина линейных стратегий также положительно коррелировала с количеством выигранных партий ($R_s = .208, \rho = .0004$), но не с количеством проигранных партий ($R_s = -.024, \rho = .681$).

Количество циклических стратегий и их длина отрицательно связаны с количеством проигранных партий (количество: $R_s = -.196, \rho = .001$; длина: $R_s = -.133, \rho = .024$), но не выигранных партий (количество: $R_s = -.075, \rho = .208$; длина: $R_s = -.072, \rho = .221$).

Количество сформированных циклических стратегий (но не линейных!) показало при оценке когнитивного стиля импульсивности-рефлексивности положительную связь с временем первого ответа и отрицательную — с количеством ошибочных распознаваний (частные корреляции, скорректированные на связь с возрастом; $df = 265$; время: $R = .199, \rho = .001$; ошибки: $R = -.141, \rho = .022$). Поскольку эта связь затрагивает и время, и ошибки, а не один из этих показателей, можно утверждать, что существует соответствие между сформированностью набора циклических стратегий и когнитивным стилем импульсивность-рефлексивность, причем увеличение количества циклических стратегий в репертуаре игрока соответствует большей выраженности рефлексивности.

Следует заметить, что поле(не)зависимость игрока связана с вероятностью выигрывать/проигрывать ($df = 268$; выигрывать: $R_s = .143, \rho = .019$; проигрывать:

$R_s = -.228, \rho = .00016$; частные корреляции, скорректированные на возраст: выигрывать: $R = .176, \rho = .004$; проигрывать: $R = -.177, \rho = .004$), т.е. у полнезависимых игроков вероятность выигрывать больше, чем у полнезависимых. Если учитывать переменную «возраст» как модератор, то показатель полнезависимости проявляет связь со стилем импульсивность-рефлексивность, поскольку корреляции с количеством ошибок достоверны (частные корреляции, скорректированные на связь с возрастом; $df = 268$; ошибки: $R = -.188, \rho = .002$). При этих необходимых ограничениях показатель поле(не)зависимости не проявил связи ни с характеристиками стратегий, как линейных, так и циклических, ни с дескрипторами диахронических отношений.

Таким образом, характеристики именно циклических стратегий связаны с характеристиками когнитивного стиля «импульсивность-рефлексивность». Заметим, что полученные значения корреляций акцентируют роль ошибок в оценке когнитивного стиля «импульсивность-рефлексивность». Этот результат указывает на точность заключения М.А. Холодной, что «именно компонент ошибки является критическим в осмыслении природы» когнитивного стиля импульсивность-рефлексивность (см. Холодная, 2002в, с. 299). Однако, учитывая характер расхождений между парными и частными (с коррекцией на возраст) корреляциями рассмотренных показателей, можно предполагать, что характеристики стилей могут существенно изменяться в процессе онтогенеза и без достаточного контроля оценок показывать преимущественную роль одной из составляющих целостной оценки стиля — либо времени, либо ошибок.

Количество сформированных циклических стратегий тесно связано с успешностью решения задач Ж. Пиаже на сохранение массы, веса, мультипликации отношений и вербальной классификации ($df = 72; .267 \leq R_s \leq .357; .002 \leq \rho \leq .023$). Гипотезу о том, что корреляция между этими показателями — лишь проявление их общей связи с возрастом испытуемых (т.е., что переменная «возраст» играет роль модератора), проверяли, используя процедуру вычисления частных корреляций. Оценка показала, что уровни значимости связи при учете вклада в нее возраста снизились для всех пар переменных. Заметим, что возрастные различия в успешности решения задач, выявленные в нашем исследовании, соответствуют данным литературы, например оценкам для здоровых детей, приведенным в работе (Критская, Мелешко, 1997). Распределения количества детей, успешно решающих задачу «Пересечение классов», в сравниваемых работах не различаются (критерий Пирсона $\chi^2 = 2.43, df = 3, \rho = .49$). Для мультипликации отношений парная корреляция с количеством циклических стратегий составила $R_s = .307, \rho = .009$, а частная, с учетом связи этих переменных с возрастом — $R = .242, \rho = .043$ (приблизилась к границе интервала значимости); для вербальной классификации частная корреляция не отличалась от нуля ($R = .029, \rho = .812$). Таким образом, для успешности

решения задач на сохранение массы и веса выявленная корреляция не является артефактной оценкой.

Связь количества сформированных стратегий с успешностью решения задач Пиаже можно объяснить за счет принадлежности стратегий к структуре пропозициональной сети. Высказывания, фиксирующие решение задач Пиаже, обладают сложной синтагматической организацией, и возможность построения таких высказываний находится в соответствии со степенью сформированности составляющих пропозициональной семантической сети (Максимова, Александров и др., 1998). Иную сторону этой связи подчеркивает различное и дополняющее друг друга отношение линейных и циклических стратегий к возможности достижения выигрыша (к нему ведут линейные стратегии) и проигрыша (циклические стратегии препятствуют выигрышу противника). В этом соотношении проявляется необходимость одновременной актуализации стратегий этих типов как условия успешного осуществления данной деятельности. Можно предположить, что актуализация линейных и циклических стратегий является условием совмещения двух планов выполнения деятельности: направленности игрока на собственный выигрыш и на помехи противнику. Это требует децентрации, т.е. формирования способности анализировать игровую ситуацию не только с собственной позиции (игрока), но и с позиции противника, что согласно результатам Ж. Пиаже и его сотрудников (Пиаже, Инельдер, 2002) трудно преодолимо для детей 6–7 лет и в меньшей степени — для детей 11–13 лет (когда «эгоцентризм появляется в третий раз» (Обухова, 1981), и, что, как показывают наши данные, составляет существенную трудность даже для взрослых. Длительное сохранение центрации в стратегической игре проявляется в трудностях вербализации содержания этой деятельности у испытуемых разного возраста (см.: Максимова и др., 1998). Можно полагать, что различие свойств и гетерохрония формирования составляющих СИЗ, соответствующих линейным и циклическим стратегиям, может служить одним из оснований для объяснения известного феномена Пиаже. Заметим, что результаты проведенного анализа хорошо соответствуют выявленной связи между количеством сформированных циклических стратегий и смещением к полюсу рефлексивности (в оценках когнитивного стиля импульсивность-рефлексивность), поскольку эта стилевая характеристика связана с «использованием более продуктивных стратегий решения задач» (Холодная, 2002в, с. 299).

Кроме характеристик линейных и циклических стратегий из дескрипторов СПС с успешностью решения задач Пиаже проявила связь оценка ветвления графа в начале игры (разнообразие дебютов, см. 7.4, 7.6.3 и 7.6.4) так, что лица с большим разнообразием допускали больше ошибок при решении задач на сохранение массы (частная корреляция с коррекцией на возраст, $n = 68$; $R = -.355$, $\rho = .003$), включение классов ($R = -.303$, $\rho = -.011$), мультипликацию классов ($R = -.285$, $\rho = .017$).

Анализ сопряженности дескрипторов СПС с характеристиками когнитивных стилей показал, что для «рефлексивных» игроков характерно большее количество сформированных циклических стратегий, более длинные линейные стратегии, а также меньшая разветвленность графа в начале игр, чем для «импульсивных» (частные корреляции с коррекцией на возраст, $n = 265$; $.199 \leq |R| \leq .274$; $2.3 \cdot 10^{-6} \leq \rho \leq .001$). Значимых связей с оценками полнезависимости не выявлено.

Длина сформированных линейных стратегий проявила связь с оценками 1-го субтеста Векслера (вербальное задание «логический отбор», см. 11.1.5.4), (частная корреляция с коррекцией на возраст, $n = 140$; $R = .181$, $\rho = .031$), а также с общей оценкой по тесту ($R = .196$, $\rho = .019$). Количество циклических стратегий связано с оценками по субтесту 2 (обобщение, операции с вербальными понятиями) и субтесту 5 (математические операции; $R = .186$, $\rho = .027$; $R = .230$, $\rho = .006$). Для лиц с большим ветвлением графа в начале игр характерны более низкие оценки по субтестам 2–5 ($-.245 \leq R \leq -.206$; $.003 \leq \rho \leq .014$), причем в эту корреляционную плеяду не входит корреляция с субтестом 1 ($R = -.043$, $\rho = .612$).

Из всего множества дескрипторов СПС только характеристика сформированности диахронических отношений типа В2 (связывающие компоненты стратегий в простейшие циклы — петли, см. таблицу 4) продемонстрировала связь с оценками социального интеллекта (частная корреляция с коррекцией на возраст, суммарный балл, $n = 93$; $R = .211$, $\rho = .040$). Отметим, что количество значимых корреляций, связывающих дескрипторы СПС с оценками интеллекта (WAIS), достоверно больше, чем связей с оценками социального интеллекта (точный тест Фишера, $\rho = .016$). В свою очередь количество связей дескрипторов СПС с характеристиками когнитивных стилей больше, чем с оценками интеллекта (WAIS) (точный тест Фишера, $\rho = .011$). При сравнениях количества значимых корреляций дескрипторов СПС с оценками других групп индивидуально-психологических характеристик (задачи Пиаже с социальным интеллектом, интеллектом-WAIS, когнитивными стилями; интеллект-WAIS с когнитивными стилями) статистические нуль-гипотезы о сходстве распределений не были отклонены.

11.2.3.2. Организация САС (синхронические отношения и группы компонентов, образованные ими)

Синхронические отношения рефлексивны или симметричны, на этом, по-видимому, основывается такое важное свойство ассоциативных сетей, как simultaneity (Петренко, 1997, с. 68). В этот класс отношений входят описанные нами отношения AND, XOR и IOR (см. 3.2.3, 7.6.4.3, 8.2.5.1).

11.2.3.2.1. Факторный анализ набора дескрипторов синхронических отношений и групп компонентов, образованных ими

Дескрипторы этого типа отношений, как показал факторный анализ (см. 11.2.1.1, таблица 2), имеют наибольшие нагрузки на факторы **ASIII/SI** (отношения XOR и IOR) и **ASXI/SVI** (отношение AND). Содержание этих факторов, учитывая также фактор **ASIV/SII**, соответствует ассоциативной семантической сети. В этом описании обращает на себя внимание то, что отношения AND, во-первых, представлены обособлено от отношений XOR и IOR, а, во-вторых, не связаны с фактором доменной организации СИЗ.

Для уточненного факторного анализа отобраны только дескрипторы САС (малая матрица, описывающая состояние СИЗ, сформированное за 260 актов игры, см. 11.1.6). В список дескрипторов были включены: количество отношений AND, XOR и IOR (соответственно *r01*, *r05*, *r09*), количество отношений каждого типа в группах компонентов (3-й квартиль распределения, *r03*, *r07*, *r11*) и количество компонентов СИЗ (КАИ), связанных каждым из этих типов отношений (*r04*, *r08*, *r12*). Для описания доменной организации (см. подробнее 7.6.4.3 и 8.2.5.1) использованы дескрипторы *d04* (количество доменов), *d06* (оценка количества компонентов, включенных в домен), *d11* (общее количество субдоменов), *d13* (оценка количество субдоменов в домене), *d16* (оценка количества компонентов, составляющих субдомен), *d18* (общее количество областей пересечения субдоменов), *d20* (оценка количества областей пересечения субдоменов в домене).

Использовали метод главных компонент с последующим косоугольным вращением PROMAX(4). Исходная матрица пригодна для проведения факторного анализа: детерминант положителен, критерий Кайзера-Мелькина-Олькина КМО = .807; критерий сферичности Бартлетта: $\chi^2 = 6123.7$, $df = 120$, $\rho = 0$.

Выделено четыре фактора, объясняющих 83.01% дисперсии (см. таблицу 6). **Фактор I** (48.25% дисперсии) с наибольшими весами включил дескрипторы доменной организации: *d04* (количество доменов в СИЗ с отрицательным знаком, отрицательный полюс оси фактора I), *d06* (количество компонентов СИЗ, составляющих домен), *d13* (количество субдоменов, на которые разделен домен), *d20* (количество областей пересечений субдоменов в домене). Нагрузки дескрипторов отношений AND, XOR и IOR на этот фактор не превышают 0.67, он представляет общие характеристики доменной организации СИЗ, безотносительно отношений, которые предположительно связывают компоненты в домены.

В **фактор II** (17.22 % дисперсии) с наибольшими весами вошли как переменные, характеризующие синхронические отношения AND, XOR и IOR через количество актов, которые они связывают (соответственно *r04*, *r08* и *r12*), так и характеристики суборганизации доменов — общее количество

Таблица 6

Факторные веса переменных, характеризующих синхронические отношения и группы компонентов СИЗ, образованные ими

Переменные	Характеристики группы переменных	Факторы			
		I	II	III	IV
<i>r01</i> <i>r03</i> <i>r04</i>	ОтношениеAND		.744		.871 .785
<i>r05</i> <i>r07</i> <i>r08</i>	ОтношениеXOR		.799	.821 .721	
<i>r09</i> <i>r11</i> <i>r12</i>	ОтношениеIOR		.901	.927 .886	
<i>d04</i> <i>d06</i>	Домен, как составляющая СИЗ	-.885 .952			
<i>d11</i> <i>d13</i> <i>d16</i>	Субдомены	.957	.960		.937
<i>d18</i> <i>d20</i>	Пересечения субдоменов	.957	.899		

Примечание: показаны факторные веса, превышающие величину 0.7.

субдоменов и областей пересечения субдоменов в рамках всей СИЗ (*d11* и *d18*). **Фактор III** (9.04 % дисперсии) совместно с оценкой количества компонентов, составляющих субдомен, включал переменные, которые характеризуют общее количество сформированных отношений XOR и IOR (*r05* и *r09*), а также оценку количества отношений этих типов в группах компонентов (*r07* и *r11*). Важно заметить, что аналогичные характеристики отношения AND не вошли в этот фактор, они дали максимальные нагрузки на **фактор IV** (8.5% дисперсии), с которым характеристики доменной организации не проявили значимых связей, хотя отношения AND характеризуют пересечения субдоменов.

Таким образом, фактор I характеризует домены как специфические составляющие СИЗ вне связи с синхроническими отношениями, в то время как факторы II и III указывают на сопряженность отношений с доменной организацией. Установленное соотношение нагрузок переменных на факторы I—III указывают на то, что отношения XOR и IOR образуют суборганизацию доменов: расчлененность на субдомены, связность субдоменов, т.е. количество и объем зон их пересечения, но эти отношения не инициируют образование

доменов. Отношения AND, судя по результатам факторного анализа, представленным в этом разделе (как и в таблице 2), образуют самые глубокие, далее нерасчлененные области связности организации домена (см. рисунок 17, гл. 7). Возможно, что компоненты СИЗ, не связанные в домены, но уже вступившие в отношения AND, представляют минимальную группу, которая может далее развиваться в сложную доменную организацию. В таком случае фактор IV характеризует ситуацию зарождения домена, но, поскольку это относительно редкое событие, этот фактор объясняет всего лишь 8.5 % дисперсии.

11.2.3.2.2. Динамика формирования синхронических отношений

Сравнение характеристик отношений каждого типа, сформированных на протяжении 260 актов игры у игроков разных возрастных групп, показало, что:

- 1) общей направленности связи количества сформированных отношений AND с возрастом (градуального увеличения или уменьшения) не выявлено; для возрастной группы III' отмечено максимальное количество этих отношений, поэтому при учете этой группы межгрупповые различия достигали уровня значимости (критерий Джонкхира-Терпстра, количество уровней = 7; $J-T = -3.39$; $\rho = .001$), а ее исключение элиминировало различия (количество уровней = 6; $J-T = -1.93$; $\rho = .053$);
- 2) для количества отношений XOR и IOR характерно увеличение с 6 до 16 лет (группы I'-IV') (критерий Джонкхира-Терпстра, количество уровней = 4; для XOR: $J-T = 6.69$; $\rho = 3.49 \cdot 10^{-6}$; для IOR: $J-T = 7.29$; $\rho = 8.55 \cdot 10^{-13}$); начиная с 16-ти летнего возраста количество формируемых отношений этих типов значимо не увеличивается (4 уровня; $J-T = 1.01$; $\rho = .314$; $J-T = .27$; $\rho = .979$);
- 3) количество компонентов СИЗ, связанных отношениями AND, увеличивается с 6 до 13 лет (группы I'-III') (3 уровня; $J-T = 3.73$; $\rho = .0002$), а затем стабилизируется (4 уровня; $J-T = -1.53$; $\rho = .125$);
- 4) количество компонентов СИЗ, связанных отношениями XOR и IOR возрастает с 6 до 16 лет (группы I'-IV') (4 уровня; XOR: $J-T = 5.41$; $\rho = 7.14 \cdot 10^{-8}$; IOR: $J-T = 5.49$; $\rho = 4.71 \cdot 10^{-8}$), а в старших группах (IV'-VII') не различается (4 уровня; XOR: $J-T = -.36$; $\rho = .717$; IOR: $J-T = -1.88$; $\rho = .61$).

Сопоставление частоты встречаемости отношений различного типа, а также компонентов СИЗ, вступивших в отношения того или иного типа, показало, что во всех возрастных группах наименее распространены отношения AND

(критерий знаков; сравнение с XOR для количества отношений/количества компонентов: $Z = -154.62 / Z = -208.66$; с IOR: $Z = -274.85 / Z = -281.88$; для всех оценок $\rho < 10^{-10}$). Наиболее распространены отношения IOR (сравнение с AND для количества отношений/количества компонентов: $Z = 274.85 / Z = 281.88$; с XOR: $Z = -287.48 / Z = -287.53$; для всех оценок $\rho < 10^{-10}$).

Анализ формы кривых, аппроксимирующих процесс увеличения количества сформированных отношений AND, XOR и IOR и количества компонентов СИЗ, связанных отношениями этих типов, показал, что для всех семейств этих кривых значения показателя степени в степенной составляющей аппроксимирующей функции (см. 11.1.7, уравнение /2/), учитывая оценки доверительных интервалов, изменяется от 1 до 2. Заметим, что значения аналогичного параметра кривых, описывающих формирование диахронических отношений, не достигают 2 (см. раздел 11.2.3.1.4.), а для некоторых семейств кривых не превышают единицы.

Проанализировано 6 семейств кривых, построенных при помощи процедуры нелинейного регрессионного анализа (для этого использована комбинированная функция /2/), аппроксимировавших эмпирические соотношения количества сформированных отношений или количества компонентов СИЗ, связанных этими отношениями. Каждое семейство содержало 7 кривых для каждой возрастной группы (всего 42 кривые). Рассчитанные аппроксимации показали достаточную точность: медианное значение R^2 составило .825 (I квартиль — .75; III — .90; минимальное значение $R^2 = .56$).

Кривые, описывающие формирование отношений AND у игроков разных возрастных групп, не упорядочены в связи с возрастом, что проявляется также в отсутствии связи с возрастом количества сформированных отношений этого типа и ограниченности такой связи для количества компонентов СИЗ, связанных отношениями AND (см. выше). Для семейств кривых, описывающих формирование отношений XOR и IOR для разных возрастов, характерна упорядоченность: для младших групп — кривые, нарастающие с меньшей скоростью, а для старших — с достоверно большей скоростью. Это соотношение проявляется в различии количества отношений XOR и IOR, формирующихся в разных возрастных группах.

Вклад S-образной составляющей в форму кривых увеличивался с возрастом игроков, так что для группы I' форму кривых определяла степенная функция, а по мере увеличения возраста ее относительный вес снижался.

На рисунке 18 показано семейство эмпирических кривых, описывающих формирование отношений XOR у игроков I'-VII' возрастных групп. Аппроксимации этих кривых представлены на рисунке 19 А. Рисунок 19 Б показывает значения первой производной кривых I'-VII', т.е. динамику скорости формирования отношений XOR. Для группы I' скорость возрастает

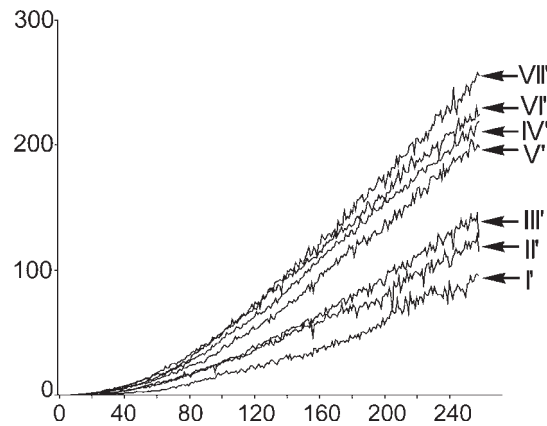


Рис. 18. Эмпирические кривые, описывающие формирование отношений XOR у испытуемых возрастных групп I'–VII'. По оси абсцисс — количество совершенных актов игры; по оси ординат — количество сформированных отношений (средние величины)

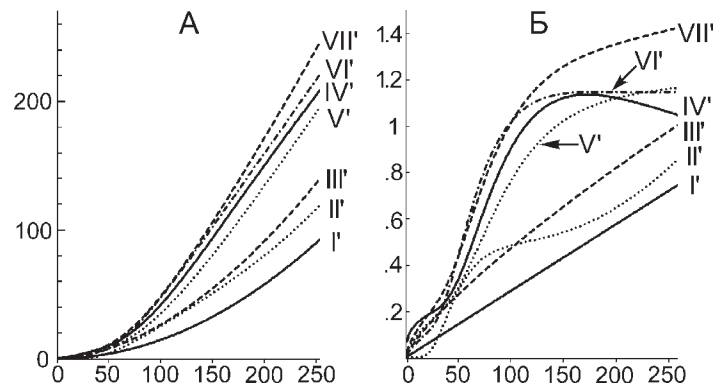


Рис. 19. Аппроксимация эмпирических кривых, описывающих формирование отношений XOR у испытуемых возрастных групп I'–VII' при помощи комбинированных функций $/2/$ и анализ их формы. А — аппроксимации эмпирических кривых, показанных на рисунке 18; Б — первая производная аппроксимирующих функций, показанных на А. По оси абсцисс — количество совершенных актов игры; по оси ординат — на А количество сформированных отношений, на Б — значения первой производной кривых

линейно; это означает, что вклад S-образной составляющей в аппроксимацию эмпирической кривой неотличим от нуля.

Вклад S-образной составляющей аппроксимирующей функции возрастает у испытуемых старших возрастных групп (IV'–VII'), достоверность увеличения определена при сопоставлении доверительных интервалов коэффициентов комбинированного уравнения, при этом скорость формирования отношений повышается. Такое соотношение вклада степенной и S-образной составляющих характерно для всех семейств кривых, описывающих отношения AND, XOR и IOR: вклад S-образной составляющей увеличивается с возрастом, его величина хорошо соответствует оценкам количества сформированных отношений и компонентов, связанных такими отношениями (см. выше).

Одна из важных черт, определяющих S-образную форму эмпирических кривых — начальный участок кривой (0 ÷ 50 актов игры), который ориентирован приблизительно параллельно оси абсцисс. Для того чтобы описать характеристики этого участка, оценивали длительность интервала, на котором отношения каждого их типов еще не сформировались.

Оценки длительности задержки формирования отношения AND распределены на интервале 2–43 акта игры (Med = 13; I квартиль — 9; III — 18 актов), появление первого отношения XOR распределено на интервале 6 ÷ 87 актов игры (Med = 24; I квартиль — 18; III — 36 актов). Для IOR эти величины составили: размах 3 ÷ 55 актов игры, Med = 10; I квартиль — 6; III — 15 актов).

Сравнение длительности «нулевых» интервалов для трех типов синхронических отношений показало, что задержка первого проявления формирования отношений максимальна для XOR (медианный тест; сравнение длительности интервала для XOR и AND: $\chi^2 = 128.76$, $df = 1$, $p = 2.01 \cdot 10^{-29}$; для XOR и IOR: $\chi^2 = 190.74$, $df = 1$, $p = 7.12 \cdot 10^{-43}$), минимальна длительность задержки для формирования отношения IOR (сравнение с AND: $\chi^2 = 26.56$, $df = 1$, $p = 2.56 \cdot 10^{-7}$).

Длительность задержки формирования отношений AND для разных возрастных групп не показала различий (критерий Джонкхира-Терпстра; для AND: количество уровней = 7, $J-T = -.79$, $p = .432$). Различия в длительности задержки формирования отношения IOR выявлены только при сопоставлении возрастных групп III' и IV' (2 уровня, $J-T = -3.95$, $p = 7.69 \cdot 10^{-5}$) так, что медиана для группы III' составила 14 актов, а для группы IV' — 8 актов.

Длительность задержки формирования отношения XOR снижается с возрастом испытуемых (7 уровней; $J-T = -5.10$, $p = 3.59 \cdot 10^{-7}$), причем эта связь не распространяется на все возрастные группы (сравнение для I' ÷ III' групп: 3 уровня, $J-T = -.98$, $p = .331$; для IV' и VII' групп: 4 уровня, $J-T = -.53$, $p = .596$). Связь с возрастом ограничена различием между длительностью оцениваемых интервалов у III' и IV' групп: 2 уровня, $J-T = -3.95$,

$\rho = 9.80 \cdot 10^{-5}$; медиана для группы III' — 33 акта, а для IV' группы — 23, причем I квартиль для группы III' составил 26 актов, а III квартиль для группы IV' — 30 актов.

11.2.3.2.3. Группы компонентов, связанные синхроническими отношениями
Сравнение характеристик организации доменов у испытуемых различных возрастных групп (общего количества сформированных за 260 актов игры доменов, субдоменов и пересечений субдоменов, квартильных оценок количества компонентов СИЗ, включенных в эти группы) показало, что для групп I' ÷ III' эти различия не достигают уровня значимости (критерий Джонкхир-Терпстра, 3 уровня; $|J-T| \leq 1.93$, $\rho \leq .054$), кроме общего количества сформированных субдоменов и их пересечений (3 уровня; субдомены: $J-T = 2.99$, $\rho = .003$; пересечения: $J-T = 2.55$, $\rho = .011$), увеличивающегося в этом возрастном диапазоне. Сравнение этого множества дескрипторов для групп IV' ÷ VII' не выявило достоверных различий ни в одном случае (4 уровня; $|J-T| \leq 1.77$, $\rho \leq .077$). Изменения в организации доменов выявлены при сопоставлении III' и IV' групп; эти различия сохраняются и при сравнении всех младших (I' ÷ III') и старших (IV' ÷ VII') групп. Таким образом, для старших групп характерно меньшее количество сформированных доменов (2 уровня; $J-T =$

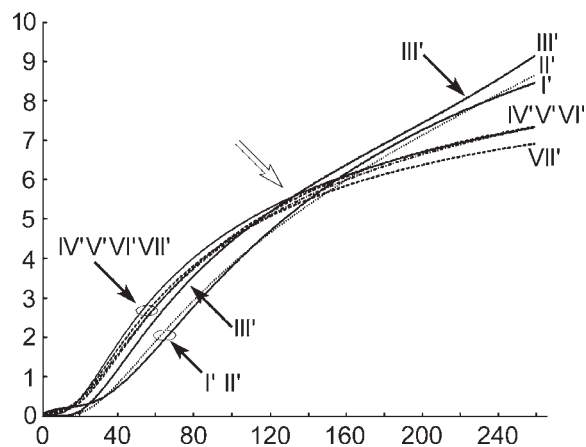


Рис. 20. Аппроксимация эмпирических кривых, описывающих формирование доменов у испытуемых возрастных групп I'–VII'. По оси абсцисс — количество совершенных актов игры; по оси ординат — количество сформированных доменов. Овалы обозначают пучки сходных по характеристикам кривых; белая стрелка указывает зону пересечения пучков кривых

-8.54 , $\rho = 2.22 \cdot 10^{-16}$), содержащих больше компонентов СИЗ ($J-T = 7.33$, $\rho = 6.45 \cdot 10^{-13}$) и субдоменов ($J-T = 4.17$, $\rho = 3.01 \cdot 10^{-5}$) большего объема ($J-T = 8.33$, $\rho = 8.88 \cdot 10^{-16}$), причем субдомены образуют больше областей пересечения ($J-T = 7.03$, $\rho = 3.08 \cdot 10^{-11}$); увеличивается и сложность организации домена, оцененная по энтропии ($J-T = 6.58$, $\rho = 7.88 \cdot 10^{-11}$).

Оценки, полученные в результате факторного анализа массива дескрипторов синхронических отношений и групп компонентов, образованных ими, могут более точно отображать возрастные различия в организации доменов. Эти оценки, тем не менее, совпадают с приведенными выше — для общих характеристик структуры домена и субдоменов (факторы I, II и III), но факторные оценки отношений AND, которые связывают компоненты в рамках области пересечения субдоменов, достигают максимальных значений в группе III', а затем, в группе IV', снижаются (2 уровня; $J-T = -2.59$, $\rho = .009$).

Семейство кривых, показанных на рисунке 20, описывает формирование доменов в семи возрастных группах. Конфигурации этих кривых достаточно точно аппроксимируют эмпирические соотношения: квадраты коэффициентов корреляции распределены на интервале $.758 \leq R^2 \leq .870$, к такому выводу приводит также и анализ остатков.

Форма этих кривых образована как степенной, так и S-образной составляющей комбинированной функции /2/, причем вклад S-образной составляющей доминирует во всех возрастах, особенно на интервале, близком к началу формирования компетенции. Заметим, что длительность пологого участка кривых в интервале $0 \div 40$ актов игры, характеристика кривых, в которой проявляется вклад S-образной составляющей, больше у младших групп, чем у старших. Наибольший вклад степенной составляющей в конфигурацию кривых отмечен для групп I' ÷ III' и на интервале после 120-го акта игры. Кривая для группы III' на начальном этапе за счет меньшей выраженности S-образной составляющей, чем в группах I' и II', располагается ближе к кривым старших групп IV' ÷ VII', а после 120 хода игры, при увеличении вклада степенной составляющей, расходится с кривыми старших групп, совпадая с кривыми младших. Таким образом, у испытуемых старших групп на начальном этапе приобретения компетенции домены формируются с большей скоростью, чем у младших, но скорость формирования доменов у них снижается более интенсивно, чем у младших групп. В результате к 260 акту игры структура знания у младших групп содержит достоверно большее количество доменов, чем СИЗ игроков старших групп. Заметим, что наибольшая скорость формирования доменов наблюдается в группе III' — сначала как у старших, а затем — как у младших групп. Взаимное расположение кривых на всем протяжении приобретения компетенции показывает ограниченность статических оценок формирования доменов, как и других составляющих СИЗ (см. рисунок 13). Экстраполяция рассчитанных кривых на продолжающееся приобретение

компетенции показывает (в пределах устойчивости оценки дисперсии), что соотношение количества формирующихся доменов у младших и старших групп, достигнутое к 260 акту игры, сохраняется даже на протяжении 50000 ходов. При этом, учитывая межиндивидуальную вариативность, после 5000 актов количество сформированных доменов стабилизируется: для I' группы — около 15 доменов, для VII' — около 10.

На рисунке 21 показаны кривые, описывающие формирование субдоменов в семи возрастных группах. Конфигурации этих кривых достаточно точно аппроксимируют эмпирические соотношения: квадраты коэффициентов корреляции распределены на интервале $.758 \leq R^2 \leq .874$, анализ остатков и соотношений доверительных интервалов коэффициентов уравнений приводит к такому же заключению.

Форма этих кривых образована как степенной, так и S-образной составляющей комбинированной функции /2/, однако вклад S-образной составляющей доминирует в старших возрастных группах: эта составляющая проявляется в характерном пике на кривых изменения значений производных (см. рисунок 21, Б). Производная степенной функции — гладкая монотонная кривая с прогрессивно уменьшающимся (для показателя меньше, чем единица) или возрастающим (при показателе больше единицы) значением. Заметим, что на кривой для группы I' на производной кривой нельзя выделить собственно максимум,

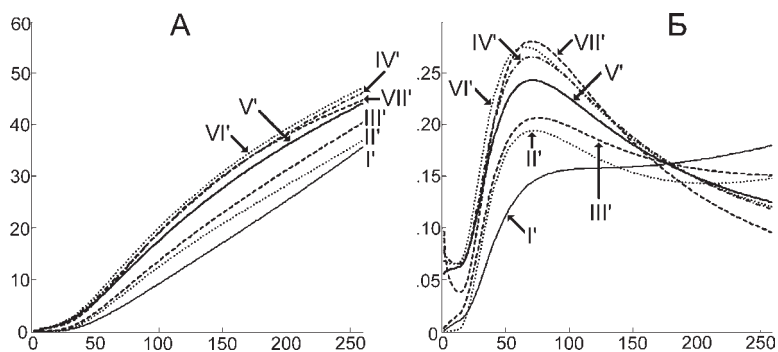


Рис. 21. Аппроксимация эмпирических кривых, описывающих формирование субдоменов у испытуемых возрастных групп I'–VII' при помощи комбинированных функций /2/ и анализ их формы. А — аппроксимации эмпирических кривых; Б — первая производная аппроксимирующих функций, показанных на А. По оси абсцисс — количество совершенных актов игры; по оси ординат — на А количество сформированных субдоменов, на Б — значения первой производной кривых

скорее это неравномерное увеличение скорости формирования субдоменов. Пиковые значения скорости формирования субдоменов увеличиваются в возрастном ряду. Во второй половине изученного интервала приобретения компетенции (после 140–150 актов игры) у младших групп (I' ÷ III') скорость формирования субдоменов снижается незначительно, причем в группе I' даже возрастает, в то время как у старших групп интенсивно снижается.

Экстраполяция построенных кривых (рисунок 21 А) на продолжение приобретения компетенции показывает, что в окрестностях 350 акта игры кривые для разных возрастных групп, показанные на рисунке 21, сближаются, а затем пересекутся так, что к 1000-му акту возрастные соотношения инвертируются: количество субдоменов, типичное для доменной организации СИЗ младших групп, может составить 250 ÷ 300, в то время как у старших — 60 ÷ 80.

Образование пересечений субдоменов показано на рисунке 22. Точность аппроксимации кривых этого семейства ниже, чем для тех, что показаны на рисунках 20 и 21 ($.285 \leq R^2 \leq .480$), но сопоставление остатков для регрессионных моделей, построенных при использовании функций, составляющих комбинированное уравнение /2/, показало, что вклад в их конфигурацию S-образной составляющей существенно меньше, чем вклад степенной составляющей. Анализ производных этого семейства кривых также показывает,

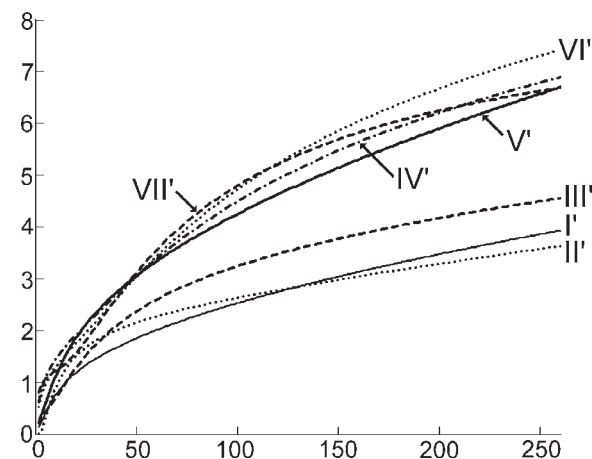


Рис. 22. Аппроксимация эмпирических кривых, описывающих формирование групп компонентов, составляющих области пересечения субдоменов у испытуемых возрастных групп I'–VII'. По оси абсцисс — количество совершенных актов игры; по оси ординат — количество образовавшихся пересечений

что их форма отличается от экспоненты лишь на начальном участке, и это отличие незначительно.

Взаимное расположение этих кривых на всем протяжении контролируемого интервала приобретения компетенции хорошо соответствует статистическим оценкам, представленным выше. Экстраполяция этих кривых на более поздние этапы формирования СИЗ показывает, что кривые для младших и старших групп игроков с высокой степенью вероятности сблизятся в интервале 1000 ÷ 5000 актов игры.

Таким образом, в большинстве случаев в форме кривых, описывающих формирование групп компонентов, образованных синхроническими отношениями, для всех возрастных групп выражено присутствие S-образного компонента. Учитывая результаты анализа остатков, отметим, что на начальных этапах формирования СИЗ вклад S-образной составляющей имеет больший вес (см. рисунки 20 и 21), причем для младших групп этот вклад проявляется в увеличении длительности участка, почти параллельного оси абсцисс, а для старших — в увеличении выпуклости кривой, повышении скорости формирования групп компонентов (см. рисунок 21 Б). Важно заметить также, что в кривых, описывающих формирование доменов как целостных образований, а также субдоменов, вклад S-образного компонента более существенен, чем в кривых, характеризующих образование зон пересечения субдоменов (ср. семейства кривых на рисунках 20, 21 А и 22).

11.2.3.2.4. Соотношение свойств составляющих САС с индивидуально-психологическими характеристиками

Дескрипторы САС проявили тесные связи с характеристиками когнитивных стилей, причем некоторые из них сопряжены как с оценкой поле(не)зависимости, так и импульсивности-рефлексивности. Так, количество субдоменов, составляющих домен, больше у лиц, характеризующихся как полнезависимые ($n = 265$; $R = .147$, $\rho = .016$), а также как рефлексивные (время первого решения: $R = .212$, $\rho = .001$; ошибки: $R = -.141$, $\rho = .021$). Сходные связи показали дескрипторы «количество областей пересечения субдоменов в домене» (полнезависимость: $R = .141$, $\rho = .021$); время первого решения: $R = .213$, $\rho = .001$; ошибки: $R = -.123$, $\rho = .040$), «энтропийная оценка сложности домена» (полнезависимость: $R = .134$, $\rho = .028$); время первого решения: $R = .200$, $\rho = .001$), а также «количество отношений XOR в группе компонентов СИЗ» (полнезависимость: $R = .144$, $\rho = .019$; рефлексивность, время первого решения: $R = .136$, $\rho = .026$). Отметим, что эти показатели характеризуют собственно сложность доменной организации СИЗ. Дескрипторы, которые оценивают не собственно строение доменов, а общее количество такого рода объединений в СИЗ, общее количество включенных в такие образования компонентов СИЗ, проявили связь либо только с поле(не)за-

висимостью, либо только с импульсивностью-рефлексивностью: «общее количество субдоменов» (полнезависимость: $R = .147$, $\rho = .016$), «общее количество доменов» и «количество компонентов в субдоменах» (рефлексивность, время первого ответа: $R = -.193$, $\rho = .002$; $R = .142$, $\rho = .021$), «количество компонентов, составляющих домены» (рефлексивность, время первого решения: $R = .238$, $\rho = 9.9 \cdot 10^{-5}$; ошибки: $R = -.166$, $\rho = .007$). С оценками когнитивных стилей сопряжены также характеристики отношений IOR, связывающие компоненты СИЗ в рамках пересечений субдоменов, и XOR, которые разделяют группы компонентов на субдомены, образуя их сложное строение: «общее количество отношений IOR в СИЗ» (рефлексивность, время первого ответа: $R = .137$, $\rho = .026$), «количество отношений IOR и XOR в группе компонентов» (полнезависимость, IOR: $R = .147$, $\rho = .016$; XOR: $R = .144$, $\rho = .019$).

Таким образом, для полнезависимых и рефлексивных игроков характерна более сложная доменная организация, в которой выделяется много субдоменов, имеющих много областей пересечения, образованных большим количеством отношений XOR; увеличение количества субдоменов, количества актов, включенных в субдомены, количества отношений IOR, связывающих компоненты, смещает индивидов к полюсу полнезависимости, а увеличение количества доменов, снижение количества компонентов, составляющих домены, общего количества отношений IOR соответствует смещению к полюсу импульсивности.

С эффективностью решения задач Пиаже проявили связь дескрипторы организации доменов и отношений между компонентами СИЗ в рамках доменов:

- энтропийная оценка сложности домена — с успешностью решения задач на сохранение веса и мультипликацию отношений (частная корреляция с коррекцией на возраст, $n = 68$; сохранение веса: $R = .238$, $\rho = .047$; мультипликация отношений: $R = .367$, $\rho = .002$);
- количество областей пересечений субдоменов, субдоменов в домене и количество отношений IOR и XOR внутри домена — с решением задачи мультипликации отношений (пересечения: $R = .247$, $\rho = .039$; субдомены: $R = .308$, $\rho = .009$; IOR: $R = .246$, $\rho = .040$; XOR: $R = .279$, $\rho = .019$);
- количество доменов, субдомены которых не пересекаются, отрицательно коррелирует с успешностью решения задачи на вербальную классификацию ($R = -.432$, $\rho = 1.03 \cdot 10^{-14}$).

Из всего множества дескрипторов САС с оценками интеллекта (WAIS) проявили связь «количество сформированных доменов» (2-й субтест, абстрагирование и обобщение вербального материала, частная корреляция с коррекцией

на возраст, $n = 140$; $R = -.181$, $\rho = .031$), а также количество доменов с упрощенной организацией, все субдомены которых пересекаются на одном компоненте (1-й субтест, «логический отбор»: $R = -.177$, $\rho = .035$; 2-й субтест: $R = -.252$, $\rho = .002$; суммарный балл: $R = -.255$, $\rho = .002$). Отметим, что ни для одного из дескрипторов синхронических отношений корреляций, отличных от нуля, с оценками интеллекта (WAIS) не выявлено.

Наибольшее количество связей с дескрипторами САС показали оценки социального интеллекта по шкале «понимание логики развития ситуаций»: с количеством сформировавшихся субдоменов (частная корреляция с коррекцией на возраст, $n = 93$; $R = .221$, $\rho = .031$), энтропийной оценкой сложности организации доменов ($R = .206$, $\rho = .045$), количеством в группе компонентов СИЗ отношений AND ($R = -.251$, $\rho = .015$), XOR ($R = .215$, $\rho = .039$) и IOR ($R = -.229$, $\rho = .027$). С другими шкалами теста были связаны дескрипторы только синхронических отношений. Со шкалой «понимание многозначности вербального поведения в зависимости от контекста» коррелировали оценки количества в группе компонентов СИЗ отношений AND ($R = -.213$, $\rho = .040$), XOR ($R = .223$, $\rho = .032$) и IOR ($R = -.214$, $\rho = .039$). С суммарным баллом по тесту найдена связь только для общего количества отношений AND в рамках СИЗ ($R = -.213$, $\rho = .040$).

Количество значимых корреляций, связывающих дескрипторы САС с оценками интеллекта (WAIS), достоверно меньше, чем связей с оценками социального интеллекта (точный тест Фишера, $\rho = .041$). В свою очередь количество связей дескрипторов САС с характеристиками когнитивных стилей больше, чем с оценками интеллекта (WAIS) ($\rho = 1.5 \cdot 10^{-5}$), социального интеллекта ($\rho = 9.8 \cdot 10^{-3}$) и эффективности решения задач Пиаже ($\rho = 2.2 \cdot 10^{-6}$). При сравнениях количества значимых корреляций дескрипторов САС с оценками других групп индивидуально-психологических характеристик статистические нуль-гипотезы о сходстве распределений не были отклонены.

11.2.4. К ЭВОЛЮЦИОННОМУ ОПИСАНИЮ ФОРМИРОВАНИЯ СИЗ

Для построения эволюционного описания формирования СИЗ применили вычислительные процедуры «ретроитеративной рекурсивной кластерной классификации». (см.: 11.1.3.5). Строили классификацию вариантов состояния СИЗ для испытуемых разного возраста и разных стадий приобретения ими компетенции.

Использование классов в качестве единиц анализа позволяет описывать формирование СИЗ не как изменение связанных, но отдельных характеристик,

а в терминах появления новых типов состояния СИЗ, их смены и преобразования. Для классификации использовали набор дескрипторов СИЗ, содержащий характеристики компонентного состава, а также сетевых образований — пропозициональных (СПС) и ассоциативных (САС). Состав этого набора переменных дан в 11.1.3.5.

Процедуру начинали с классификации вариантов описания СИЗ для завершающего этапа приобретения компетенции (280–300 актов игры). Выявленные характеристики типов СИЗ использовали рекурсивно — как начальные условия для классификации на *предшествующем* интервале, а характеристики новых результатов классификации использовали на следующем, $n-1$ интервале игры. Итерации продолжали до интервала, соответствующего началу приобретения компетенции (акты 1–20). Траекторию формирования СИЗ для каждой возрастной группы определяли как линию, соединяющую медианы распределения типов СИЗ для каждого из 15 интервалов, на которые была разбита эпоха анализа — 300 актов игры. Соотношение траекторий для разных возрастных групп, их ветвления и пересечения рассматривали как проявления эволюционных закономерностей формирования СИЗ.

11.2.4.1. Классификация организации СИЗ

11.2.4.1.1. Дискриминантный анализ: установление исходных условий

Целью первичной классификации являлось вычисление значений центроидов для групп объектов, которые могли бы послужить исходными для рекурсивной процедуры кластеризации на последовательных интервалах — от завершения приобретения компетенции к началу этого процесса (см. 11.1.3.5). Для первичной классификации групп переменных, описывающих компонентный состав СИЗ, отношения между компонентами и характеристики групп компонентов, образованных этими отношениями (всего 59 дескрипторов), использовали процедуру дискриминантного анализа. В качестве классифицирующей переменной (*априорной классификации*) использовали обозначение принадлежности испытуемого к одной из возрастных групп I' ÷ VII' (см. таблицу 1).

Для всего массива данных (*большая матрица*, см. 11.1.6) было выделено 7 классов (т.е. ни один из моделируемых классов не оказался пустым) 44.6% классифицируемых объектов были безошибочно приписаны значения переменной-классификатора. Для интервала 1–40 актов правильно определено 26.4% случаев, для 281–300 актов—49.3%. Установлено, что количество ошибок дискриминантной классификации достоверно снижается на протяжении процесса приобретения компетенции (критерий Джонкхира-Терпстра, количество уровней = 15; $J-T = -16.12$; $\rho < 10^{-10}$), на интервале 1–150 ход

медиана и мода распределения величины ошибки достигают величины в 1 балл, а после 150 хода эти характеристики распределения равны нулю.

Анализ корреляций между переменными и дискриминирующими функциями (эти корреляции можно рассматривать как факторные нагрузки на каждую дискриминантную функцию) показал, что хотя из 59 переменных 14 не были включены в функции¹, все они имели значимые нагрузки на них. Более жесткая оценка, по сопряженности дескрипторов с номером класса, показала, что только 6 из них не проявили значимого уровня сопряженности с номером класса: количество компонентов СИЗ, связанных отношениями AND, одна из характеристик примитивных форм связности доменов, две из характеристик объема субдоменов, одна из энтропийных мер организованности домена (см. 11.1.3.3) и одна из характеристик диахронических отношений (частная корреляция с коррекцией на возраст, $n = 63944$; $R_s \leq .007$, $\rho \geq .076$). Остальные 53 дескриптора, характеризующие все составляющие СИЗ, показали достоверную связь с построенной типологией ($.0128 \leq R_s \leq .274$; $.001 \geq \rho \geq 9.9 \cdot 10^{-7}$). Ни одна из дискриминантных функций не разделяла массив векторов по доминированию групп признаков, характерных для САС или СПС, или по частным признакам, например, по характеристикам стратегий, доменов или отношений между компонентами.

Таким образом, ни один из признаков, использованных для описания СИЗ, не имел исключительного значения в разбиении массива на кластеры. Выделенные классы — *политетические*, выделенные по определенным сочетаниям значений признаков, а не по их фиксированным величинам (Олдендерфер, Блэшфилд, 1993). На этом основании можно сделать вывод, что построенная классификация характеризует СИЗ как целостное образование.

Заметим, что координаты центроидов для выделенных классов использовали не как окончательные, а как *начальные* условия для вычисления центров кластеров на протяжении всех шагов рекурсивной процедуры кластеризации. В принципе, поскольку в общем случае эти центры как начальное условие кластеризации выбираются случайно, то ошибки в исходных значениях центров могут не сказаться на результатах кластеризации. Важно, что принятая процедура задает высокую вероятность того, что обозначения вычисленных кластеров, если они соответствуют *порядку* возрастных групп, будут упорядочены как значения не номинальной, а *порядковой* шкалы.

¹ Эти переменные были исключены из процедуры дискриминантного анализа на основании принятого критерия толерантности ($Tol = 0.05$) как *избыточные*. Если хотя бы одна такая переменная не исключена, матрица является *плохо обусловленной* и непригодна для анализа.

11.2.4.1.2. Кластерный анализ: рекурсивная процедура

Кластеризовали значения семи переменных, полученных в результате дискриминантного анализа, но кластеры, к которым приписывали объекты, образовывались в результате преобразования исходных координат групп объектов, полученных в результате дискриминантного анализа. Поэтому результаты кластеризации существенно расходятся с исходной «дискриминантной» классификацией. Дискриминантный анализ применялся ко всему массиву данных, без разделения его по соответствию временным интервалам приобретения компетенции. При этом было установлено, что точность приписывания объектов к классам увеличивается по мере формирования компетенции. Изменения, внесенные в дискриминантную классификацию рекурсивной итеративной процедурой кластеризации можно оценить по значениям коэффициентов корреляции между значениями этих классификаций и динамике этих значений при приобретении компетенции. Эти значения увеличиваются градуально на протяжении формирования компетенции к 280–300 актам (1–20 акты игры: $n = 1850$, $R_s = .648$, $\rho = .014$; 280–300 акты игры: $n = 4773$, $R_s = .869$, $\rho = .005$; сравнение значений R_s при помощи преобразования Фишера: $t = 20.33$, $\rho < 10^{-6}$). Эти оценки показывают, что расхождение между исходной, «дискриминантной», и кластерной классификацией увеличивается с каждым шагом итераций в направлении к началу формирования компетенции.

Как и классы, полученные в результате процедуры дискриминантного анализа, образованные кластеры — *политетические* образования, причем те дескрипторы, которые не проявили связи с «дискриминантными» классами, оказались достоверно связанными с разбиением массива векторов на кластеры. В данном случае связь не найдена только для одной переменной, которая характеризует длину стратегий ($n = 63944$; $R_s = .0065$, $\rho = .102$). Заметим, что 17 из 58 коэффициентов корреляции дескрипторов СИЗ с кластерами выше по абсолютным значениям, чем с классами, полученными в результате дискриминантного анализа (преобразование Фишера: $t \geq 4.07$, $\rho < .0005$). Таким образом, классификация, полученная в результате «*ретроитеративной*» кластеризации более точно описывает изменяющуюся в процессе формирования СИЗ, ее особенности в разных возрастных группах, чем исходная классификация, полученная в результате дискриминантного анализа.

Поскольку классификация строилась таким образом, что номера кластеров соответствуют порядку возрастных групп, величины характеристик СИЗ изменяются с возрастом также, как это установлено в разделах 11.2.2, 11.2.3.1, 11.2.3.2. Увеличению ранга кластера соответствует: 1) снижение количества компонентов СИЗ, представляющих акты игры; 2) снижение количества изолированных компонентов СИЗ; 3) уменьшение количества групп компонентов СИЗ (доменов и субдоменов) при одновременном увеличении числа включенных в них компонентов; 4) возрастание степени дифференциации доменов

на пересекающиеся субдомены; 5) увеличение количества отношений AND, XOR и IOR и компонентов, связанных этими отношениями; 6) формирование большего количества стратегий (как линейных, так и циклических), включающих больше компонентов СИЗ (критерий Джонкхир-Терпстра, количество уровней = 7; $3.27 < J-T < 97.86$; $10^{-10} < \rho < .001$).

Обнаружено, что типы СИЗ, выделенные при применении рекурсивной процедуры кластеризации, хорошо соответствуют возрасту испытуемых ($r_s = 0.533$, $\rho = 9.9 \cdot 10^{-7}$). Отметим градуальное увеличение тесноты связи ранга кластера и возрастной группы на протяжении формирования компетенции: для первых десяти актов игры коэффициент корреляции между этими величинами не значим ($df = 36$, $R_s = -.035$, $\rho = .350$), для актов 11–20 значительно увеличивается ($R_s = .245$, $\rho = 7.04 \cdot 10^{-17}$), а для 291–300 актов достигает высокого уровня значимости ($R_s = .648$, $\rho < *10^{-100}$). Для начальных этапов формирования компетенции характерно более равномерное распределение рангов кластеров в группах испытуемых разного возраста, чем для завершающих (критерий Манна-Уитни, точный тест, 1–10 акты: $Z = 1.52$, $\rho = .130$; 40–50 акты: $Z = 13.63$, $\rho = 4.2 \cdot 10^{-62}$; 200–210 акты: $Z = 18.65$, $\rho = 1.4 \cdot 10^{-141}$). Эта тенденция проявляется в большей неопределенности соответствия ранга кластера и номера возрастной группы. Например, кластер № 4 правильно распознается на протяжении первых 20 актов игры с вероятностью .586, начиная с 100 акта — с вероятностью большей, чем .90, причем к 280 акту вероятность ошибки снижается до .006. Такое соотношение характерно и для кластеров других рангов.

11.2.4.2. Траектории формирования СИЗ в различных возрастных группах

Траектории формирования СИЗ для каждой возрастной группы определяли как линии, соединяющие медианы распределения рангов кластеров для 30 последовательных временных интервалов по 10 актов игры, на которые были разделены 300 актов игры, в течение которых контролировали процесс формирования компетенции.

На рисунке 23 показаны траектории для 21 интервала¹ из 30, для которых проведен анализ.

11.2.4.2.1. На самой ранней стадии формирования СИЗ (1–10 акты игры) медианы распределений рангов кластеров для различных возрастных групп близки по значениям (критерий Манна-Уитни, точный тест: $Z = 1.52$, $\rho = .130$), причем различия между младшими (I–III') и старшими (IV'–VII') возрастными группами также не достигают критерия значимости (критерий Ман-

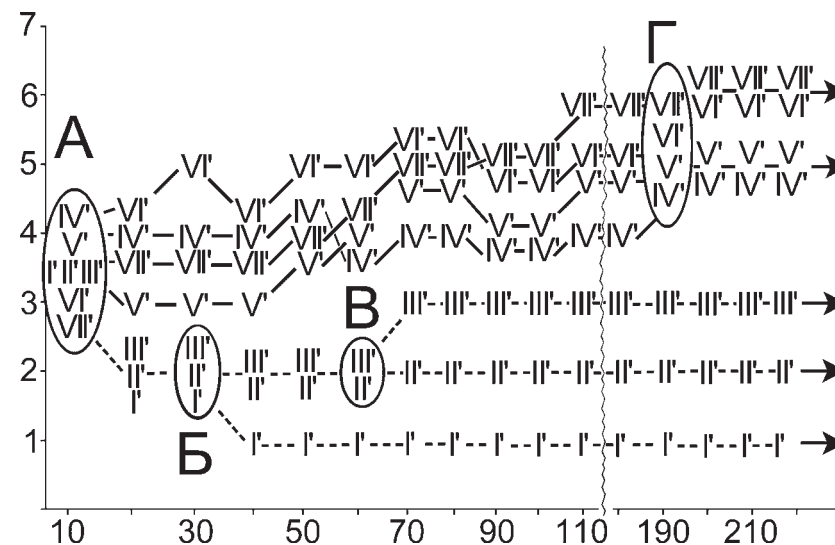


Рис. 23. Траектории формирования СИЗ в возрастных группах I'–VII'. По оси абсцисс — последовательность актов игры, числа отмечают интервалы по 10 актов, для которых оценивали положение медианы распределения рангов кластеров; по оси ординат — порядковая шкала рангов кластеров. Штриховой линией обозначены траектории для младших групп (I'–III'), сплошной — для старших (IV'–VII'). Овалами А, Б, В и Г помечены интервалы бифуркации траекторий. Вертикальная волнистая линия отмечает пропуск интервалов 120–160, на которых соотношение траекторий не изменяется. Стрелки в конце траекторий указывают на продолжение процесса за пределами рисунка

на-Уитни: $Z = 1.11$, $\rho = .267$) (см. рисунок 23, ситуация помечена овалом А). В то же время сравнение значений дескрипторов СИЗ в старших и младших группах для интервала 1–10 актов игры выявило достоверные различия (медианный тест, $\chi^2 \geq 4.39$, $df = 1$, $\rho \leq .036$). Для старших групп характерно меньшее количество сформированных компонентов СИЗ и разнообразие дебютов и эндшпилей игры, большее количество отношений XOR, циклических стратегий, а также диахронических отношений типа В2 (см. таблицу 4). Таким образом, хотя по типам строения СИЗ старшие и младшие группы не различаются достоверно, отмеченные особенности строения СИЗ присущи им с самого начала формирования компетенции.

¹ Иллюстрация показывает только эти интервалы, поскольку в дальнейшем ветвлении траекторий не выявлено.

На следующем интервале (11–20 акты) множество описаний СИЗ разделяется на два подмножества, включающих младшие (I'–III') и старшие группы (IV'–VII') (критерий Манна-Уитни, $Z = 11.72$, $\rho = 1.02 \cdot 10^{-31}$). На предыдущем интервале, как было показано, это множество было единым по распределению рангов кластеров, к которым отнесены описания СИЗ для каждого игрока, но возможность расщепления подмножества старших и младших групп проявлялась в различиях отдельных дескрипторов СИЗ. Расхождение траекторий помечено на рисунке 23 овалом А. Для организации СИЗ в старших группах характерно большее количество отношений IOR, компонентов СИЗ и субдоменов, входящих в состав доменов, более высокие энтропийные оценки сложности доменов, большее количество более длинных стратегий, а также диахронических отношений в целом (медианный тест, $\chi^2 \geq 7.93$, $df = 1$, $\rho \leq .005$).

11.2.4.2.2. Траектория, описывающая формирование СИЗ для групп I'–III', ветвится на интервале с 31–40 акт — от нее отделяется возрастная группа I' (рисунок 23, овал Б). Этой бифуркации соответствует более быстрое увеличение общего количества компонентов СИЗ, отношений AND, XOR и IOR, диахронических отношений, стратегий (линейных и циклических), количества компонентов, входящих в домены, субдоменов и их пересечений, усложнение доменной организации ($\chi^2 \geq 5.61$, $df = 1$, $\rho \leq .018$). Заметим, что по части показателей (синхронические отношения AND и XOR) эта бифуркация отличается от предыдущей.

11.2.4.2.3. Группы II' и III' разделяются на интервале между 61 и 70 актами (см. рисунок 23, 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' ($\chi^2 \geq 8.17$, $df = 1$, $\rho \leq .004$).

11.2.4.2.4. После бифуркации на интервале 1–10 актов игры положение медианы распределения рангов выделяемых кластеров для групп IV'–VII' смещается к большим значениям, но для утверждения о том, что это смещение происходит по-разному в различных возрастных группах, нет оснований. Отвергнуть гипотезу о том, что формирование СИЗ в группах IV'–VII' на интервале с 11–180 акт описывается единой траекторией, не удастся. Эта размытая траектория разделяется на две между 181 и 190 актами: пары групп IV'–V' и VI'–VII' расходятся. В основе этой бифуркации лежит более интенсивное увеличение в группах VI' и VII', чем в группах IV'–V', количества отношений IOR, циклических стратегий и диахронических отношений типа B2 (см. таблицу 4) при снижении темпа формирования отношений, связывающих стратегии (тип В, таблица 4): ($\chi^2 \geq 4.68$, $df = 1$, $\rho \leq .024$).

11.2.5. АНАЛИЗ ВРЕМЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОЦЕССА ВЫБОРА ХОДА

Процедура отбора оценок времени выбора хода (ВВХ) для анализа описана в 11.1.4. Оценивали сопряженность ВВХ с индивидуальными характеристиками игроков и дескрипторами СИЗ, зафиксированными в «малой матрице» (см. 11.1.6).

ВВХ показало тесные связи с возрастом испытуемых, как выраженном в годах (с точностью до .1 года) — $R_s = .244$, $\rho = 2.82 \cdot 10^{-5}$, так и в номере возрастной группы (порядковая величина): $R_s = .225$, $\rho = 1.18 \cdot 10^{-4}$. Эта связь линейна, $F = 2.29$, $df = 6$, $\rho = .036$; оценка линейности: $F = 12.96$, $df = 1$, $\rho = 3.77 \cdot 10^{-4}$; отклонение от линейности: $F = .151$, $df = 5$, $\rho = .980$.

ВВХ наиболее тесно связано с медианной оценкой ранга кластера, которой характеризует организацию СИЗ каждого игрока на интервале между 245 и 275 ходами игры, когда изменения траекторий формирования СИЗ в возрастных группах не отмечено (см. 11.2.4): $R_s = .259$, $\rho = 8.79 \cdot 10^{-6}$. Эта связь также близка к линейности ($F = 5.08$, $df = 6$, $\rho = 5.78 \cdot 10^{-5}$; оценка линейности: $F = 19.06$, $df = 1$, $\rho = 1.78 \cdot 10^{-5}$; отклонение от линейности: $F = 2.28$, $df = 5$, $\rho = .047$). Степень независимости этой связи от возраста проверяли, используя процедуру частной корреляции с контролем влияния фактора возраста. Оценка связи при сделанной коррекции снизилась, но осталась достаточно высокой: $R = .167$, $df = 276$, $\rho = .005$. Таким образом, высокая степень сопряженности ВВХ с возрастными вариантами организации СИЗ (представленными разнообразием кластеров, см. 11.2.4), не является собственно эффектом возраста, а проявляет тесную связь ВВХ с дескрипторами СИЗ, которые были использованы при построении этой классификации. Так, из набора 86 дескрипторов СИЗ, описывающих структурные составляющие (доменную организацию, стратегии, синхронические и диахронические отношения), а также их актуализацию (см. 11.1.3.4), связь с ВВХ для уровня достоверности $\rho \leq .05$ показали 32 переменные, причем 24 из них для уровня $\rho \leq .01$.

Специально отметим, что ВВХ возрастает при увеличении сложности организации СИЗ. Это показано для всех дескрипторов, характеризующих сложность СИЗ, исключая энтропийную оценку разнообразия актуализированных стратегий, даже при коррекции влияния переменной «возраст» (частные корреляции, пять сравнений, $.0499 \leq R \leq .196$, $df = 20404$, $3.00 \cdot 10^{-13} \geq \rho \geq 3.97 \cdot 10^{-170}$). Связь ВВХ со сложностью организации СИЗ проявляется также в том, что при актуализации компонентов СИЗ, включенных в доменные структуры, ВВХ больше, чем в случае актуализации компонентов, не связанных с другими синхроническими отношениями XOR и IOR (медианный тест: $\chi^2 = 20.86$, $df = 1$, $\rho = 4.94 \cdot 10^{-6}$) (см. также 8.2.5.1).

Чтобы выявить минимальный набор связанных с ВВХ характеристик СИЗ и ее актуализации, использовали процедуру линейного регрессионного анализа с последовательным исключением переменных из анализа (процедура BACKWARD), а также расчетом частных корреляций для независимых переменных. В набор вошли 125 дескрипторов всех основных составляющих структуры, а также их актуализации, распределения которых были приближены к нормальному при использовании процедуры нормализации по Тьюки (см. 11.1.4); результаты нормализации контролировали по критерию Колмогорова-Смирнова. Чтобы исключить коллинеарность переменных, регрессионный анализ начинался с исключения части переменных в соответствии с критерием толерантности ($tol = .1$). Сравнивали регрессионные модели, построенные при включении и исключении переменной «возраст». В качестве «нулевой» использовали регрессионную модель, построенную по всему набору переменных, из которого были исключены только коллинеарные вектора, но процедура BACKWARD не проводилась.

«Нулевые» модели, с/без переменной «возраст» различались весьма незначительно: в них были включены 67 и 65 переменных соответственно, коэффициенты множественной корреляции не различались ($R = .581$ в обоих случаях), а уточненные коэффициенты различались весьма незначительно ($R^2_{adj/1} = .132$, $R^2_{adj/2} = .141$). ANOVA показала невысокое качество этих моделей ($F = 1.646$, $df = 67, 217$, $\rho = .004$; $F = 1.718$, $df = 65, 219$, $\rho = .002$). Частная корреляция для переменной «возраст» составила $.035$, коэффициент при этой переменной был незначим ($\rho = .609$).

Регрессионные модели, построенные при последовательном исключении незначимых переменных, оказались одинаковыми для наборов дескрипторов, независимо от того, входил или не входил «возраст» в начальный набор переменных. Эта переменная была исключена из анализа на 24 шаге (из 59). В лучшую модель вошло семь дескрипторов ($.001 \leq \rho \leq .040$): (1) количество компонентов СИЗ, не связанных в доменные структуры, $R_{part} = -.188$; (2) количество отношений XOR в группе компонентов, $R_{part} = .123$; (3) количество компонентов, связанных отношениями IOR, $R_{part} = -.171$; (4) количество диахронических отношений типа B2 (см. таблицу 4), $R_{part} = -.131$; (5) количество компонентов СИЗ, представляющих альтернативные акты игры в ситуации выбора хода, $R_{part} = .153$; (6) характеристика распределения стратегий по актуализированным компонентам СИЗ, представляющим альтернативные акты игры в ситуации выбора хода, $R_{part} = .186$; (7) средняя длина актуализированных стратегий, $R_{part} = -.191$. Общие характеристики модели ANOVA: $F = 11.15$, $df = 7, 277$, $\rho = 1.97 \cdot 10^{-12}$, коэффициент множественной корреляции $R = .469$, $R^2 = .220$, $R^2_{adj} = .200$.

Таким образом, селекцию переменных прошли дескрипторы всех основных составляющих СИЗ, причем две из семи переменных — характеристики

актуализации наборов компонентов СИЗ. Лучшая линейная регрессионная модель, удовлетворяющая условиям применимости этой процедуры, объясняет около 20% дисперсии ВВХ.

Для того чтобы оценить правдоподобие гипотезы о том, что дисперсия ВВХ объясняется не только вариативностью дескрипторов СИЗ, но и событиями в предметной области: игрой крестиками или ноликами, выигрышами или проигрышами, длительностью игр, началом/завершением длительного периода приобретения компетенции, использовали большую матрицу данных (см. 11.1.6). Эти данные не полностью удовлетворяют условиям применимости дисперсионного анализа (см.: Гусев, 2000, с. 11, 61), поэтому результаты процедуры ANOVA имеют скорее эвристическое значение.

В качестве факторов использовали: дихотомические переменные «выигрыш/проигрыш», «игра крестиками/ноликами», значения квартилей для переменных «номер игры в последовательности игр», «номер хода от начала игры», «номер хода, считая от последнего хода в игре», «номер акта в последовательности игр», «пол игрока», «пол противника» (или комбинация этих переменных из четырех номинальных значений: M—M, F—F, F—M, M—F, «пол игроков в диаде»), «возраст» (группы I'—VII'). Разнообразие описаний СИЗ в моделях представляли порядковой переменной из семи значений «номер кластера СИЗ» (см. 11.2.4). Для оценки направленности связи использовали *post-hoc* анализ по Бонферрони.

Модель, построенная при использовании всего набора факторов, объясняла несколько большую долю дисперсии ($R^2 = .086$), чем при исключении переменной «номер кластера СИЗ» ($R^2_{adj} = .080$). Наибольший вес из оцененных факторов имеет «номер хода от начала игры» ($F = 658.58$, $df = 3$, $\rho < 10^{-90}$, увеличение ВВХ к концу игры). Далее, по порядку убывания веса: «возраст» ($F = 68.49$, $df = 6$, $\rho = 2.72 \cdot 10^{-85}$, положительная связь), «номер кластера СИЗ» ($F = 55.12$, $df = 6$, $\rho = 3.60 \cdot 10^{-68}$, положительная связь), «номер хода, считая от последнего хода в игре» ($F = 30.30$, $df = 3$, $\rho = 1.47 \cdot 10^{-19}$, отрицательная связь), «номер акта в последовательности игр» ($F = 27.51$, $df = 3$, $\rho = 9.13 \cdot 10^{-18}$, отрицательная связь), «пол игроков в диаде» ($F = 30.88$, $df = 3$, $\rho = 6.22 \cdot 10^{-20}$, минимальное ВВХ в парах M—M и F—F, максимальное — в паре M—F), «номер игры в последовательности игр» ($F = 20.60$, $df = 3$, $\rho = 2.48 \cdot 10^{-13}$, минимальное ВВХ — в середине последовательности), факторы «выигрыш/проигрыш» и «игра крестиками/ноликами» не показали достоверного вклада в модель ($F < 3.61$, $df = 1$, $\rho > .57$).

Для того чтобы установить соответствие актуализации наборов компонентов СИЗ последовательным этапам реализации акта игры (см. 9.3, рисунок 17), применили следующие приемы: (1) использовали данные, зафиксированные в «большой матрице» (см. 11.1.6); (2) чтобы составить однородную выборку актов игры, были исключены акты, с ВВХ не более 2.2 с, т.е. содержащие

не более двух поисковых движений руки (см. 8.2.1); (3) для этой выборки ВВХ строили линейную множественную регрессионную модель с пошаговым устранением независимых переменных (зависимая переменная — нормализованные значения ВВХ, независимые — дескрипторы актуализации наборов компонентов СИЗ на этапах А, В и С, а также характеристики изменения наборов компонентов при переходе от этапа к этапу (см. 9.3, рисунок 17); (4) значения зависимой и независимых переменных категоризовали в двузначную шкалу, выше и ниже медианы; (5) при помощи процедуры CHAID (см. Толстова, 2000) строили дендрограммы, которые показывают порядок селекции ВВХ по критерию χ^2 на достоверно различающиеся подмножества в соответствии со значениями категориально преобразованных независимых переменных. Предполагали, что если последовательность преобразования актуализированных наборов компонентов СИЗ соответствует результатам реконструкции, показанной на (рисунок 17, см. 9.3), то порядок вовлечения классификационных переменных в ветвление дендрограммы должен соответствовать порядку реализации этапов акта игры.

Для проведения описанных процедур было отобрано 3780 нормализованных значений ВВХ и соответствующих этим актам дескрипторов СИЗ. В регрессионную модель вошли переменные, характеризующие актуализацию компонентов и составляющих СИЗ на всех этапах реализации акта игры (15 переменных, коэффициент множественной корреляции $R = .250$, $R^2_{adj} = .059$, $F = 16.97$, $df = 15, 3713$, $\rho = 5.57 \cdot 10^{-44}$). Для первичного разбиения множества значений ВВХ (корень дерева) использована переменная, характеризующая частоту использования стратегий, актуализированных на интервале до хода противника, инициирующего акт игры (см. 9.3, рисунок 17, интервал А). Следующее разбиение происходит по переменной, характеризующей изменение количества отношений AND между актуализированными компонентами, связанное с ходом противника (переход от интервала А к В). Две ветви дерева, расходящиеся из этой вершины, помечены переменными, описывающими изменение распределения стратегий по альтернативам выбора при переходе от интервала А к В, или изменение количества реализующихся отношений XOR на интервале выбора хода — при переходе от интервала В к С. Эта ветвь дерева завершается разветвлением по переменной «энтропийная оценка распределения актуализации стратегий» в ситуации выбранного хода С. Минимальный объем группы, образовавшейся при делении совокупности — 192, статистические оценки: $4.32 < \chi^2 < 10.31$; $df = 1$; $.038 > \rho > .0013$.

Сходная дендрограмма была получена и при анализе «малой» матрицы (использовали состав регрессионной модели ВВХ, описанной выше). В вершине этого дерева также находилась переменная интервала А, затем выделились две ветви, одна из которых делилась по характеристике перехода от интервала А к интервалу В, а другая — от В к С (см. 9.3, рисунок 17).

При анализе ВВХ, значения которых превышали 2.2 с, узлы дендрограмм соответствовали порядку интервалов А, В и С лишь статистически, с инверсиями, из которых чаще других встречалось появление переменных, характеризующих переход от А к В после дескрипторов интервала В.

Таким образом, для значений ВВХ, не превышающих 2.2 с, характерных для актов игры, в которых не может быть реализовано более двух поисковых движений руки (см. 8.2.1), порядок ветвлений дендрограммы точно соответствует гипотетическому порядку последовательных трансформаций состава наборов компонентов СИЗ: от набора, содержащего подмножества, релевантные альтернативным вариантам развития игры, через их селекцию к определенному набору компонентов, реализующему выбранный акт игры (см. 9.3, рисунок 17).

11.3. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

11.3.1. СООТНОШЕНИЕ СОСТАВЛЯЮЩИХ СИЗ: САС И СПС, ИХ АКТУАЛИЗАЦИЯ

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), (см. также гл. 7 и 8). 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 (см. 11.2.3.1.3 и 11.2.3.2.3). 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.

Результаты факторного анализа всего множества дескрипторов СИЗ и его подмножеств, характеризующих собственно структурные составляющие, их актуализацию (11.2.1.1, таблица 2), дескрипторы СПС (11.2.3.1.2, таблица 5) и САС (11.2.3.2.1, таблица 6) показывают, что САС и СПС описываются разными факторами, причем корреляции между факторами, входящими в группы, характеризующие САС и СПС, существенно выше, чем между

группами (11.2.1.1). 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 (см. 11.2.1.2, рисунок 1). 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. Диахронические отношения обеспечивают преемственность между последовательностью актуализированных наборов компонентов СИЗ, а синхронические — состав этих наборов. Это означает также, что диахронические отношения ограничивают возможности одновременной актуализации компонентов, относящихся к последовательным актам игры или этапам реализации акта игры (см. 9.3, рисунок 17). Синхронические отношения налагают ограничения на составы компонентов СИЗ, связанных с альтернативными вариантами развития поведения. Таким образом, в состав актуализированных совокупностей включены группы компонентов, связанных диахроническими отношениями различных типов в линейные и циклические стратегии, а также в определенные субдомены доменных организаций. Одновременно актуализированными оказываются компоненты стратегий, которые были актуализированы на протяжении предшествующих актов игры и те, которые только будут актуализированы в последующих актах, при условии, что ответные ходы партнера не приведут к смене актуализированных стратегий¹. Нами не были определены отношения взаимных запретов на одновременность актуализации для стратегий как целостных образований, но для наборов компонентов СИЗ такую роль играют отношения XOR и IOR, которые, налагая запреты на одновременную актуализацию некоторых пар компонентов, также обеспечивают избирательность актуализации.

Следует заметить, что в состав дескрипторов, наилучшим образом объясняющих время выбора хода (см. 11.2.5), включены характеристики наборов

¹ Факторный анализ показал, что отбор стратегий в определенной ситуации независим от состава стратегий, исходного для этой ситуации. Это означает, что отбор стратегий в большей степени определяют возможности развития ситуации, чем ее предыстория (см. 11.2.1.1).

компонентов, которые реализуются в совершенном выборе того или иного развития игровой ситуации, которые относятся к отвергнутым (не реализованным) альтернативам развития поведения, а также компонентов, которые выходят за пределы перечисленных наборов, но, судя по результатам регрессионного анализа, проявляются во времени выбора хода.

Можно предположить, что именно в силу избирательности актуализации, дескрипторы этого процесса выделились в отдельную группу факторов, так что перечисление актуализированных наборов компонентов представляется относительно независимым описанием СИЗ.

11.3.2. КОМПОНЕНТНЫЙ СОСТАВ СИЗ; ТИПЫ КОМПОНЕНТОВ И ИХ ФОРМИРОВАНИЕ

Формирование множеств протокомпонентов и компонентов описывается гладкими степенными функциями, без значимого вклада S-образной составляющей или при полном ее отсутствии (см. рисунок 4, 7, 8). 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. Хотя формально степенная функция растет беспредельно, построенные аппроксимации имеют скрытый ступенчатый характер, минимальный шаг нарастания составляет величину 1 компонент (протокомпонент). Даже учитывая эту дискретность, следует охарактеризовать их как *ненасыщающиеся*. Если предположить, что характер функций не изменяется на больших интервалах времени, то даже после совершения 100000 ходов количество компонентов продолжает увеличиваться каждые 1000 актов игры приблизительно на 100 у старших групп, и на 150 у младших. Т. е., судя по характеристикам кривых для разных возрастных групп, возможности наращивания объема компонентов СИЗ принципиально ограничены допустимыми временными затратами (100000 ходов эквивалентны 300 часам непрерывной блиц-игры).

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, 2004а, 2004б, 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. Принципиальная ограниченность количества специализированных нейронов объемом набора «нейронов запаса» была обоснована В.Б. Швырковым (Швырков, 1995). Оценки количества нейронов запаса, данные А.Г. Горкиным, показали существенность этого фактора; им же обосновано, что предшественниками специализированных нейронов являются неспециализированные, которые проявляют себя как «молчащие» нейроны (Горкин, 1987; Швырков, 1987).

Согласно нашим оценкам, ограничения ресурса увеличиваются с возрастом испытуемых (см. рисунок 2). Это хорошо соответствует многочисленным результатам исследований неонейрогенетических процессов, в которых показано, что темп образования новых нейронов при обучении падает с возрастом (см., например: Varnea, Nottebohm, 1996; Gould, Reeves, et al., 1999, а также 12.3). 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 (см. рисунок 5). 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 (ср. рисунки 2 и 5). Отметим закономерность: чем меньше формируется протокомпонентов, тем большим потенциалом дифференциации они обладают. Это соотношение наводит на мысль, что снижению количества преспециализированных нейронов в возрастном ряду сопутствует увеличение разнообразия их преспециализаций.

Резкое снижение количества формирующихся протокомпонентов происходит в интервале между 13 и 14 годами, а прекращение роста их дифференцируемости — после 16 лет. Этот временной сдвиг позволяет предположить многофакторную природу как этих процессов, так и условий, которые приводят к достижению относительно стабильного их состояния. Установленное соотношение изменения ресурса порождения протокомпонентов и их свойств

можно связать с критическими событиями в половом развитии подростков в интервале между 14 и 16 годами. Нам неизвестны характеристики нейрогенетических процессов в этот период, но глобальные изменения в эндокринной сфере (см.: Доскин, Хеллер, и др., 1997, с. 194–195) неизбежно должны проявляться и в процессах нейрогормональной регуляции. В пользу такого предположения косвенно говорят полученные нами данные о половом диморфизме в формировании компонентов СИЗ у юношей и девушек 20–22 лет (см. 11.2.1.2). В исследовании М.В. Коломеец было показано, что траектории формирования компонентов СИЗ различаются не только в связи с полом испытуемых (16–27 лет), но также с широким кругом характеристик развития: антропометрическими показателями индивида, его представлениями о собственной маскулинности-фемининности-андрогиности, а также склонностью к межличностному доминированию (Коломеец, Александров, Максимова, 2003). Таким образом, особенности ресурса порождения протокомпонентов СИЗ и потенциал их дифференциации в компоненты, представляющие акты игры, находятся в соответствии с различными аспектами онтогенеза, включая психологические и социальные.

Формы рассматриваемых кривых и их соотношение позволяют предположить, что протокомпоненты могут рассматриваться как «исходный субстрат» для формирования компонентов, причем компоненты дифференцируются из протокомпонентов без образования промежуточных продуктов (Варфоломеев, Гуревич, 1999, с. 16–18, 167). На непосредственность преобразования указывает отсутствие плоского начального участка кривых («стадии индукции»), причем примененный нами способ аппроксимации (комбинации степенной и S-образной функций, см. уравнение /2/) дает возможность выявить даже самые ранние признаки стадии индукции.

На рисунке 24 представлено семейство кривых, описывающих формирование протокомпонентов (кривая 1) и дальнейших преобразований этих составляющих СИЗ (кривые 2, 2а, 2б и 3) у испытуемых возрастной группы III'. Форма кривой 1 отражает градуальное падение скорости образования протокомпонентов, соответствующее снижению ресурса преспециализированных нейронов, доступных для рекрутации в формирующуюся СИЗ. Положение кривой 2, ее нарастающее отклонение от кривой 1, показывает темп дифференциации компонентов СИЗ из протокомпонентов. Образование множества компонентов, не связанных в группы через синхронические отношения AND, XOR и IOR, описывается кривой 2а, на которой, как и на кривых 1 и 2, не выделяется стадии индукции. Таким образом, можно предположить, что это множество компонентов представляет собой ту часть общего набора формирующихся компонентов СИЗ, которая выделяется из протокомпонентов непосредственно, без промежуточных преобразований. Другая часть набора компонентов СИЗ, связанных в группы синхроническими отношениями (кривая

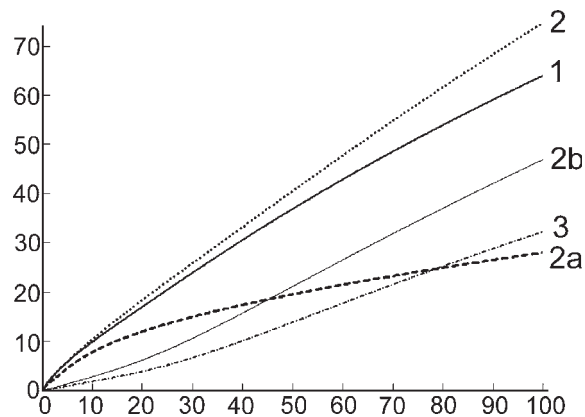


Рис. 24. Семейство кривых, описывающих соотношение процессов формирования протокомпонентов, компонентов СИЗ, и включения компонентов СИЗ в группы, связанные синхроническими отношениями. Кривые показывают формирование наборов: 1 — протокомпонентов; 2 — компонентов; 2a — компонентов, не связанных в группы синхроническими отношениями; 2b — компонентов, связанных в такие группы; 3 — компонентов, инициирующих формирование доменов. Приведены кривые для возрастной группы испытуемых III'. По оси абсцисс — количество совершенных актов игры (показаны только первые 100 актов); по оси ординат — количество компонентов (для кривой 1 — протокомпонентов)

2b), пополняется из набора «свободных компонентов» (кривая 2a). Образование этого набора описывается кривой, на которой ярко выражена S-образная составляющая, указывающая на существование промежуточных преобразований компонентов, необходимых для включения их в синхронические отношения. Кривая 3, уплощенность начального участка которой выражена больше, чем на кривой 2b, описывает формирование множества компонентов, связывание которых в пары инициирует образование доменов. Как показали результаты анализа организации структуры индивидуального опыта (СИО) у животных (см. 10.3.1.1 и 10.3.2), в основе отношений между компонентами лежит их субструктура. Субструктура компонентов образуется актуалгенетически (см. 3.2.4), этот процесс требует временных затрат. Оценка длительности интервала времени, необходимого для формирования субструктуры компонентов, позволяющей им вступить в синхронические отношения, дана в 11.2.3.2.2. Медианная оценка этих величин для всех групп испытуемых

составляет от 10 (отношение IOR) до 24 актов игры (отношение XOR). Процесс формирования субструктуры компонентов СИЗ, необходимый для включения их в САС через синхронические отношения, и является тем преобразованием исходных (свободных от синхронических отношений) компонентов, той «стадией индукции», которая проявляется в S-образной составляющей кривых. Возможно, что этот процесс перехода из группы «свободных» компонентов (рисунок 24, 2a) в группу «связанных» (рисунок 24, 2b) протекает с образованием промежуточных продуктов.

11.3.3. ОТНОШЕНИЯ МЕЖДУ КОМПОНЕНТАМИ И ИХ ГРУППЫ

11.3.3.1. Типология отношений между компонентами СИЗ

Факторный анализ наборов дескрипторов САС и СПС показал, что диахронические и синхронические отношения выделяются в отдельные факторы организации СПС (таблица 5) и САС (таблица 6).

Три типа синхронических отношений диагностируются по их принадлежности к различным областям пересекающихся множеств одновременно актуализированных компонентов СИЗ (см. 7.6.4.3) и поэтому обозначены логическими операторами AND, XOR и IOR. Проведенное исследование этих отношений показало, что отношение AND по его свойствам и проявлениям отличается от XOR и IOR. Например, дескрипторы отношения AND выделились в фактор, отдельный от общего для дескрипторов XOR и IOR (см. результаты факторного анализа характеристик САС в 11.2.3.2.1, таблица 6).

Роль отношений AND отличается от роли XOR и IOR в организации доменных структур.

Отношения AND, связывая также и группы компонентов СИЗ, дифференцированные из одного протокомпонента, образуют самые глубокие, далее нерасчлененные области связности организации домена (см. 11.2.3.2.1). 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.

Свойства отношений XOR и IOR также существенно различны. Показано, что повышение количества отношений XOR, связывающих компоненты, входящие в актуализированный набор при выборе хода, увеличивают ВВХ, в то время как увеличение количества реализующихся отношений IOR — снижает ВВХ (см. 11.2.5). Следует отметить, что компоненты, составляющие стратегии любого типа, могут быть связаны отношениями AND или IOR,

Таблица 7

Алгебраические свойства отношений между компонентами СИЗ

Отношения		Алгебраические свойства		
САС	AND	транзитивно	рефлексивно	антисимметрично
	XOR	нетранзитивно	антирефлексивно	симметрично
	IOR	нетранзитивно	рефлексивно	несимметрично
СПС	A1	нетранзитивно	нерефлексивно	несимметрично
	B1	нетранзитивно	нерефлексивно	несимметрично
	B2	нетранзитивно	рефлексивно	симметрично
	B3	антитранзитивно	нерефлексивно	симметрично

Примечания: (1) подробные объяснения алгебраических свойств отношений даны в (Осипов, 1997), см. также гл. 7.6.4.3; (2) содержательные характеристики отношений A1, B1, B2, B3 даны в 11.2.3.1.1, таблице 4.

но ни в одном случае между ними не было отмечено отношений XOR. Выявленным особенностям свойств синхронических отношений следует поставить в соответствие их различающиеся алгебраические свойства (см. таблицу 7).

Выделено 4 типа диахронических отношений (см. таблицу 4), которым можно поставить в соответствие разные формы организации орграфа игры (см. гл. 7.6.4). 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). Заметим, что в результате исследования гипотезу о существовании специального типа синхронических отношений, обеспечивающего связь компонентов в петли, не принадлежащие к стратегиям, отвергли (см. 11.2.3.1.1, таблица 4, тип отношений A2).

Сопоставление алгебраических свойств отношений всех выделенных типов показало, что для двух из них (A1 и B1) эти свойства одинаковы. Отношения A1 и B1 связывают компоненты, реализующиеся последовательно, но отношения B1, в отличие от A1, связывают последовательность компонентов, входящих в состав линейных стратегий (см. 3.2.3.1.1). Проведенный факторный анализ показал, что дескрипторы этих отношений входят в один и тот же фактор (см. 11.2.3.1.2., таблица 5). Можно было бы полагать, что отношение B1 отличается от A1 только выраженностью. В таком случае, выделение отношения B1 неправомерно, а проявления отношения должны быть пропорциональны частоте его реализации. Однако ВВХ изменяется (сокращается) значимо только при

второй реализации, а затем остается стабильным (см. 11.2.3.1.3). Т. е. изменение ВВХ связано не с частотой реализации отношения A1, оно имеет не количественный, а качественный характер; это иное отношение, оно связывает не любые последовательно реализующиеся компоненты СИЗ, а те, которые связаны в группы (см. 7.6.4.2). Можно предположить, что в основе этих качественно своеобразных связей лежит специфическое отношение между компонентами, обозначенное нами как B1. Компоненты СИЗ формируются в определенном положении в последовательности реализуемых актов игры (см. гл. 12). В силу этого обстоятельства их субструктура обладает возможностями вступать в отношения следования (A1) с самого начала их существования. Некоторые компоненты, актуализируясь в устойчивых линейных последовательностях актов игры, объединяются в группы — стратегии. Суть предположения о существовании отношения B1 состоит в том, что особым свойствам линейных стратегий, изменению ВВХ, связанному с их реализацией, следует поставить в соответствие специфические отношения между компонентами, а, следовательно, и формирование особой субструктуры, которая позволяет им объединяться в линейные стратегии.

Проведенный анализ показывает ограниченность представления о том, что свойства рефлексивности и симметрии являются родовым признаком группы синхронических отношений (см. 3.2.3; 7.6.4.3; 8.2.5.1). Диахронические отношения B2 и B3 рефлексивны и симметричны; при этом они, как и другие отношения этого типа (A1 и B1), обеспечивают *премстственность в последовательности актуализированных наборов компонентов СИЗ*. Следует заметить, что отношения B2 и B3 лежат в основе циклических стратегий, при реализации которых возможны повторы и изменение порядка реализации компонентов. В этих свойствах циклических стратегий проявляется двойственный характер отношений B2 и B3: они вносят синхроничность в организацию последовательности.

11.3.3.2. Формирование составляющих САС и СПС в разных возрастных группах

Различные составляющие САС и СПС можно упорядочить по двум характеристикам процесса их формирования. Первая из них — *сложность функций, аппроксимирующих кривые формирования их наборов*, которую можно определить по количеству степеней свободы формы кривых. Наименьшей сложностью обладает линейная функция (в рассматриваемых случаях — только угол наклона, поскольку начальное значение для кривых можно принять за 0); степенной функцией описываются более сложные кривые, которые характеризуются показателем степени и коэффициентом, отличным от нуля.

S-образные кривые различаются длиной и степенью уплощенности начального участка, длительностью участка быстрого нарастания скорости и ее изменением, уровнем насыщения функции. Различные наложения степенных и S-образных функций могут образовывать более сложные функции, которые собственно и позволяют описывать комбинированная функция /2/. Вторая характеристика — упорядоченность значений параметров аппроксимирующих кривых для разных возрастных групп в соответствии с возрастом.

По этим критериям наиболее простым является отношение следования (A1), поскольку его формирование описывается линейной функцией, параметры которой не изменяются в связи с возрастом испытуемых (см. рисунок 9). Отношения типа B1, как и образуемые ими линейные стратегии, описываются степенными функциями, характеристики которых не связаны с возрастом (см. рисунки 11 и 15). Кривые, которые описывают отношения B2 и B3, а также стратегии, компоненты которых связаны ими, описываются более сложными кривыми — степенными с выраженными S-образными составляющими (см. рисунки 13, 14, 16 и 17). Для младших возрастных групп (I'—III') характерна увеличенная длительность начальных уплощенных участков, которые в старших группах (IV'—VII') могут быть краткими или почти отсутствовать.

Для кривых, описывающих формирование синхронических отношений и образованных ими групп компонентов, доменов и субдоменов, характерна «комбинированная форма» — степенная функция с выраженным вкладом S-образной составляющей (см. рисунки 18—21). В наименьшей степени этот вклад выражен для кривых, описывающих формирование отношений AND, причем семейство этих кривых для разных возрастных групп не упорядочено в соответствии с возрастом. Более сложная форма кривых и их связь с возрастом описывает формирование отношений XOR и IOR. Наибольшая длительность плоского начального участка кривых характерна для формирования отношения XOR у испытуемых младших групп (см. рисунки 18 и 19, а также анализ длительности этого интервала в гл. 11.2.3.2.2). У испытуемых старших групп вклад S-образной составляющей в длительности уплощенного участка кривой формирования отношения XOR редуцирован, а ускорение процесса за счет восходящей ветви увеличено (см. рисунок 19 Б). Для формирования доменов и их составляющих характерны кривые, сходные с теми, которые описывают формирование отношения XOR (см. рисунки 20 и 21).

Таким образом, наиболее длительный участок медленного формирования характерен для отношений XOR, B2 и B3, которые обладают общим свойством симметричности (см. 11.3.3.1, таблица 7). Это означает, что компоненты, чтобы вступить в такие отношения, должны обладать согласованной суборганизацией. Формирование согласованной суборганизации пары компонентов, по-видимому, требует существенно большего времени, чем суборганизация единичного компонента, как это происходит при формировании, например, отношения

следования A1, которое описывается линейными функциями, без сколько-нибудь существенных признаков выпуклости (ускорения или замедления темпа формирования), без признаков уплощенного начала, потому что сами компоненты образуются уже в рамках этих отношений. Формирование отношений, обладающих свойством симметричности, не может начаться, пока не будет образована, по крайней мере, пара компонентов, между которыми эти отношения могут сложиться. Поэтому плоский начальный участок характерен и для кривых, описывающих формирование групп компонентов, образованных отношениями этого типа.

Возможно, что формирование отношений, обладающих свойством симметричности, протекает с образованием промежуточных продуктов. На это указывает соотношение формы кривых, описывающих образование «одиночных» компонентов и групп компонентов, связанных такими отношениями (см. рисунок 24, кривые 2, 2b и 3).

Свойства компонентов СИЗ и их изменения в возрастном ряду, реконструированные на основании характеристик отношений между компонентами и закономерностей их становления, хорошо соответствуют установленным закономерностям их дифференциации из протокомпонентов (см. 11.2.2 и 11.3.2). У испытуемых старших возрастных групп протокомпоненты СИЗ дифференцируются на большее количество компонентов, а компоненты обладают большим потенциалом образования субструктуры, чем у испытуемых младших групп. Выявленные особенности протокомпонентов и компонентов СИЗ являются важным фактором, определяющим различия в организации доменных структур у испытуемых, принадлежащих к разным возрастным группам.

11.3.3.3. СИЗ как неоднородная сеть

СИЗ действительно представляет собой неоднородную сеть (см. Осипов, 1997, а также 7.6.5), поскольку компоненты этой структуры вступают одновременно в отношения нескольких типов. Так, каждый компонент реализует отношения следования (A1) с одним или несколькими компонентами. Некоторые компоненты при этом связаны с другими в линейные стратегии отношениями B1, и/или циклические стратегии (отношения B3), и/или образуют «петли» (отношения B2). 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.

Важно, что simultанность отношений различных типов дает возможность компоненту вступать в несколько групп, причем эти группы могут принадлежать одновременно как САС, так и СПС. Принадлежность одних и те 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 операционализировать одну из наиболее существенных сторон системной организации — целостность.

Заметим, что именно разнообразие типов отношений, в которые может вступать один и тот же компонент, определяет возможность симультанной и вместе с тем избирательной актуализации множеств компонентов (см. гл. 9).

11.3.3.3.1. Соотношение параметров САС и СПС 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. Так, например, для когнитивных стилей характерно не иметь «прямого отношения к особенностям содержания познавательной сферы, ... это характеристики субъекта, стабильно проявляющиеся на разных уровнях интеллектуального функционирования и в разных ситуациях» (Холодная, 2002д, с. 33). 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 (см. гл. 3). Приведенное рассуждение определяет смысл и возможности интерпретации полученных сопряженностей между дескрипторами СИЗ в стратегической игре и индивидуально-психологическими характеристиками. Существование таких сопряженностей дает основание для заключения о том, что свойства СИЗ, как психологической структуры, согласованы со свойствами других индивидуально-психологических структур в рамках целостной индивидуальности. Обоснованность этого положения следует также из соответствия свойств СИЗ возрастным психологическим особенностям. Специально следует заметить, что выявленная сопряженность дескрипторов СИЗ и «формально-динамических» по определению индивидуально-психологических характеристик (см. выше: М.А. Холодная о когнитивных стилях) соответствует предполагаемому свойству «амодальности» структуры индивидуального знания (см. гл. 3.2.5). Именно когнитивные стили, как проявления «метакогнитивных способностей» (Холодная, 2002д, 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 формирова-

ния СПС (см. 11.2.1.2, рисунок 1) (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 (см. 11.2.3.1.6 и 11.2.3.2.4), позволяет высказать предположение о существовании аналогичных образований в психологических структурах, сформированных во взаимодействии индивида с другими предметными областями. В пользу такого предположения свидетельствует связь между характеристиками 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).

Правдоподобие предположения о принципиально общем строении психологических структур можно проиллюстрировать избирательной сопряженностью дескрипторов СПС и САС с успешностью решения задач Ж. Пиаже.

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. таблицы 4 и 7). Реализация стратегий, как циклических, так и линейных, повышает вероятность выигрыша игрока (см. 8.2.5.3), а циклические стратегии связаны со снижением вероятности выигрыша противника. Приведем характеристику стратегий как структур, гибко формирующихся для того, чтобы учитывать и преодолевать изменяющиеся обстоятельства (Crowley, Siegler, 1993). В перечисленных свойствах проявляется активно антиципирующая роль стратегий, особенно — циклических. Структуры, аналогичные именно этим составляющим СИЗ, можно поставить в соответствие «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, ср. рисунок 17) (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», см.: 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. таблицу 7). 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 примитивных доменных организациях, характерных для детей 6–8 лет, мало субдоменов, области их пересечения содержат мало компонентов, отношения XOR играют незначительную роль в их образовании (ср. рисунки 18, 19 и 21). 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.

На основании приведенных сопоставлений можно предположить, что структуры, лежащие в основе решения мультипликативных задач Пиаже, аналогичны доменным организациям, а также образованы отношениями, аналогичными выделенным нами синхроническим отношениям. В таком случае, компонентам СИЗ можно поставить в соответствие «схемоподобные» компоненты структур, постулированные Ж. Пиаже (см. подробнее в гл. 3.2.2).

11.3.4. ОПИСАНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ СИЗ В СЕМИ ВОЗРАСТНЫХ ГРУППАХ ВЕТВЯЩИМИСЯ ТРАЕКТОРИЯМИ*

На интервале, предшествующем первой бифуркации траекторий формирования СИЗ (см. 11.2.4.2), распределения рангов кластеров, к которым приписаны типы организации СИЗ в старших и младших группах, не различаются, но характеристики некоторых составляющих СИЗ для старших и младших групп различны. Заметим, что формирование этих составляющих в младших возрастных группах описывается S-образными кривыми (см.,

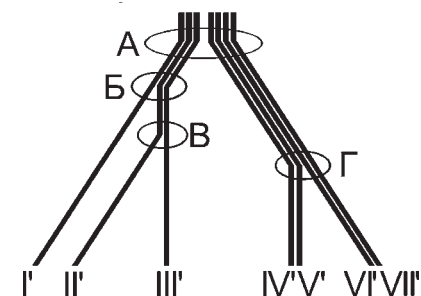


Рис. 25. Ветвление траекторий формирования СИЗ в возрастных группах I'–VII'. Овалами А, Б, В и Г помечены бифуркации траекторий

например, рисунок 17 — циклические стратегии, рисунок 19 — отношения XOR), скорость изменения этих кривых для групп I'–III' существенно ниже, чем для старших (IV'–VII'), поэтому достоверные расхождения в составе СИЗ могут появиться очень рано. Если описанные особенности организации СИЗ возникают очень быстро, на протяжении первых десяти ходов, а протоструктуры, на основе которых формируется СИЗ, принципиально сходны у лиц, относящихся к разным возрастным группам, то дерево траекторий формирования СИЗ в разных возрастных группах имеет единый корень, а все разнообразие вариантов СИЗ имеет монофилетическое происхождение (см. 1.1, 10 постулат СТЭ и комментарий к нему). Если же протоструктуры, которые дифференцируются в СИЗ у игроков младших и старших групп различны¹, то формирующиеся структуры полифилетичны, их следует относить к разным единицам таксономии психологических структур, несмотря на сходство признаков и общность закономерностей формирования (Северцов, 2004, с. 308, 310, 312). Можно предположить, что в основе «расщепления» корня дерева лежат различающиеся в младших и старших возрастных группах свойства компонентов СИЗ (см. 11.3.3.3.1).

Как в случае существования единого корня дерева формирования СИЗ, так и в случае его разделения на две ветви, в результате бифуркации А (см. рисунок 25) образуются (или продолжают) две ветви, соответствующие вариантам организации СИЗ, характерным для младших и старших возрастных групп. Различие эти ветвей проявляется и в кривых, описывающих формирование отдельных составляющих СИЗ (см. рисунки 2, 5, 10, 14, 17, 18, 19, 21, 22).

* См. рисунок 25.

¹ На рисунке 25 правдоподобие этой гипотезы показано расщеплением корневой части дерева на младшие и старшие возрастные группы.

Свойства этих ветвей существенно различны. Ветвь I'—III' групп проходит две бифуркации на временном интервале, составляющем 1/5 всей эпохи анализа, ветвь групп IV'—VII' дифференцируется один раз, в начале последней трети эпохи анализа. Траектория младших групп менее размыта, более определена, чем траектория старших групп, даже на интервале, предшествующем ее первой бифуркации (см. рисунок 23). Взаимное расположение кривых формирования отдельных составляющих СИЗ в принципе повторяет это соотношение (см. рисунки 10, 14, 16, 18, 19, 21), на которых кривые групп I', II' и III' перекрываются меньше, чем почти сливающиеся кривые групп IV'—VII'.

На протяжении 300 актов игры у семи возрастных групп после четырех бифуркаций определяется пять отдельных траекторий формирования СИЗ. Траектории групп IV'—V' и VI'—VII' не разделяются.

Заметим, что более поздней бифуркации траекторий старших групп (рисунок 25 Г) соответствуют изменения в организации СИЗ достоверно меньшего объема (6 переменных из 59), чем при бифуркации А (33 из 58 переменных), критерий Хи-квадрат Пирсона: $\chi^2 = 26.67$, $df = 1$, $\rho < 10^{-6}$. Снижение объема различий в ряду последовательных бифуркаций обнаруживается и для младших возрастных групп (ветвление А — 33, Б — 35, В — 4 из 58 переменных; $\chi^2 = 43.55$, $df = 2$, $\rho < 10^{-6}$). Поэтому можно полагать, что вероятность разделения траекторий, образовавшихся после бифуркации Г, общих для групп IV'—V' и VI'—VII', весьма мала. Можно предположить также, что в более высокой степени сходства организации СИЗ у испытуемых старших групп по сравнению с младшими проявляется снижение темпа дифференциации формирующихся структур в возрастном ряду, причем резкое изменение этого темпа происходит в интервале между 13 и 14 годами. Этому предположению хорошо соответствует соотношение характеристик дифференциации компонентов СИЗ каталога КГА у испытуемых старших и младших возрастов (см. рисунок 5).

Описанные бифуркации определяются при совмещении траекторий формирования СИЗ в разных возрастных группах на общем графике, т.е. построение ветвящегося дерева траекторий является, несомненно, эвристическим приемом, а ветвление, как расхождение линий на графике, — «виртуальным». Но на интервалах, для которых определены бифуркации, происходят критические события в процессе формирования СИЗ, в результате чего структуры, сходные (статистически не различающиеся) по характеристикам организации, начинают отличаться друг от друга. Именно эти «критические периоды», их возрастную принадлежность, порядок появления в процессе приобретения компетенции и содержание выявил проведенный анализ. Следует заметить, что описание ветвления траекторий в терминах эволюционной концепции должно содержать характеристики аттракторов до и после бифуркации, оценку неопределенности и ее развития, на интервале перед критической

точкой на траектории формирования СИЗ (см. гл. 1.4.1). Проведенный анализ ограничен выявлением интервалов, на которых происходят бифуркации, определением параметров СИЗ, изменение которых лежат в основе этих событий. Эти ограничения связаны с тем обстоятельством, что примененный способ описания траекторий — «ретроитеративная рекурсивная кластеризация» (см. 11.1.3.5), использует дескрипторы структурных составляющих СИЗ, в то время как оценка определенности/неопределенности состояния СИЗ может проявиться в динамике дескрипторов актуалгенеза.

11.3.5. ВРЕМЯ ВЫБОРА ХОДА КАК ПОКАЗАТЕЛЬ АКТУАЛИЗАЦИИ НАБОРОВ СОСТАВЛЯЮЩИХ СИЗ

Анализируя закономерности, связывающие время выбора хода (ВВХ) с дескрипторами СИЗ, мы исходим из общих предположений, что вариации временных характеристик поведения являются проявлением изменений в составе *актуализированных* компонентов СИЗ.

Сопоставляя полученные результаты, отметим, что ВВХ увеличивается в возрастном ряду, и вместе с тем независимо от возраста увеличивается с ростом сложности организации СИЗ. Сложность организации СИЗ, судя по энтропийным оценкам организации ее составляющих, закономерно нарастает с возрастом, но существенно различается и внутри возрастных групп, поэтому можно полагать, что в составе возрастного фактора изменчивости ВВХ большой вес имеют именно характеристики СИЗ. Поскольку величина ВВХ существенно возрастает в случае, если компоненты СИЗ, представляющие реализуемый акт, включены через синхронические отношения в доменную организацию, то можно заключить, что связь ВВХ с возрастом является проявлением сложности отношений компонентов СИЗ (особенно симметричных, см. 11.3.3.1, таблицу 7), а, следовательно, сложности суборганизации компонентов. Именно эти переменные имеют максимальный вес в регрессионных моделях ВВХ, основанных на дескрипторах СИЗ.

Поскольку актуализирующаяся совокупность компонентов СИЗ является частью неоднородной сети (см. 7.6.4.6, 11.3.1 и 11.3.3.3), то отношения между компонентами не парные, а множественные. Отношения выступают как факторы, позволяющие установить взаимодействие в рамках этой совокупности, а не просто согласование в парах. Поэтому дескрипторы синхронических отношений и альтернативных наборов компонентов входят в модели, увеличивая значения ВВХ. Напротив, количество актуализированных компонентов, не связанных синхроническими отношениями в домены, снижает ВВХ. Заметим, что диахронические отношения А1, В1 и В2 (но не В3 и образованные ими циклические стратегии) снижают ВВХ. Возможно, что эта

особенность диахронических отношений А1, В1 и В2 определяется их более ранним, по сравнению с В3 и диахроническими отношениями, формированием (см. 1.3.3.1).

Поскольку в регрессионные модели ВВХ с высокими весами вошли не только те переменные, которые описывают собственно актуализацию составляющих СИЗ на определенных этапах реализации каждого данного акта игры, но и дескрипторы структуры, т.е. характеристики компонентов и их групп, находящихся в «покоящемся», не актуализированном состоянии. Из этого следует, что критерии определения актуализации не полны: во-первых, они не полностью описывают состав актуализирующихся составляющих СИЗ, а, во-вторых, не предусматривают некоторых (по-видимому, низких) уровней актуализации.

Оценка различных регрессионных моделей показала, что дескрипторы СИЗ объясняют не менее 20% дисперсии ВВХ. Высокий вес факторов, не описанных в терминах строения СИЗ («выигрыша/проигрыша», «игры крестиками/ноликами», «номера игры в последовательности», «номера хода от начала игры»), может быть объяснен через связи дескрипторов СИЗ с этими характеристиками игровой ситуации. Так, с увеличением номера игры возрастает количество компонентов, отношений всех типов, групп компонентов, образованных ими, отношению к выигрышной или проигрышной части дерева игры соответствуют разные домены СИЗ (см. гл. 8). Вероятно, для повышения мощности моделей ВВХ необходимо включать в число дескрипторов содержательные характеристики составляющих СИЗ, а также строить нелинейные регрессионные модели, поскольку количественные характеристики отношений и групп компонентов изменяются в процессе приобретения компетенции нелинейно (см. рисунки 5–22).

Поскольку динамика ВВХ связана с характеристиками актуализированных совокупностей компонентов СИЗ, модели, описывающие ВВХ, были использованы для оценки правдоподобия гипотез о последовательности изменения состава актуализированных совокупностей на протяжении реализации акта игры. Гипотетическая последовательность этапов реализации акта игры показана на рисунке 17, гл. 9.

Установлено, что для актов игры, в которых ВВХ не превышало 2.2 с. (это ограничение означает, что на протяжении выбора хода могло быть осуществлено не более двух поисковых движений, см. 8.2.1), узлы дендрограммы, разделяющей выборку ВВХ на группы по значениям дескрипторов актуализации компонентов СИЗ и их групп, соответствуют предполагаемой последовательности этапов трансформации исходной совокупности составляющих СИЗ при последовательных селекциях. Для больших длительностей ВВХ последовательность узлов дендрограммы может содержать инверсии. Это означает, что при значениях ВВХ, «вмещающих» большее количество циклов поисковой активности, селекций могут происходить с отклонениями

от схемы, показанной на рисунке 9: с последовательным сужением объема исходной совокупности компонентов и их групп, с формированием промежуточной совокупности увеличенного объема, которая становится исходным материалом для возобновленной селекции. По сути, образование такой совокупности соответствует началу нового акта, но, используя критерии выделения акта игры в континууме (см. гл. 8), следует заключить, что этими событиями в динамике актуализации на интервале акта выделяются специальные этапы его реализации. Можно предположить, что этим субэтапам акта соответствуют субволны УНВ, отличающиеся по характеристикам от субкомпонентов УНВ, описанных в разделе 8.2.1 (рисунки 3 и 6).

ГЛАВА 12

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПОНЕНТА СТРУКТУРЫ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ЗНАНИЯ

На основании результатов исследования соотношения компонентов СИЗ и их генетических предшественников — протокомпонентов (см. 11.3.2), представлений о неонейрогенезе, сложившихся в русле селектогенетических теорий научения (Эдельмен, 1981; Edelman, 1989; Barnea, Nottebohm, 1994, 1996; Gould, Gross, 2002; Nelson, Marler, 1994; Nikolaev et al., 1992; Kruse, Stripling, Clayton, 2000; Radulovic et al., 1998, см. 4.3.6), закономерностей специализации нейронов, установленных в исследованиях, проведенных с позиций системной психофизиологии и системно-эволюционного подхода (Александров, Греченко, Гаврилов и др., 1997; Горкин, Шевченко, 1991; Швырков, 1985, см. 12.1.5.4), результатов анализа организации активности нейронов, представляющих компоненты СИО (см. гл. 10), сформулирована **теоретическая гипотеза**: 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.

В исследовании оценивали следующие *исследовательские гипотезы*:

Гипотеза 1. Динамика состава актуализированного набора составляющих СИЗ в процессе формирования нового компонента проявляется в градуальном увеличении времени выбора хода (ВВХ) на протяжении последовательности актов, предшествующих первой реализации нового акта игры.

Альтернативное положение: ВВХ не изменяется закономерно на этом интервале.

Гипотеза 2. Инициация формирования нового компонента СИЗ связана с затруднениями в достижении этапных целей игры при использовании сформированных ранее составляющих СИЗ (компонентов и стратегий); это может выражаться в снижении селективной ценности альтернатив, конкурирующих в процессе принятия решения, т.е. в уменьшении разнообразия актуализированных стратегий и количества компонентов, входящих в их состав.

Альтернативные положения: (1) на протяжении последовательности актов, предшествующих реализации нового акта, разнообразие и количественные характеристики актуализированных составляющих СИЗ не изменяются; (2) изменяются вне связи с латентным процессом формирования нового компонента.

Гипотеза 3. Вероятность формирования (степень актуализации) нового компонента СИЗ градуально возрастает к моменту его первой реализации в составе нового акта репертуара.

Альтернативные положения: (1) вероятность (степень) актуализации нового компонента СИЗ равна нулю на интервале, предшествующем его первой реализации как акта игры; (2) снижается к моменту его первой реализации; (3) не изменяется на всем интервале его формирования.

Гипотеза 4. Новые компоненты СИЗ, составляющие группу, которая обладает содержательной общностью (возможностью реализации компонентов в сходных поведенческих ситуациях), дифференцируются из их общего генетического предшественника («протокомпонента») последовательно.

Альтернативное положение: все члены такой группы дифференцируются из протокомпонента одномоментно.

Общие характеристики выборки и методики

Выборку составили последовательности из семи актов, представляющих новый и следующий за ним акт, а также пять актов, предшествующих новому, зарегистрированные в процессе формирования компетенции в стратегической игре с полной информацией для двух партнеров. Данная методика позволяет фиксировать протокол игры в координатах игрового поля, моменты

совершения ходов каждым из игроков и время выбора хода (Александров, Максимова, Горкин и др., 1999).

В исследовании решали следующие **задачи**:

1. Дать описание СИЗ для каждого испытуемого.
2. Оценить динамику ВВХ на интервале, предшествующем первой реализации нового компонента СИЗ.
3. Оценить тесноту связи ВВХ и дескрипторов СИЗ, характеризующих: (1) состав актуализированных базовых компонентов СИЗ и (2) состав актуализированных стратегий для выборки актов игры, из которой исключены первые реализации новых компонентов.
4. Выявить факторную структуру актуализированных составляющих СИЗ (базовых компонентов и их групп) на протяжении последовательности актов, предшествующих реализации нового акта.
5. Сопоставить динамику факторов, описывающих актуализированные составляющие СИЗ, с динамикой ВВХ на интервале, предшествующем первой реализации нового компонента СИЗ.
6. Оценить вероятность и степень актуализации нового компонента СИЗ на интервале его латентного формирования по регрессионным моделям ВВХ, включающим или не включающим гипотетическую актуализацию нового компонента.
7. Оценить динамику характеристик медленных потенциалов мозга на протяжении латентного интервала формирования нового компонента.
8. Оценить динамику невербальных составляющих поведения на интервале, предшествующем первой реализации нового компонента СИЗ.

12.1. МЕТОДИКА

12.1.1. Участники исследования. В опытах принимали участие 287 человек девяти возрастных групп (распределение возрастов см. в 11.1.1., таблица 1).

12.1.2. Процедура исследования, реконструкции СИЗ, регистрации времени выбора хода подробно описаны в 11.1.

12.1.4. Диагностика реализации новых актов. Составляли два списка актов игры, содержащих указания на моменты их первой реализации. Первый из них строили для каталога КАИ: в нем отмечены моменты первой реализации актов определенного типа, которые использовали как показатели формирования новых базовых компонентов СИЗ. Второй список строили для каталога КГА: он содержал указания на моменты первой реализации групп

актов, обладающих общностью как исходной для акта ситуации, так и действенный игрока, что рассматривали как проявление начала формирования новой группы базовых компонентов СИЗ (см. 11.1.3.1).

12.1.5. Моделирование

Предполагалось:

- Построить регрессионную модель ВВХ на основании эмпирически определенных характеристик.
- Ввести в эмпирическую регрессионную модель ВВХ коэффициенты коррекции, исходя из системы альтернативных гипотез о латентной актуализации формирующегося компонента СИЗ на протяжении последовательности актов, предшествующих первой реализации нового акта игры и определить такое расположение этих коэффициентов, которое позволяет достигнуть наивысшего качества модели ВВХ.
- Выявить характеристики латентного этапа формирования компонента СИЗ — длительности, особенностей динамики состояния формирующегося компонента и состава актуализированного набора составляющих СИЗ, а также условий инициации этапа на основании сопоставления динамики ВВХ, распределения коэффициентов коррекции в моделях ВВХ и динамики состава актуализированных компонентов СИЗ.

Для оценки системы гипотез о характеристиках процесса формирования компонента СИЗ применили процедуру множественной линейной регрессии, в которой в качестве зависимой переменной использовали ВВХ, а независимых — факторные оценки, полученные при анализе характеристик СИЗ (см. 12.1.5.2). Выбор этих переменных обоснован существованием связи между количеством актуализированных компонентов СИЗ и ВВХ, показанной для данной методики (Александров, Максимова, 1988), или, в терминах характеристик среды и поведения, связи между количеством альтернативных форм ответа и временем реакции (см. Luce, 1986). Полагали, что сопоставление моделей ВВХ, построенных на независимых переменных, скорректированных в соответствии с альтернативными гипотезами о количестве актуализированных компонентов СИЗ, позволит отвергнуть некоторые из них и отобрать одну или несколько наиболее правдоподобных.

12.1.5.1. 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); 31 испытуемый, у которых не было найдено последовательностей такой длины, были распределены по возрастным группам равномерно. После исключения актов, ВВХ для которых выходило за принятые пределы (см. 12.1.5.2), количество реализаций для каждого из актов последовательности «—5... —1» составило от 745 до 762. Общее количество актов, вошедших в анализ, составило 4522, а с включением акта, следующего за новым, — 5268.

12.1.5.2. Формирование переменных. В качестве *зависимой* переменной использовали ВВХ. Значения ВВХ меньше 500 мс и больше 28000 мс из анализа исключали. Распределение значений ВВХ, попавших в эти границы, приводило к нормальному виду (см. 11.1.4). Для того чтобы устранить зависимость ВВХ от номера хода в игре и предшествующего игрового опыта, использовали множественную линейную регрессию нормализованных значений ВВХ для независимых переменных «номер хода в игре» и «количество совершенных актов игры». Эти процедуры применяли не к значениям ВВХ, включенным в отобранные последовательности актов игры, а ко всей выборке ВВХ ($N = 83221$). Линейную регрессию применяли, поскольку повышение порядка полиномов не приводило к существенному улучшению результатов. При моделировании использовали значения остатков, полученных в результате регрессионного анализа; эти значения обозначили гВВХ.

В качестве *независимых* переменных использовали оценки, полученные в результате факторного анализа характеристик, описывающих составляющие СИЗ и их актуализацию (см. гл. 11.1.3). Факторы выделяли методом главных компонент, использовали косоугольное вращение PROMAX. Факторные оценки набора переменных СИЗ были рассчитаны для актов «—5, ... 0». Разработанные алгоритмы не позволяют реконструировать характеристики актуализированных наборов СИЗ для акта 1, следующего после реализации нового акта.

12.1.5.3. Построение моделей. Регрессионные модели строили для выборки последовательностей из пяти актов игры, предшествующих новому акту, и нового акта (последовательность «—5, —4, —3, —2, —1, 0»).

Строили две группы моделей. *Первая* была предназначена для оценки гипотез об актуализации формирующегося компонента СИЗ в последовательности актов «—5... 0» и локализации этого события в последовательности. Для коррекции моделей первой группы использовали коэффициенты 0 и 1, их введение для определенного акта последовательности означало соответственно актуализацию или неактуализацию гипотетического компонента СИЗ. Использовали 41 неповторяющееся сочетание возможных положений коэффициентов в последовательности актов.

Задача построения *второй* группы моделей состояла в том, чтобы уточнить значения коэффициентов коррекции, позиции которых были определены при оценке моделей первой группы. В этом случае использовали дробные коэффициенты с шагом 0.1. В качестве контрольных использовали модели, в которых порядок изменения коэффициентов, по сравнению с оцениваемой моделью, был (1) инвертированным во времени, (2) случайным (определялся по таблице случайных чисел), (3) равномерно распределенным в зоне низких (близких к нулю) или высоких значений, (4) коэффициенты коррекции имели отрицательные значения.

12.1.5.4. Оценка и сопоставление моделей. Качество построенных моделей оценивали по всем основным стандартным критериям: по величинам коэффициента детерминации R^2 и уточненного R^2_{adj} , результатам теста ANOVA — величине критерия F , доверительным интервалам коэффициентов при независимых переменных, характеристикам распределения остатков (по критерию Колмогорова-Смирнова и графикам). Критерий Дарбина-Уотсона не использовали, так как он применим только к тем случаям, когда регрессия строится для всего ряда (см. Лэмб, 1980), а в данной работе выборка представлена более чем 700 короткими последовательностями.

Сопоставляли пары регрессионных моделей времени выбора, одна из которых была построена по данным, полученным эмпирически, а другая скорректирована в соответствии с какой-либо конкретной гипотезой об актуализации формирующегося компонента СИЗ на протяжении последовательности актов игры, предшествующей реализации нового акта. Для сравнения качества сопоставляемых моделей использовали критерий Вильямса-Клута (см. Химмельблау, 1973) — оценку знака коэффициента b для регрессионной прямой, проходящей через начало координат, для зависимости

$$(M1_{гВВХ} - M2_{гВВХ}) = b*(гВВХ - (M1_{гВВХ} + M2_{гВВХ})/2),$$

где ВВХ — зависимая переменная, $M1_{гВВХ}$ — значения, рассчитанные по стандартной модели $M1$, $M2_{гВВХ}$ — по скорректированной модели $M2$, гВВХ — нормализованная оценка ВВХ, учитывающая вклад номера хода в игре и общее количество совершенных ходов.

Согласно этому критерию, регрессионная модель $M2$ лучше модели $M1$, если коэффициент b достоверно положителен, т.е. нижняя доверительная граница распределения его значений положительна.

Возможность сопоставления моделей с помощью критерия Вильямса-Клута обеспечивалась тем, что в них использованы матрицы с одинаковым количеством строк и столбцов; выборка независимых переменных в сравниваемых моделях идентична; различие состоит только в величинах коррекционных коэффициентов. Именно оценка эффекта введения коррекционных

коэффициентов служила основанием для оценки гипотез об актуализации формирующегося компонента СИЗ на протяжении последовательности актов игры, предшествующей реализации нового акта.

12.1.6. Анализ связанных с событиями потенциалов мозга¹

Использованы данные, полученные на четырех испытуемых, которые играли друг с другом в крестики-нолики на игровом поле с подложкой из фольги.

Они ставили знаки «0» и «✓» ручками с токопроводящими чернилами для регистрации моментов касания поля. Подробности инструкции испытуемым, регистрации ЭЭГ, поведенческих отметок и видеоизображения см. в 8.1.

Анализировали ЭЭГ в отведениях F3'', F4'', P3', P4' по системе 10–10 для последовательностей из четырех актов игры, включающие реализацию нового акта и трех предшествующих. Эту последовательность обозначали:

«-3, -2, -1, 0»,

где «0» обозначает новый акт, а «-1», «-2» и «-3» — предшествующие акты. Выборка составила 39 последовательностей актов (у испытуемого А было найдено 9 последовательностей, у Б — 10, у В — 7, у Г — 13). За счет отбрасывания артефактных реализаций ЭЭГ и случаев с трудностями измерения значений переменных выборка сократилась на 1–3 акта для разных актов последовательности.

Для отрезков ЭЭГ, соответствующих каждому акту последовательности, оценивали амплитуды и временные характеристики паттерна потенциала (см. гл. 8.2.1), для интервалов перед ходом оппонента (далее обозначен как «интервал А», между ходами оппонента и игрока («интервал В»), после хода игрока («интервал С», см. 9.3, рисунок 17). Схема измерений переменных показана на рисунке 1. По значениям этих переменных рассчитывали также разницы между максимумом позитивности на интервале А и максимумом негативности на интервале В и между максимумом негативности на интервале В и максимумом позитивности на интервале С.

Значения амплитуд оценивали с точностью до 1.5 мкВ, время — до 15 мс.

12.1.7. Анализ невербальных составляющих поведения²

В опытах принимали участие 92 человека (48 девушек и женщин, 44 юношей и мужчин; от 16 до 27 лет, медиана — 20 лет).

Участники, игравшие в одной диаде, не были знакомы друг с другом, они впервые встречались в экспериментальной комнате. Поведение каждого чле-

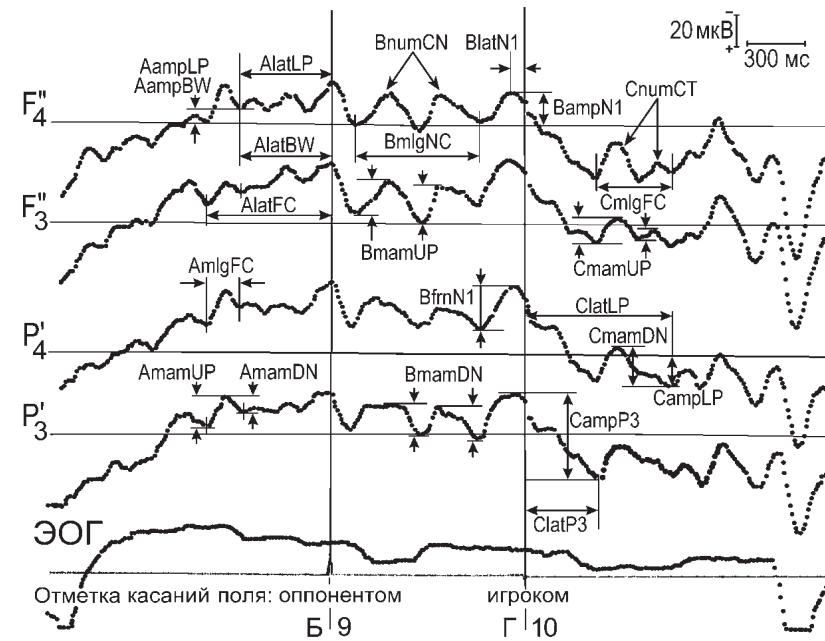


Рис. 1. Схема измерений амплитудно-временных характеристик потенциала, сопровождающего реализацию акта игры. Кривые (снизу вверх): касание игрового поля при написании знака, игрок — вниз, его оппонент — вверх; касания помечены символом игрока (Б и Г) и номером хода в игре (9 и 10); ЭОГ — электроокулограмма (в крайнем левом и правом положениях — моргания); F3'', F4'', P3', P4' — отведения ЭЭГ. Переменные, оценивающие характеристики потенциала на интервале до хода оппонента (Б9) начинаются с А, на интервале между ходами оппонента и игрока — с В, после хода игрока — с С. Показаны только примеры измерений

на диады регистрировали при помощи скрытых видеокамер. Одна камера фиксировала активность обоих испытуемых, две другие были направлены фронтально на каждого игрока с расстояния 70–100 см, незамаскированная камера была направлена на экран и фиксировала положение на игровом поле, ее назначение объясняли испытуемым.

В таблице 1 представлены переменные, описывающие невербальные составляющие поведения — репертуар поз, экспрессивных движений лица и тела. Этот репертуар построен при просмотре видеозаписей на основании критериев,

¹ В сборе и обработке данных участвовал М.Ю. Шепилёв.

² В этой части исследования принимала участие А.А. Молоткова.

Таблица 1
Переменные, описывающие невербальные составляющие поведения

Выражение лица: fe	Положение тела: br	Смена позы: pc	Жестикуляция: gg
fe 1. Нейтральное	br 1. Наклон вперед	pc 1.	gg 1. Указал на себя
fe 2. Сосредоточенное	br 2. Наклон назад	Рука — голова (касание любой части головы): hh	gg 2. Указал от себя, на предмет
fe 3. Открыл рот	br 3. Наклон в сторону партнера	hh 1. Подпирание	gg 3. Неопределенное указание
fe 4. Приподнял брови	br 4. Наклон в сторону от партнера	hh 2. Прикрывание	
fe 5. Брови «домиком»	br 5. Ориентация на партнера		Пальцы: ff
fe 6. Губы плотно сомкнуты, растянуты (не улыбка)	br 6. Ориентация от партнера	Почесывание, потирание: hs	ff 1. Шевелит пальцами
fe 7. Выпятил губы	br 7. Сидит прямо	hs 1. Головы (любых частей, включая шею)	ff 2. Поднес палец к губам
fe 8. Движения закрытыми губами		hs 2. Тербит что-либо	ff 3. Пальцы во рту
fe 9. Вытянул губы	Положение головы: hr		ff 4. Грызет ногти
fe 10. Прищурился	hr 1. Наклон вперед	Взгляды: ll	
fe 11. Закатил глаза	hr 2. Наклон назад	ll 1. На партнера с поворотом	Разное: vv
fe 12. Широко открыл глаза	hr 3. Наклон в сторону партнера	ll 2. На партнера без поворота	vv 1. Кашлянул
fe 13. Надул щеки	hr 4. Наклон в сторону от партнера	ll 3. Опустил глаза	vv 2. Зевнул

fe 14. Скривился	hr 5. Ориентация на партнера	ll 4. Отвел глаза	vv 3. Вдохнула
fe 15. Поморщился	hr 6. Ориентация от партнера	ll 5. На партнера с улыбкой	vv 4. Замер
fe 16. Улыбка открытая	hr 7. Прямое		vv 5. Подбоченился
fe 17. Улыбка закрытая	Ритмические движения: gm	Кивки: nd	
fe 18. Смех	gm 1. Покачивание тела вправо-влево	nd 1. Кивок связанный с собственным ходом	
fe 19. Улыбка «за рукой»	gm 2. Покачивание тела назад-вперед	nd 2. Кивок, не связанный с собственным ходом	
fe 20. Облизнулся	gm 3. Покачивание головой вправо-влево		
fe 21. Шевелит губами	gm 4. Покачивание головой назад-вперед		
fe 22. Прикусил губу	gm 5. Ерзанье		
fe 23. Жует	gm 6. Постукивание ногтями		

Примечания. Жирным шрифтом выделены группы переменных, в заголовках даны обозначения групп переменных. В ячейках сначала даны имена переменных, затем раскрыто их содержание.

данных в работах (Барabanщиков, 2002; Григорьева, Григорьев, Крейдлин, 2001; Лабунская, 1999; Меграбян, 2001).

Как и в основной группе испытуемых, в данной подвыборке анализировали последовательности из семи актов игры, включающие реализацию нового акта, пять предшествующих и один последующий. Акты этой последовательности обозначали так, как это описано в 12.1.5.1. Выделено 277 последовательностей, проявления невербального поведения выявлены в 251 последовательности.

Оценивали соответствие феноменов невербального поведения актам последовательности и динамику частоты их встречаемости на протяжении актов «-5, ... 1».

12.1.8. Статистические гипотезы (гипотезы H_0 с очевидными формулировками не приведены).

12.1.8.1. О связи гВВХ и характеристик актуализированной совокупности СИЗ.

Гипотеза H_1^1 : коэффициент корреляции гВВХ с дескрипторами СИЗ, которые учитывают количество актуализированных компонентов СИЗ для всей выборки актов, отличается от нуля.

12.1.8.2. Об изменении гВВХ в последовательности актов, предшествующих первой реализации нового акта.

Гипотеза H_1^2 : значения гВВХ градуально увеличиваются в актах игры, предшествующих первой реализации нового акта игры.

Гипотеза H_0^2 : средняя величина гВВХ для последовательных актов постоянна, или изменяется в последовательности актов не направленно.

12.1.8.3. О динамике характеристик СИЗ и её связи с изменением гВВХ.

Гипотеза H_1^3 : значения некоторых характеристик СИЗ градуально увеличиваются в актах игры, предшествующих первой реализации нового акта игры.

Гипотеза H_0^3 : средние величины некоторых характеристик СИЗ для последовательных актов постоянны, или изменяются в последовательности актов случайным образом.

Гипотеза $H_1^{3'}$: коэффициенты корреляции между некоторыми характеристиками СИЗ и значениями гВВХ в последовательности актов игры, предшествующих первой реализации нового акта, отличаются от нуля.

Гипотеза $H_1^{3''}$: коэффициент множественной корреляции гВВХ и факторных оценок дескрипторов СИЗ отличается от нуля преимущественно за счет показателей количества актуализированных базовых компонентов.

Гипотеза $H_1^{3''''}$: отношение составляющих СИЗ (компонентов и стратегий), сформированных на более ранних и более поздних стадиях приобретения компетенции перед первой реализацией нового акта игры, смещается в пользу «более старых» составляющих; в пользу «более молодых» составляющих (гипотеза $H_1^{3''''}$), не изменяется (гипотеза $H_0^{3'}$).

12.1.8.4. Об особенных моментах динамики характеристик СИЗ и связи этих моментов с изменением гВВХ.

Гипотеза $H_1^{4'}$: в динамике некоторых характеристик СИЗ в актах игры, предшествующих первой реализации нового акта игры, выделяются минимумы или максимумы.

Гипотеза $H_1^{4''}$: эти особые точки совпадают с началом изменения ВВХ или предшествуют им.

12.1.8.5. О величинах коэффициентов коррекции и их распределении в последовательности актов, предшествующих первой реализации нового акта.

Гипотеза $H_1^{5'}$: при введении корректирующего коэффициента, равного единице, в характеристики актов, удаленных от реализации нового акта, критерий Вильямса-Клута (см. 12.1.6.4.) отрицателен, а близких к его реализации — положителен.

Гипотеза $H_1^{5''}$: наибольшие **положительные** значения критерия Вильямса-Клута достигаются при градуальном **увеличении** коэффициента коррекции к моменту реализации нового акта.

Гипотеза $H_1^{5'''}$: наибольшие **отрицательные** значения критерия Вильямса-Клута наблюдаются при градуальном **уменьшении** коэффициента коррекции к моменту реализации нового акта.

Гипотеза $H_0^{5'}$: при случайном распределении величин коррекций, дающих лучшие модели, по последовательности актов игры, критерий Вильямса-Клута не отличается от нуля.

Гипотеза $H_0^{5''}$: при равномерном распределении константного коэффициента коррекции по последовательности актов игры критерий Вильямса-Клута не отличается от нуля.

12.1.8.6. Об объеме репертуара и количестве базовых компонентов в разных возрастных группах.

Гипотеза H_1^6 : у испытуемых младших возрастных групп количество базовых компонентов больше, чем у старших.

12.1.8.7. О динамике характеристик медленных потенциалов мозга на протяжении латентного интервала формирования нового компонента.

Гипотеза H_1^7 : коэффициенты корреляции между характеристиками медленных потенциалов мозга и совокупности актуализированных компонентов СИЗ на протяжении последовательности актов игры, предшествующих первой реализации акта нового типа, отличаются от нуля.

12.1.8.8. О динамике невербальных составляющих поведения на интервале, предшествующем первой реализации нового компонента СИЗ.

Гипотеза H_1^8 : существует достоверная сопряженность между динамикой ВВХ и частотой реализации различных невербальных составляющих поведения.

12.1.9. Статистические процедуры и критерии

Применяли:

- 1) факторный анализ — выделение факторов методом главных компонент с последующим косоугольным вращением по PROMAX;
- 2) множественный регрессионный анализ;
- 3) критерий χ^2 ; для оценки матриц, содержащих низкие частоты, использовали точный критерий Фишера;
- 4) коэффициент ранговой корреляции Спирмена (r_s), устойчивый к отклонению распределений переменных от нормальности; для нормально распределенных данных — коэффициент корреляции Пирсона;
- 5) для сравнения значений коэффициентов корреляции использовали z-преобразование Фишера (Мюллер, Нойман, Шторм, 1982, с. 170–172);
- 6) точные непараметрические тесты: медианный, Джонкхир-Терпстра, Крускалла-Уоллеса (непараметрический аналог ANOVA); для оценки доверительных интервалов уровня достоверности применяли процедуру Монте-Карло;
- 7) ANOVA с проверкой гомогенности дисперсий сравниваемых выборок по тесту Левена и множественными сравнениями (post-hoc анализом) по Шеффе; 8) для оценки нормальности распределений использовали точный тест Колмогорова-Смирнова. Гипотезы H_0 отвергали при $p \leq 0.05$.

12.2. РЕЗУЛЬТАТЫ

12.2.1. СООТНОШЕНИЕ ВВХ И КОЛИЧЕСТВА

АКТУАЛИЗИРОВАННЫХ КОМПОНЕНТОВ СИЗ

Выявлены достоверные связи между ВВХ и переменными, характеризующими СИЗ в игровой ситуации, предшествующей ходу оппонента (постановке им знака на игровом поле), для всей выборки актов, зарегистрированных у всех испытуемых, исключая первые реализации актов определенного типа (новые акты). Объем выборки составил 23456 актов. Для переменных, которые прямо или косвенно характеризуют количество актуализированных базовых компонентов СИЗ, коэффициент r_s был распределен на интервале от 0.113 до 0.133. Для переменных, не отражающих состав базовых компонен-

тов, диапазон значений r_s составил от -0.103 до 0.036 , причем для характеристик стратегий значения коэффициентов были отрицательными. Сравнение граничных значений коэффициентов корреляции ($.113$ и 0.036) с использованием z-преобразования Фишера, продемонстрировало их достоверное различие ($t = 8.39$, $df = 23456$, $p < 10^{-5}$). Таким образом, ВВХ более тесно связано с переменными, характеризующими состав актуализированных базовых компонентов, чем других составляющих СИЗ. Полученные результаты позволяют отвергнуть гипотезу 12.1.8.1 H_0^1 и утверждать, что ВВХ связано с количеством актуализированных компонентов СИЗ.

12.2.2. ФОРМИРОВАНИЕ НОВЫХ КОМПОНЕНТОВ СИЗ

У ИСПЫТУЕМЫХ РАЗНЫХ ВОЗРАСТНЫХ ГРУПП

Количество новых базовых компонентов СИЗ, которое сформировано на протяжении 256 актов игры у испытуемых различных возрастных групп (I ÷ VII'), показано на рисунке 2, (12.2.2.1).

В группах I–III (возраст 6–10 лет) количество этих компонентов не различается (точный медианный тест, оценка по Монте-Карло, $\chi^2 = 5.32$; $df = 2$; границы 99% доверительного интервала оценки достоверности: $0.067 \leq p \leq 0.080$). Для групп V–VIII (14–27 лет) различий также не выявлено ($\chi^2 = 4.06$; $df = 3$; границы 99% доверительного интервала: $0.249 \leq p \leq 0.272$). Для групп III–V (10–14 лет) найдено снижение количества формирующихся компонентов ($\chi^2 = 27.08$; $df = 2$; границы 99% доверительного интервала: $10^{-6} \leq p \leq 0.00046$). Таким образом, оценки для испытуемых 6–10 и 14–27 лет представляют статистически достаточно однородные группы и составляют, соответственно, 161 (95% доверительный интервал: 154–162 компонента) и 142 (95% доверительный интервал: 139–149 компонента). Изменение количества формируемых компонентов происходит в возрасте 10–14 лет.

Таким образом, мы отбрасываем гипотезу 12.1.8.6 H_0^6 о равенстве количества базовых компонентов СИЗ у испытуемых разных возрастных групп.

12.2.3. ДИНАМИКА ВВХ В ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ АКТОВ

ИГРЫ, ПРЕДШЕСТВУЮЩИХ ПЕРВОЙ РЕАЛИЗАЦИИ НОВОГО АКТА

Оригинальное распределение значений ВВХ (рисунок 2 А) существенно отклоняется от нормального (критерий Колмогорова-Смирнова, $Z = 57.35$, $p < 10^{-9}$). После процедуры нормализации отличие распределения

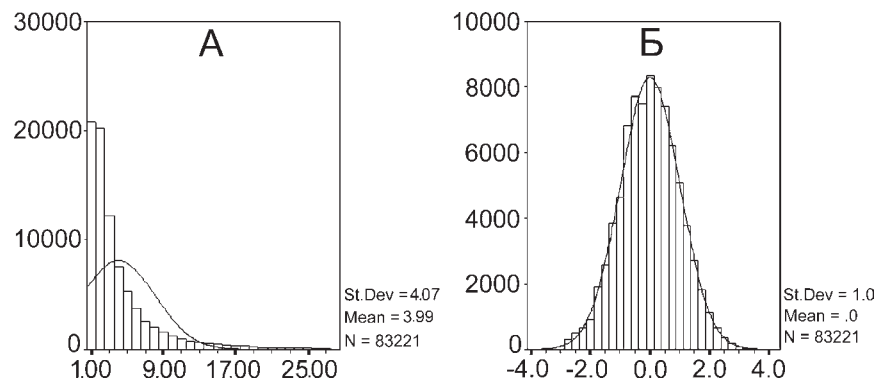


Рис. 2. Распределения значений ВВХ до (А) и после (Б) процедуры нормализации. Плавная линия — кривая нормального распределения; по оси абсцисс — центральные значения для бинов гистограмм; по оси ординат — количество случаев; время представлено на А в с, на Б — в единицах дисперсии

ВВХ от нормального несколько снижается ($Z = 2.22$, $\rho < 10^{-6}$), хотя по значениям параметров распределение мало отличается от нормального: среднее $-2.3 \cdot 10^{-15}$, дисперсия 0.99997, асимметрия -0.028 , эксцесс 0.028 (рисунок 2 Б). Возможно, что при больших объемах выборки даже весьма малые абсолютные отклонения параметров служат основанием отвержения гипотезы H_0 .

Применение множественной регрессии показало, что нормализованные величины ВВХ связаны с номером хода в игре (положительная связь, $b = .148$, $t = 43.07$) и с количеством совершенных ходов в играх (отрицательная связь, $b = -.097$, $t = -28.38$). Коэффициент множественной корреляции $R = .171$; $df_{reg} = 2$, $df_{resid} = 83218$; $F = 1248,6$; $\rho < 10^{-9}$. Распределение остатков для этой регрессионной модели показало высокую степень соответствия нормальному распределению (критерий Колмогорова-Смирнова, $Z = .781$, $\rho = .575$). При дальнейшем анализе использовали остатки ВВХ, полученные в результате регрессионной процедуры (гВВХ).

Для того чтобы оценить степень искажения переменных в результате применения процедуры нормализации и множественного регрессионного анализа, рассчитали коэффициент корреляции Спирмена для оригинальных значений ВВХ и гВВХ: $r_s = .985$, $N = 83221$; $\rho < 10^{-7}$.

Скорректированные величины ВВХ продемонстрировали связь с возрастом испытуемых (медианный тест, $\chi^2 = 1212.2$, $df = 8$, $\rho < 10^{-7}$), неотличи-

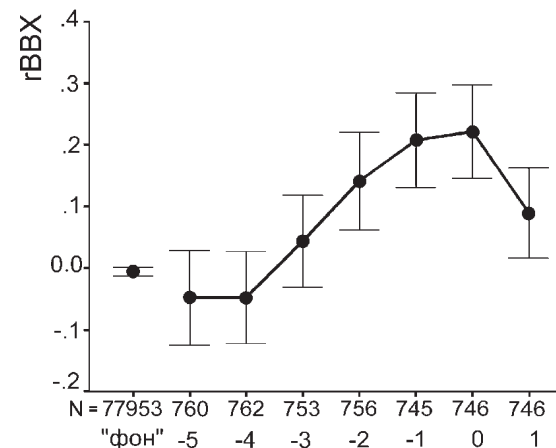


Рис. 3. Изменение гВВХ в последовательности актов игры, предшествующих первой реализации нового акта. По оси абсцисс — акты последовательности, «0» — новый акт, «-5... -1» — акты, предшествующие новому, «1» — акт, следующий за новым; «фон» — акты, не включенные в последовательность; N — объем выборки. По оси ординат — время (среднее и стандартная ошибка среднего) в единицах дисперсии

мую от связи, рассчитанной для оригинальной выборки ВВХ (медианный тест, $\chi^2 = 1127.9$, $df = 8$, $\rho < 10^{-7}$).

Для актов, вошедших в состав последовательностей, распределение исходных значений ВВХ отличалось от нормального ($Z = 22.324$, $\rho < 10^{-8}$), а нормализованное и скорректированное (гВВХ) — не отличалось (в первом случае $Z = 1.11$, $\rho = .170$; во втором — $Z = 1.17$, $\rho = .131$).

Выборки гВВХ для каждого акта в последовательности не отклонялись от нормальности (критерий Колмогорова-Смирнова, оценка по Монте-Карло, минимальное значение нижней границы 99% доверительного интервала — .273, верхней границы — .854). Дисперсии распределений гВВХ для всех актов последовательности не показали достоверных различий, наибольшее значение F -критерия составило 1.109; для $\rho = .05$ и $df = 1000$ критическое значение $F = 1.12$. Тест Левена как необходимый контроль при дисперсионном анализе также показал, что дисперсии групп гВВХ гомогенны. Таким образом, выборки гВВХ для актов, включенных в последовательность, распределены достаточно близко к нормальности и обладают гомогенной дисперсией (гомоскедастичны), и, следовательно, могут быть использованы в процедуре ANOVA, а также для построения регрессионных моделей.

Таблица 2

Факторный анализ характеристик актуализации составляющих СИЗ.
Факторные веса получены в результате косоугольного вращения по PROMAX

Переменные, характеризующие актуализацию составляющих СИЗ		Факторы и их веса		
Обозначения	Содержание переменных	FI	FII	FIII
V01	количество базовых компонентов		886	
V02	количество стратегий	849		
V03	количество компонентов, включенных в стратегии	854		
V11	количество отношений XOR			
V12	количество КГА, составляющих альтернативы	850		
V13	количество КГА, включенных в стратегии	844		
V14	максимальная длина стратегий		884	
V15	минимальная длина стратегий		780	
V16	средняя длина стратегий		960	
V17	энтропия распределения стратегий по альтернативам			739
V18	нормированная оценка количества отношений XOR			
V19	нормированная оценка количества отношений AND			

Примечание. В матрице представлены факторные веса, превышающие 0.7. Нули и запятые опущены.

выборе хода и включенных в состав стратегий (V12, V13), нормированную энтропию распределения стратегий по альтернативам выбора (V17), длину стратегий (V14–V16).

Детерминант исходной матрицы данных положителен ($D = 1.79 \cdot 10^{-6}$); критерий Кайзер-Мелкин-Олькина = 0.702; тест сферичности Бартлетта удовлетворителен ($\chi^2 = 62081.9, df = 66; p < .00001$). Выделено три фактора, объясняющих 73.65% дисперсии: FI — 43,56%; FII — 19,29%; FIII — 12,79%.

Фактор FI характеризует актуализацию составляющих СИЗ — базовых компонентов (КАИ и КГА), а также стратегий; фактор FII — длина актуализированных стратегий; фактор FIII — распределение актуализированных стратегий по альтернативам, составляющим выбор игрока.

Распределения полученных факторных оценок для всех актов последовательности после их нормализации показали достаточную степень сходства с нормальным распределением: критерий Колмогорова-Смирнова, $Z \leq 1.037; p \geq .232$.

Дисперсионный анализ показал значимую связь значений гВВХ и положения акта в последовательности: $F = 8.22; df = 6; p = 7.05 \cdot 10^{-9}$. Динамика гВВХ в последовательности актов показана на рисунке 3. Множественные сравнения по Шеффе показали, что минимальные значения гВВХ соответствуют «фону» и актам «-5» и «-4», а максимальные — актам «-1» и «0», для этих сопоставлений $p \leq .001$. Более либеральный критерий Бонферрони противопоставил актам «-5» и «-4» (минимальные значения гВВХ) акты «-2», «-1» и «0» (максимальные значения), а акту «0» — акты «-5», «-4», «-3» (для всех сравнений, не включающих акт «-3», $p \leq .011$; для акта «-3» $p = .025$). Эти результаты показывают, что в начале последовательности (акты «-5», «-4») гВВХ стабильно и не отличается от «фона», увеличивается в акте «-3» (по критерию Бонферрони, но не по Шеффе), достигает максимума в актах «-2», «-1», и «0», а затем снижается до уровня, не отличимого статистически от «фона».

Анализ «сырых» значений ВВХ при помощи непараметрического критерия Джонкхир-Терпстра (оценка по Монте-Карло) показал, что для группы актов «-5, -4, -3» и «фона» различий в ВВХ нет ($p = .731, 99\%$ доверительный интервал .719 ÷ .742); для актов «-2», «-1», «0» различия ВВХ также отсутствуют ($p = .146, 99\%$ доверительный интервал .137 ÷ .155), а для последовательности актов «-3, -2, -1» отмечено увеличение ВВХ ($p = .008, 99\%$ доверительный интервал .006 ÷ .011). ВВХ в акте 1 отличается как от «фона» ($p = .004, 99\%$ доверительный интервал .002 ÷ .006), так и от максимальных значений ВВХ в акте «0» ($p = .010, 99\%$ доверительный интервал .007 ÷ .012). Разница медианных оценок ВВХ между группами актов «-5, -4» и «-2, -1, 0» составляет 540 мс, а между минимумом (акты «-5, -4») и максимумом (акт «0») — 850 мс.

Значения ВВХ в последовательностях актов, предшествующих первой реализации актов, включенных в КАИ или в КГА, не различались (t -тест; для всех актов последовательности: $t \leq 1.7, df = 760, p \geq .08$).

Анализ показал, что гипотезу 12.1.8.2, H_0^2 следует отвергнуть: значения ВВХ градуально увеличиваются в актах игры, предшествующих первой реализации нового акта.

12.2.4. ФАКТОРНЫЙ АНАЛИЗ ПЕРЕМЕННЫХ,
ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ АКТУАЛИЗАЦИЮ СИЗ

Анализировали 12 дескрипторов СИЗ (см. таблицу 2), характеризующих количество актуализированных базовых компонентов (V01), стратегий (V02), компонентов, включенных в стратегии (V03), отношений XOR и AND (V11, V18, V19), количество КГА, составляющих альтернативы при

12.2.5 ДИНАМИКА ДЕСКРИПТОРОВ СИЗ В ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ АКТОВ ИГРЫ, ПРЕДШЕСТВУЮЩИХ ПЕРВОЙ РЕАЛИЗАЦИИ НОВОГО АКТА

Изменение значений факторных оценок на протяжении последовательности актов, предшествующих первой реализации нового акта игры, показано на рисунке 4. Дисперсионный анализ и оценка динамики при помощи множественных сравнений по Шеффе показали, что максимальные значения F1 соответствуют актам «-4», «-3», «-2», а минимальные — актам «-5» и «0» (для этих сравнений $\rho \leq .0014$). Значения фактора FII максимальны в актах «-5», «-4», «-3», а затем монотонно снижаются, достигая минимума в акте 0 (при сравнении с актами «-5» ÷ «-2» $\rho \leq 1.95 \cdot 10^{-6}$, а с актом «-1» $\rho = .025$). Значения фактора FIII минимальны в актах «-5» и «-4», а затем монотонно увеличиваются и достигают максимума в актах «-1» и «0» ($\rho \leq .016$).

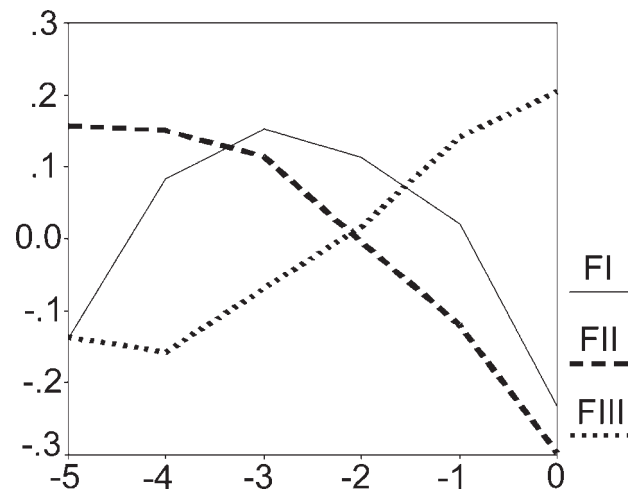


Рис. 4. Динамика факторных оценок характеристик набора актуализированных составляющих СИЗ в последовательности актов, предшествующих первой реализации нового акта игры. По оси абсцисс — последовательность актов, обозначения как на рисунке 3; по оси ординат — средние значения факторных оценок. Справа — обозначения факторов на графике

Значения факторов в последовательностях актов, предшествующих первой реализации, включенных в КАИ или в КГА, не различались (медианный тест, $\chi^2 \leq 3.20$, $df=2$, $\rho \geq .88$). Факторы F1 и FIII показали достоверную положительную связь с гВВХ (корреляция Спирмена, $df = 4522$, для F1: $R = .104$, $\rho = 1.9 \cdot 10^{-12}$; для FIII: $R = .065$, $\rho = 1.06 \cdot 10^{-5}$), а фактор FII — отрицательную ($R = -.099$, $\rho = 2.58 \cdot 10^{-11}$).

В последовательности актов игры, предшествующих реализации нового акта, отмечено, что к акту «-3» по сравнению с «-5» происходит увеличение количества актуализированных компонентов СИЗ, конкурирующих в принятии решения (рисунок 5 а; $\chi^2 = 58.27$; $df = 1$; $\rho = 2.27 \cdot 10^{-14}$), количества актов, включенных в стратегии (рисунок 5 б; $\chi^2 = 14.87$; $df=1$; $\rho = 0.0001$); при этом снижается длина актуализированных стратегий (рисунок 5 в;

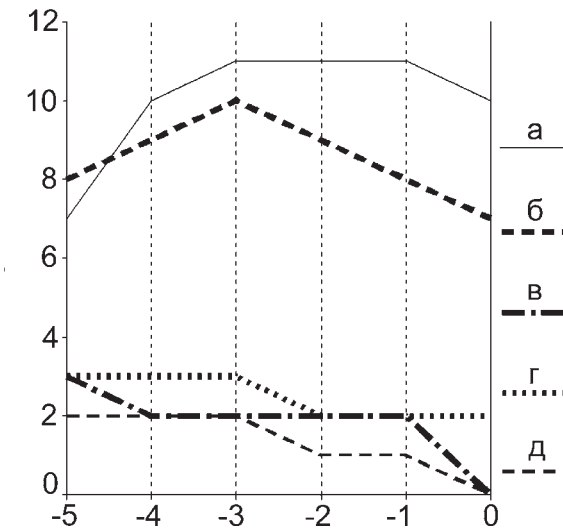


Рис. 5. Количество актуализированных компонентов СИЗ и характеристики ассоциированных с ними стратегий в последовательности актов, предшествующих первой реализации нового акта игры. По оси абсцисс — последовательность актов, обозначения актов как на рисунке 3; по оси ординат (во всех случаях — медианные значения): а — количество компонентов, представляющих альтернативы принятия решения, б — количество компонентов СИЗ, включенных в состав стратегий, в — максимальная длина стратегий, отобранных в процессе принятия решения, г — максимальная длина актуализированных стратегий для всего множества, д — количество стратегий, отобранных при выборе хода

$\chi^2 = 18.49$; $df = 1$; $\rho = 1.7 \cdot 10^{-5}$). На протяжении последующих актов («-2» и «-1») при сохранении количества актуализированных базовых компонентов наблюдается снижение количества компонентов, включенных в стратегии (рисунок 5 б; $\chi^2 = 49.45$; $df = 1$; $\rho = 2.02 \cdot 10^{-12}$), длины стратегий, как всего набора, на котором совершается выбор (рисунок 5 г; $\chi^2 = 13.56$; $df = 1$; $\rho = 0.0002$), так и стратегий, реализованных после принятия решения (рисунок 5 д; $\chi^2 = 569.9$; $df = 1$; $\rho < 10^{-10}$).

Установлено, что на протяжении анализируемой последовательности актов игры («-5...1») закономерно изменяется количество стратегий, показавших большую частоту актуализации на протяжении формирования компетенции (рисунок 6), т.е. стратегий с более длительной историей. Это увеличение происходит градуально на протяжении актов «-5...-1» (здесь и далее критерий Крускала-Уоллеса, $\chi^2 = 28.76$; $df = 4$; $\rho = 8.74 \cdot 10^{-43}$). После реализации нового акта количество «старых» стратегий падает (акты «0» и «1»; $\chi^2 = 188.84$; $df = 1$; $\rho = 5.4 \cdot 10^{-6}$) значительно ниже уровня «фона» (акт «1» и «фон»; $\chi^2 = 229.1$; $df = 1$; $\rho = 9.1 \cdot 10^{-52}$), т.е. после первой реализации нового акта в составе актуализированных стратегий происходит сдвиг в сторону «новых». Поскольку ко-

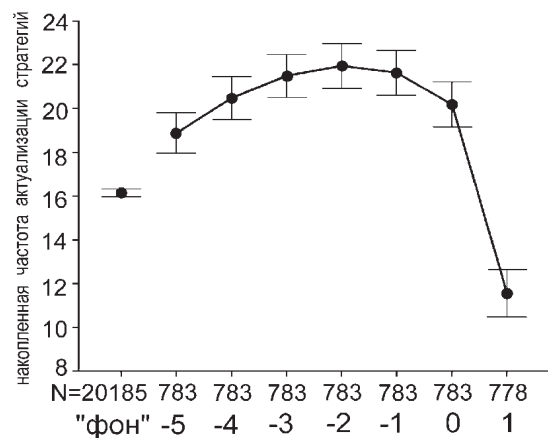


Рис. 6. Изменение накопленной частоты актуализации стратегий в последовательности актов игры в окрестностях реализации нового акта. По оси абсцисс — последовательность актов, обозначения актов как на рисунке 3; по оси ординат — оценка частоты актуализации стратегий. Оценки даны для ситуации начала реализации актов игры (см. рисунок 17, гл. 9). Для каждого значения показана величина стандартной ошибки

личество актуализированных «старых» стратегий в акте «-5» по сравнению с «фоном» (см. рисунок 6) достоверно больше ($\chi^2 = 42.77$; $df = 1$; $\rho = 6.17 \cdot 10^{-11}$), можно утверждать, что увеличение количества «старых» стратегий начинается до начала исследованной нами последовательности актов.

Для компонентов СИЗ (каталог КГА) изменение количества на протяжении актов «-5...-1» не обнаружено ($\chi^2 = 5.72$; $df = 4$; $\rho = .221$), но по отношению как к «фону», так и к акту, следующему после первой реализации нового, их «новизна», как и «новизна» стратегий, значительно увеличивается (акт «-5» и «фон»; $\chi^2 = 78.74$; $df = 1$; $\rho = 7.08 \cdot 10^{-19}$; акты «0» и «1»; $\chi^2 = 283.39$; $df = 1$; $\rho = 1.37 \cdot 10^{-63}$).

Сопоставление оценок энтропии распределений количества компонентов СИЗ, представляющих альтернативы принятия решения и компонентов, включенных в стратегии (рисунок 7), показало, что в первом случае энтропия достигает максимума в актах «-3» ÷ «-1», а во втором — в актах «-4» ÷ «-2» (критерий Джонкхира-Терпстра; во всех случаях $\rho \leq 0.018$). Совпадение максимумов оценок энтропии распределений для этих показателей СИЗ соответствует актам «-3» и «-2». Полученные результаты дают основание

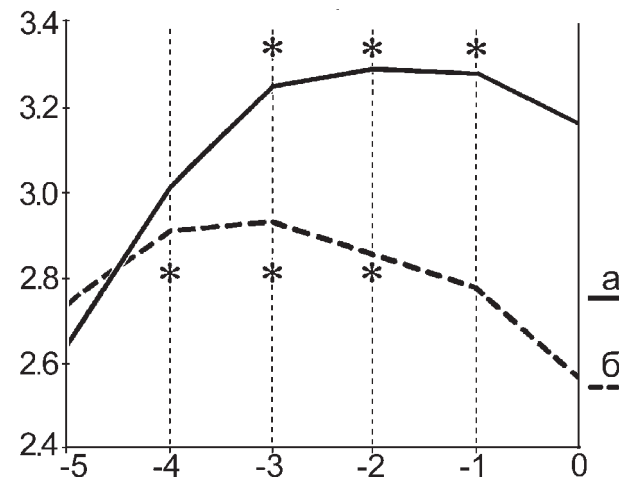


Рис. 7. Энтропийные оценки разнообразия компонентов СИЗ. По оси ординат — энтропия (медианы). Звездочками помечены максимальные значения оценок энтропии (критерий Джонкхира-Терпстра). Компоненты СИЗ, представляющие альтернативы принятия решения — а, включенные в состав стратегий — б. По оси абсцисс — последовательность актов, обозначения как на рисунке 3

отвергнуть все варианты гипотез H_0 12.1.8.3 (а также гипотезу из этой группы $H_1^{3''''}$) и 12.1.8.4: значения дескрипторов СИЗ проявляют направленные изменения в последовательности актов, предшествующих реализации нового акта; экстремальные моменты в динамике дескрипторов СИЗ или совпадают с началом интенсивного изменения ВВХ, или предшествуют ему.

12.2.6. СВЯЗЬ гВВХ И ФАКТОРНЫХ ОЦЕНОК ДЕСКРИПТОРОВ СИЗ

Сопоставление характеристик регрессионной модели гВВХ, построенной для всех актов последовательности, и моделей, построенных для актов «-5» и «-4» (таблица 3), показывает, что в сравниваемых случаях величины коэффициентов множественной корреляции и значения коэффициентов при переменных (сравнение по границам 95% доверительного интервала) не различаются достоверно.

Характеристики моделей, построенных для отдельных актов (таблица 3), существенно изменяются в последовательности, начиная с акта «-3»: коэф-

фициент при переменной FIII (распределение стратегий по альтернативам выбора) не отличается от нуля. Изменения моделей для актов «-3» и «-2» не ограничиваются исключением FIII из модели, коэффициенты при FI также снижаются, хотя доверительные интервалы этих коэффициентов для разных моделей пересекаются. Модель для акта «-1» включает только переменную FI (см. таблицу 3).

На протяжении последовательности отмечено достоверное изменение коэффициента множественной корреляции R: его значение для модели гВВХ акта «-2» в сравнении с коэффициентами корреляции моделей актов начала последовательности («-5» и «-4») достоверно снижено (z -преобразование Фишера, $t = 1.93$ для сравниваемых выборок объемом 760, 762 и 756, $\rho \leq .05$).

Таким образом, можно отвергнуть гипотезу 12.1.8.3, $H_0^{3''''}$, поскольку коэффициент множественной корреляции ВВХ и факторных оценок дескрипторов СИЗ отличается от нуля преимущественно за счет показателей количества актуализированных базовых компонентов.

12.2.7. МОДЕЛИРОВАНИЕ-1: ПОЛОЖЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ КОРРЕКЦИИ В ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ АКТОВ, ПРЕДШЕСТВУЮЩИХ ПЕРВОЙ РЕАЛИЗАЦИИ НОВОГО АКТА

В таблице 4 представлены оценки различных гипотез об актуализации нового компонента СИЗ в последовательности актов игры¹. Эти данные обобщены в гистограммах, показанных на рисунке 8. Часть данных, использованных при построении гистограмм, приведена в таблице 4. В гистограммы включены также результаты моделирования со случайным распределением коэффициентов по актам. Распределение коэффициентов по актам последовательности для случаев, когда гипотеза H_0 о сходстве эмпирической и скорректированной моделей не отвергалась (таблица 4, последняя колонка, «0»; рисунок 8 А), не отличалось от равномерного (точный критерий Колмогорова-Смирнова, процедура Монте-Карло, $Z = 1.34$; $.40 < \rho \leq .51$), а для случаев отвержения гипотезы H_0 — отличалось (рисунок 8 Б: $Z = 2.26$; $10^{-7} < \rho \leq .00046$; рисунок 8 В: $Z = 2.15$; $10^{-7} < \rho \leq 2 \cdot 10^{-5}$).

Таблица 3

Характеристики регрессионных моделей гВВХ, построенных для всей последовательности актов в целом, а также для каждого из актов последовательности

Модель для:	R	ANOVA		Коэффициенты при переменных					
		(df=3)		FI		FII		FIII	
		F	ρ	β	ρ	β	ρ	β	ρ
Всех актов	.18	52.28	$\leq 10^{-9}$	.17	10^{-6}	-.11	10^{-6}	.08	10^{-6}
акта -5	.23	13.57	10^{-8}	.19	10^{-7}	-.13	.003	.09	.045
акта -4	.22	12.44	10^{-8}	.20	10^{-7}	-.11	.010	.11	.019
акта -3	.15	5.48	.001	.12	.003	-.10	.028	.05	.278
акта -2	.13	4.32	.005	.11	.006	-.12	.012	-.001	.858
акта -1	.17	7.30	$7 \cdot 10^{-5}$	.18	10^{-6}	-.05	.317	.09	.056
акта 0	.17	7.28	$7 \cdot 10^{-5}$	.19	10^{-6}	-.09	.028	.07	.070

Примечание: жирным шрифтом выделены коэффициенты при переменных, не отличающиеся от нуля.

¹ Жирными линиями разделены группы моделей, построенные по единому принципу. Модели, повторяющиеся в разных группах (например, 12/31), приведены, чтобы показать связь положения коэффициентов и качества моделей. Модели со случайным распределением коэффициентов по актам последовательности не приведены.

Таблица 4.

Эффективность коррекции регрессионных моделей гВВХ при различном распределении единичных коррекционных коэффициентов в последовательности актов, предшествующих первой реализации нового акта игры

№ модели	Положение коэффициентов коррекции						Сравнение эмпирической и скорректированной моделей гВВХ					
	-5	-4	-3	-2	-1	0	оценка В	нестандартизованный коэффициент В		t-тест	p	Улучшение (+) / Ухудшение (-) модели
								95% доверительный интервал:	нижняя				верхняя
1	1						-2.65	-4.63	-0.67	-2.62	.009	-
2		1					-4.14	-6.20	-2.07	-3.93	$8.6 \cdot 10^{-5}$	-
3			1				-1.75	-3.90	0.39	-1.60	.109	0
4				1			0.28	-1.87	2.42	0.26	.256	0
5					1		1.42	-0.59	3.42	1.38	.179	0
6						1	3.26	1.51	5.02	3.64	$2.7 \cdot 10^{-4}$	+
7	1	1					-3.75	-5.28	-2.23	-4.82	$1.5 \cdot 10^{-6}$	-
8		1	1				-3.33	-4.94	-1.72	-4.06	$5.0 \cdot 10^{-5}$	-
9			1	1			-0.83	-2.51	0.85	-0.97	.334	0
10				1	1		1.30	-0.32	2.91	1.58	.115	0
11					1	1	2.92	1.49	4.35	3.99	$6.5 \cdot 10^{-5}$	+
12/31	1	1	1				-3.77	-5.16	-2.37	-5.29	$1.3 \cdot 10^{-7}$	-
13		1	1	1			-2.57	-4.08	-1.05	3.33	.001	-
14			1	1	1		0.17	-1.34	1.69	0.23	.822	0

15/34					1	1	3.06	1.69	4.43	4.38	$1.2 \cdot 10^{-5}$	+
16/26	1	1	1	1			-3.63	-5.09	-2.16	-4.85	$1.3 \cdot 10^{-6}$	-
17		1	1	1	1		-1.82	-3.36	-0.29	-2.33	.020	-
18/30			1	1	1	1	3.07	1.61	4.54	4.11	$4.0 \cdot 10^{-5}$	+
19	1	1	1	1	1	1	76.81	-156.7	310.4	0.64	.519	0
20	1	1	1	1	1		-3.71	-5.41	-2.02	-4.30	$1.7 \cdot 10^{-5}$	-
21	1	1	1	1		1	-2.23	-4.23	-0.24	-2.20	.028	-
22	1	1	1		1	1	-1.27	-3.26	0.72	-1.25	.212	0
23	1	1	1	1	1	1	0.94	-1.09	2.98	0.91	.364	0
24	1		1	1	1	1	3.27	1.40	5.20	3.40	.001	+
25		1	1	1	1	1	1.72	-0.18	3.61	1.77	.077	+
26/16	1	1	1	1			-3.63	-5.09	-2.16	-4.85	$1.3 \cdot 10^{-6}$	-
27	1	1	1	1		1	-2.09	-3.67	-0.51	-2.59	.010	-
28	1	1		1	1	1	-0.16	-1.75	1.42	-0.20	.839	0
29	1			1	1	1	2.56	1.04	4.07	3.31	.001	+
30/18			1	1	1	1	3.07	1.61	4.54	4.11	$4.0 \cdot 10^{-5}$	+
31/12	1	1	1				-3.77	-5.16	-2.37	-5.29	$1.3 \cdot 10^{-7}$	-
32	1	1				1	-1.10	-2.60	0.40	-1.44	.150	0
33	1				1	1	1.78	0.35	3.20	2.44	.015	+
34/15				1	1	1	3.06	1.69	4.43	4.38	$1.2 \cdot 10^{-5}$	+

Примечания: «0» в последней графе обозначает, что гипотеза H_0 о нулевом значении коэффициента В не отвергнута (качество скорректированной и эмпирической модели не различается); «+» и «-» — гипотеза H_0 отвергнута, коэффициент В положителен или отрицателен (соответственно, скорректированная модель лучше (+) или хуже (-) эмпирической). В качестве стандартной принята модель «для всех актов последовательности», описанная в таблице 3.

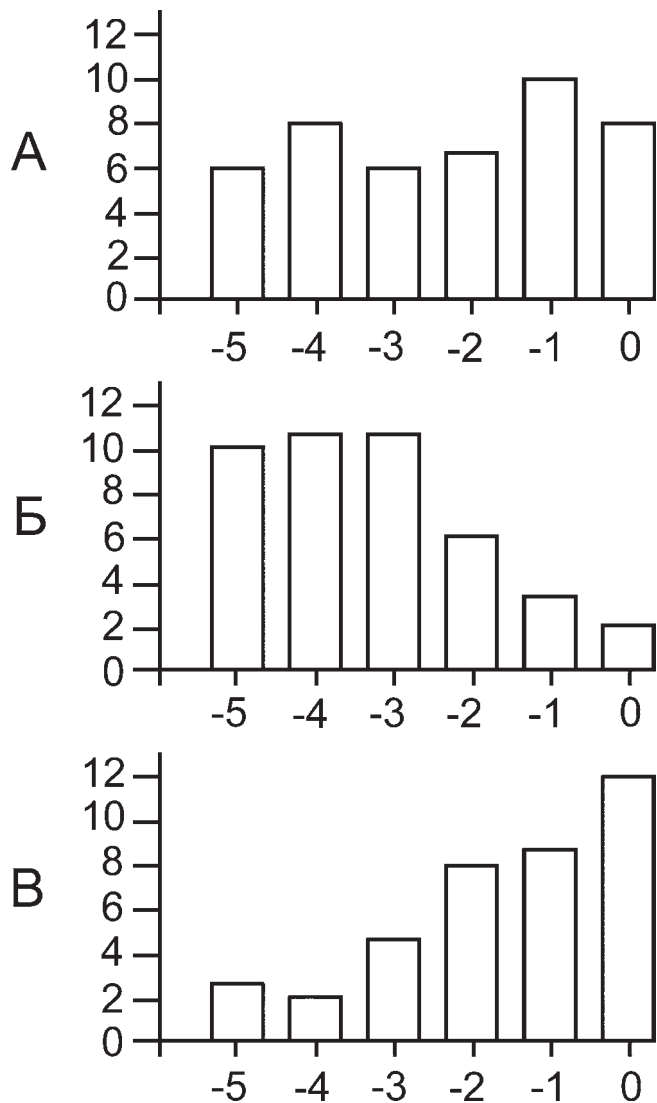


Рис. 8. Распределение в последовательности актов коэффициентов коррекции, не изменяющих (А), снижающих (Б) и повышающих (В) качество моделей. Обозначения по оси абсцисс как на рисунках 3 и 4; по оси ординат — количество случаев

Снижение качества моделей отмечено при коррекции характеристик актуализированной совокупности составляющих СИЗ в начале последовательности актов (медианное значение — акт «-3»), для улучшенных моделей (медианное значение положения коррекции — акт «-1»), для моделей, не изменяющих качества, медианное положение коррекций совпадает с актом «-2». Точный критерий Джонкхира-Терпстра показал высокую степень различия между расположением коррекционных коэффициентов для улучшения и ухудшения моделей (рисунок 8 Б и В; $\rho = 6.4 \cdot 10^{-6}$), а также между распределениями коэффициентов, не изменяющих качество моделей и снижающих его ($\rho = .006$).

Следует отметить, что приведенные оценки даны для всех рассмотренных расположений коэффициентов, включая их одновременное приписывание начальным и конечным актам последовательности. Результаты моделирования показывают, что лучшие модели (см. таблицу 4, №№ 15/34, 18/30) получены при коррекции характеристик СИЗ для актов «-2», «-1», «0», а наихудшие (№№ 2, 7, 12/31, 16/26, 20) — при коррекции для актов «-5», «-4», «-3». Смещение таких полярных коррекций приводит к получению моделей, не отличающихся по качеству от эмпирической (например, модели № 22, 23, 28). Приведенные выше статистические оценки сходства распределений коэффициентов (равных единице) по актам последовательности, а также результаты, приведенные в таблице 4, показывают, что лучшим моделям соответствуют коррекции количества актуализированных компонентов для актов «-2», «-1», «0».

12.2.8. МОДЕЛИРОВАНИЕ-2: УТОЧНЕНИЕ ЗНАЧЕНИЙ КОЭФФИЦИЕНТОВ КОРРЕКЦИИ ДЛЯ ЛУЧШЕЙ МОДЕЛИ RBVX; КОНТРОЛЬНЫЕ МОДЕЛИ rBVX

Значения коэффициентов коррекции, максимально увеличивающие качество лучшей модели, рассчитанной для значений коэффициентов равных единице (таблица 4, модель 15/34), показаны в таблице 5, модель 3. Коэффициенты коррекции в этой модели имеют дробные значения, они отличаются от нуля для всех актов последовательности. Для актов «-2», «-1» и «0» значения коэффициентов превышают единицу.

Показано, что при ограничении коррекций актами, непосредственно предшествующими новому («-1» и «-2»), и снижении значений коэффициентов коррекции (таблица 5, модель 2), качество модели снижается; если коррекции вносятся только в параметры СИЗ для акта «0», то модель становится достоверно хуже. Симметричные изменения качества модели отмечены, если коррекции вносятся в акты начала последовательности (таблица 5, акты «-5» и «-4»; модели 4 и 5).

Таблица 5
Отбор наиболее эффективных коэффициентов коррекции

№ модели	Положение коэффициентов коррекции										Сравнение лучшей модели (15/34, табл. 4) и моделей гВВХ, скорректированных дробными коэффициентами				
	-5	-4	-3	-2	-1	0	нестандартизованный коэффициент В			t-тест	ρ	изменение качества модели			
							оценка В	95% доверительный интервал: границы							
							нижняя	верхняя							
1	0	0	0	0	0	0.8	-3.43	-0.20	-2.21	.027	-				
2	0	0	0	.4	1.4	1.6	1.86	-0.27	1.93	.053	0				
3	.1	.1	.3	1.3	1.4	1.6	8.17	4.65	11.69	3.5*10⁻⁶	+				
4	.1	.1	1.1	1.3	1.4	1.6	1.92	-0.20	4.03	.075	0				
5	.5	1.0	1.3	1.3	1.4	1.6	-2.24	-4.33	-2.10	.036	-				
6	1.6	1.4	1.3	.3	.1	.1	-1.63	-2.25	-1.00	3.5*10 ⁻⁷	-				
7	1.3	.1	.3	1.6	1.4	.1	-1.91	-2.94	-0.88	.00029	-				
8	1.4	.3	.1	1.6	.1	1.3	-1.36	-2.41	-0.30	.012	-				
9	.1	.1	.1	.1	.1	.1	-3.06	-4.43	-1.69	1.2*10 ⁻⁵	-				
10	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	-3.06	-4.43	-1.69	1.2*10 ⁻⁵	-				
11	-1	-1	-3	-1.3	-1.4	-1.6	-1.64	-2.27	-1.02	2.6*10 ⁻⁷	-				

Примечания. Обозначения, как в таблице 4. Для сравнения в качестве стандарта принята модель 15/34 (таблица 4). Лучшая модель (3) выделена жирным шрифтом; модели 1 и 2 показывают минимум, а 4 и 5 – максимум допустимых коррекций. Модель 6 – инвертированный порядок коррекций, 7 и 8 – случайное распределение коэффициентов, 9 и 10 – константные коррекции, 11 – отрицательные значения коррекции.

Таблица 6
Сопоставление моделей для последовательностей актов, завершающихся одним новым актом (А, n = 391), двумя последовательными новыми актами (Б, n = 387), и для суммы выборок А и Б (В, n = 778)

№ модели	Положение коэффициентов коррекции										Сравнение эмпирической и скорректированной моделей гВВХ				
	-5	-4	-3	-2	-1	0	нестандартизованный коэффициент В			t-тест	ρ	изменение качества модели			
							оценка В	95% доверительный интервал: границы							
							нижняя	верхняя							
А	.1	.1	.2	.5	.8	.9	5.19	2.59	7.79	3.90	9.5*10 ⁻⁵	+			
Б	.1	.1	.5	1.0	1.3	1.5	2.46	.77	4.15	2.86	.004	+			
В	.1	.1	.3	1.3	1.4	1.6	8.17	4.65	11.69	4.55	3.5*10 ⁻⁶	+			

Примечание: обозначения, как в таблице 4. Модель В приведена в таблице 4, № 15/34.

Модели, в которых порядок коэффициентов, соответствующий актам последовательности, инвертировали (таблица 5, модель 6; эта операция топологически эквивалентна инверсии знака коэффициентов, см. модель 11), или изменяли случайно (модели 7 и 8), снижали качество моделей. Приписывание коэффициентам равных значений, маленьких (0.1, модель 9) или больших (2.0, модель 10), одинаково снижало качество моделей.

Сравнение моделей для последовательностей, которые завершаются либо одним новым актом (в позиции «0»), за которым следует старый акт («1»), либо двумя новыми актами («0» и «1»), а также их сопоставление с лучшей моделью для всего массива данных, приведено в таблице 6. Хотя точность моделирования принципиально снижается при уменьшении объема данных вдвое, можно отметить, что в ситуации формирования одного нового акта (модель А), по сравнению с ситуацией формирования двух новых актов (Б) и со «смешанной» ситуацией (В), коэффициенты коррекции снижаются, и в момент, предшествующий первой реализации акта, приближаются к единице. Значения коэффициентов для моделей Б и В трудно различимы. Специально отметим относительно низкий уровень достоверности модели Б по сравнению с моделями А и В.

Результаты построения множественных регрессионных моделей гВВХ позволяют отвергнуть множество гипотез 12.1.8.5, H_0 , поскольку лучшие модели соответствуют градуальному увеличению коэффициента коррекции к моменту реализации нового акта, а худшие — его уменьшению.

12.2.9. АНАЛИЗ СВЯЗАННЫХ С СОБЫТИЯМИ ПОТЕНЦИАЛОВ МОЗГА

Для четырех испытуемых, у которых были проанализированы ССП, распределение ВВХ для последовательностей актов «-3, ... 0» после нормализации (гВВХ) не отличалось от нормального (критерий Колмогорова-Смирнова; до нормализации: $Z = 2.81, \rho = 2.98 \cdot 10^{-7}$; после: $Z = 0.684, \rho = 0.737$).

Закономерное увеличение гВВХ к моменту первой реализации нового акта для этой небольшой и укороченной выборки сохранено (тест Крускала-Уоллеса, $\chi^2 = 9.34; df = 3; \rho = .025$).

Результаты факторного анализа характеристик актуализации составляющих СИЗ, учитывая небольшой объем данных (155 строк), показали достаточно хорошее сходство с результатами факторизации матрицы для всех испытуемых: выделено 3 фактора, первый из них характеризует преимущественно актуализацию базовых компонентов СИЗ (объясняет 40.4% дисперсии), второй — параметры актуализированных стратегий (22.2%), в третий (13.2%) с наибольшим весом (0.854) вошел показатель распределения акту-

ализированных стратегий по альтернативам, составляющим выбор игрока. Оценки первого фактора не вполне точно соответствуют поведению фактора F1 для всех испытуемых (см. рисунок 4), их падение на интервале «-3, ... 0» не выражено, но оценки второго и третьего факторов показали тенденцию, соответственно, снижения и увеличения на данном интервале. Отдельные переменные также показали динамику перед реализацией нового акта, например, количество компонентов СИЗ в стратегиях, актуализированных или отвергнутых при выборе хода, интенсивно снижается к реализации акта «0» (тест Крускала-Уоллеса, для актуализированных стратегий: $\chi^2 = 11.36; df = 3; \rho = .003$; для отвергнутых: $\chi^2 = 6.96; df = 3; \rho = .030$).

Приведенные в таблице 7 сравнения величин, характеризующих форму потенциала, сопровождающего акты игры в последовательности «-3, ... 0», указывают на закономерные ее изменения, частично градуальные, предвещающие первую реализацию нового акта. Наиболее ранние изменения отмечены в форме ССП, соответствующего акту «-3», в сравнении с актом «-2», смещении начала медленного негативного отклонения, соответствующего выбору хода, от момента касания противником игрового поля — события, инициирующего акт игры «-3» (переменная AlatBW, отведения P3', P4'; таблица 7, строки 23, 24). Это смещение сохраняется вплоть до реализации акта «0», что проявляется в значениях близкой по смыслу переменной AlatFC, оценивающей момент начала быстрых колебаний потенциала, предшествующих началу медленного негативного отклонения, причем эти изменения выявляются и в отведении F4'' (таблица 7, строки 10, 11, 12).

На протяжении актов «-3», «-2» и «-1» наблюдается увеличение амплитуды восходящего фронта негативного колебания, завершающего нарастание медленного негативного отклонения — аналога колебания N1 (переменная BfmN1; таблица 7, строка 23), причем это увеличение, сначала выявляющееся в отведении F3'', затем, в акте «-1», отмечено и в P4' (таблица 7, строки 20 и 21).

В акте «-1», по сравнению с актами «-3» и «-2», наблюдается снижение абсолютного значения амплитуды потенциала, завершающего медленное негативное отклонение — аналога колебания P300 (таблица 7, строки 19 и 22). На протяжении последовательности актов «-3, ... 0» происходит также снижение нисходящего фронта этого колебания (медианный тест, $df = 3, \chi^2 = 9.32, \rho = 0.025$) (рисунок 9). В акте «-1» происходит снижение амплитуды восходящих фронтов негативных колебаний — субкомпонентов медленной негативной волны (переменная BmamUP, отведение F4''; таблица 7, строка 18).

Из выявленных особенностей формы потенциала, соответствующего реализации нового акта (таблица 7, строки 1-17), отметим смещение начала комплекса быстрых колебаний, инициирующих потенциал, соответствующий акту игры (таблица 7, строки 10-12), снижение амплитуды этих колебаний (строки 1, 5 и 6), позитивности, завершающей этот комплекс, с которой

Таблица 7

Сопоставление амплитудных и временных характеристик потенциалов, соответствующих актам «-3», «-2», «-1» и «0»

№	Переменная и отведение	№ акта ($N > med / N \leq med$)		χ^2	$\rho=$	Рост/снижение в последовательности
1	AampLP P3'	-1 (18/10)	0 (10/18)	4,57	0,033	—
2	AampBW P3'	-1 (17/8)	0 (9/21)	7,90	0,005	—
3	AampBW F3''	-1 (18/9)	0 (10/19)	5,79	0,016	—
4	AampBW F4''	-1 (17/9)	0 (6/21)	10,04	0,002	—
5	AampLP P3'	-2 (19/10)	0 (8/20)	7,80	0,005	—
6	AampLP F3''	-2 (18/12)	0 (10/20)	4,28	0,038	—
7	AampBW P3'	-2 (19/8)	0 (9/21)	9,26	0,002	—
8	AampBW F3''	-2 (18/9)	0 (10/19)	5,79	0,016	—
9	BmamDN P3'	-2 (22/14)	0 (12/22)	4,66	0,031	—
10	AlatFC P3'	-3 (8/17)	0 (18/9)	6,24	0,012	+
11	AlatFC P4'	-3 (9/17)	0 (18/10)	4,74	0,029	+
12	AlatFC F4''	-3 (9/18)	0 (18/10)	5,29	0,022	+
13	AampBW P3'	-3 (19/10)	0 (9/21)	7,46	0,006	—
14	AampBW F4''	-3 (18/13)	0 (9/18)	3,98	0,046	—
15	BnumCN F4''	-3 (9/29)	0 (16/19)	3,92	0,048	+
16	BmlgNC F4''	-3 (23/15)	0 (12/23)	5,02	0,025	—
17	BmlgNC F3''	-3 (23/15)	0 (13/22)	3,98	0,046	—
18	BmamUP F4''	-2 (22/14)	-1 (14/23)	3,95	0,047	—
19	CampP3 P3'	-2 (21/16)	-1 (11/25)	5,08	0,024	—
20	BfrnN1 P4'	-3 (14/24)	-1 (23/14)	4,80	0,028	+
21	BfrnN1 F3''	-3 (14/24)	-1 (23/14)	4,80	0,028	+
22	CampP3 P3'	-3 (21/16)	-1 (11/25)	5,08	0,024	—
23	AlatBW P3'	-3 (10/19)	-2 (17/11)	3,93	0,047	+
24	AlatBW P4'	-3 (10/19)	-2 (18/10)	5,06	0,024	+
25	BfrnN1 F3''	-3 (14/24)	-2 (23/15)	4,26	0,039	+

Примечание. Сравнение проведено по медианному тесту, для всех случаев $df = 1$. Значения переменных см. на рисунке 1. Приведены только значимые различия. Жирные линии разделяют сравнения для определенных пар актов.

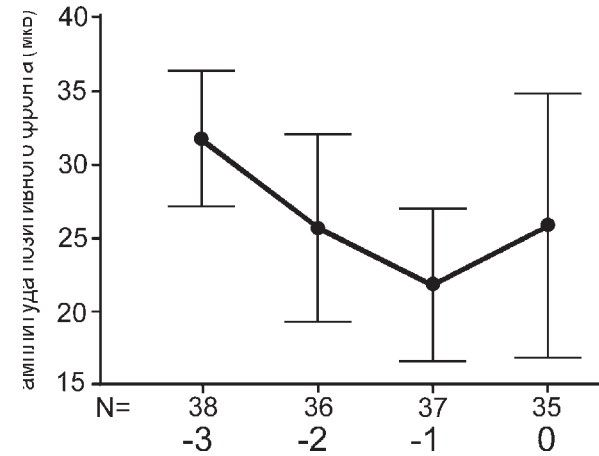


Рис. 9. Изменение амплитуды позитивного фронта, завершающего медленное негативное отклонение (отведение P3', переменная CampP3, см. рисунок 1). По оси абсцисс — акты последовательности «-3, ...0»; N — количество проанализированных реализаций для каждого акта последовательности. По оси ординат — амплитуда в мкВ.

начинается медленное негативное отклонение (строки 2—4, 7, 8, 13, 14), а также снижение амплитуды нисходящих фронтов субкомпонентов медленной негативной волны (переменная BmamDN, отведение F4''; таблица 7, строка 18) и увеличение количества субкомпонентов (строка 15).

Таким образом, основные особенности конфигурации потенциала, соответствующего акту «0» (рисунок 10 Б), по сравнению с потенциалами в предшествующих актах (рисунок 10 А), можно охарактеризовать, как: (1) «уплощение» колебаний потенциала, выражающееся в снижении амплитуды позитивного фронта, завершающего медленное негативное отклонение, амплитуд субкомпонентов этой негативности, амплитуд быстрых негативных колебаний, предшествующих развитию медленной негативности и (2) снижение количества субкомпонентов медленной негативной волны. Следует также отметить, что в ряду актов «-3, ... 0» изменения конфигурации потенциала начинаются с быстрых негативных колебаний, предшествующих развитию медленной негативности, распространяются на субкомпоненты медленного колебания, и высокоамплитудную позитивность, завершающую медленную негативность. Можно отметить также, что потенциал, соответствующий акту «0», имеет большее количество отличий от потенциалов, соответствующих актам «-3», «-2» и «-1» (таблица 7, строки 1—17), чем их существует между потенциалами в этих актах (строки 18—25).

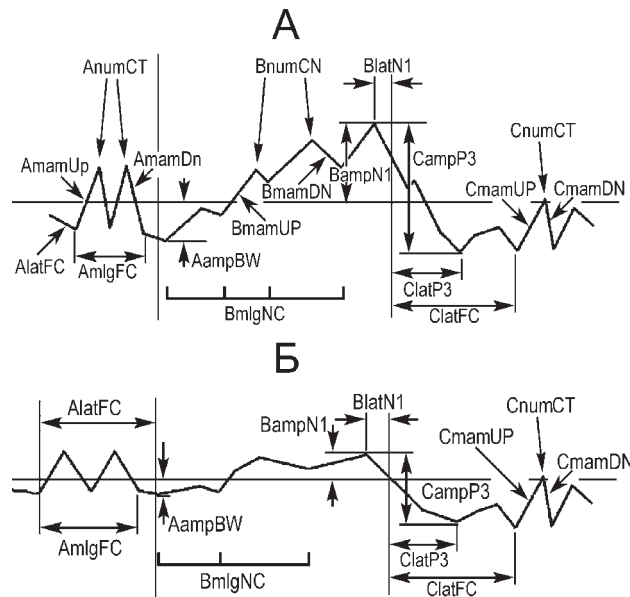


Рис. 10. Схема конфигураций потенциалов, соответствующих актам «-3» (А) и новому акту «0» (Б). Указаны имена переменных, стрелки показывают их положение на схеме. Вертикальные линии: левая — ход оппонента, правая — ход игрока

Между характеристиками потенциалов и параметрами СИЗ, которые закономерно изменяются на протяжении последовательности актов «-3, ... 0» выявлены достоверные связи. Так, временные и амплитудные характеристики комплекса быстрых колебаний, который инициирует потенциал, сопровождающий акт игры (переменные AampLP, AampBW, AlatFC, AlatBW в различных отведениях) показали связь с количеством актуализированных базовых компонентов СИЗ ($r_s = -.189$; $\rho = .040$), количеством отношений стратегий ($r_s = -.200$; $\rho = .019$), количеством отношений AND ($r_s = .219$; $\rho = .014$), и XOR ($r_s = -.222$; $\rho = .013$).

Количество субкомпонентов медленного негативного отклонения (переменная BnumCN) связано с количеством отношений XOR (отведения P3' и P4'; $r_s = -.192$; $\rho = .019$ в обоих случаях), как и амплитуда восходящих фронтов субкомпонентов (P4', $r_s = -.175$; $\rho = .032$; F3'', $r_s = -.192$; $\rho = .019$).

Амплитуда позитивного фронта, завершающего медленную негативную волну (переменная CampP3), связана с количеством стратегий, актуализиру-

ющихся в интервале, близком к собственному ходу игрока (P3', $r_s = .214$; $\rho = .013$; P4', $r_s = .171$; $\rho = .044$).

Таким образом, динамика изменения конфигурации медленного потенциала на протяжении последовательности актов игры, предшествующих первой реализации нового акта, соответствует динамике изменения состава актуализированной совокупности компонентов СИЗ и их групп (см. таблицу 2, рисунки 4 и 5). На этом основании гипотеза 12.1.8.7, H_1^7 не может быть отвергнута.

12.2.10. АНАЛИЗ НЕВЕРБАЛЬНЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ ПОВЕДЕНИЯ

Для 92 испытуемых, у которых были проведен этот анализ, распределение ВВХ для последовательностей актов «-7, ... 0, 1» после нормализации (гВВХ) не отличалось от нормального (критерий Колмогорова-Смирнова; до нормализации: $Z = 14.85$, $\rho < 10^{-7}$; после: $Z = 1.185$, $\rho = 0.121$).

Закономерное увеличение гВВХ к моменту первой реализации нового акта для этой подвыборки сохранено (тест Крускала-Уоллеса, последовательность «-5, ... 0»; $\chi^2 = 29.98$; $df = 5$; $\rho = 1.48 \cdot 10^{-5}$) (см. рисунок 11).

Результаты факторного анализа характеристик актуализации составляющих СИЗ, показали высокое сходство с результатами факторизации матрицы для всех испытуемых: выделено 3 фактора, первый из них характеризует актуализацию базовых компонентов СИЗ (объясняет 44.4% дисперсии), второй — параметры актуализированных стратегий (18.2%), в третий (12.7%) с наибольшим весом (0.801) вошел показатель распределения актуализированных стратегий по альтернативам, составляющим выбор игрока. Динамика факторных оценок для факторов I и II на протяжении последовательности актов, полученная на данной подвыборке, хорошо выражена (критерий Крускала-Уоллеса, последовательность «-5, ... 0»; фактор I: $\chi^2 = 22.91$; $df = 5$; $\rho = .0004$; фактор II: $\chi^2 = 44.37$; $df = 5$; $\rho = 1.94 \cdot 10^{-8}$), их динамика тесно связана с динамикой оценок для всей выборки — минимальный коэффициент корреляции $r_s = .663$; $\rho = 9.9 \cdot 10^{-7}$. Содержание фактора III хорошо соответствует результатам факторизации всей выборки, но динамика его на протяжении последовательности актов отличается.

На протяжении последовательности «-5, ... 0» отмечено достоверное изменение следующих показателей (медианный тест): fe 9 («вытягивание губ», $\chi^2 = 11.11$, $df = 5$, $\rho = .049$), fe 21 («шевеление губами», $\chi^2 = 11.68$, $df = 5$, $\rho = .039$), gm 5 («ёрзанье», $\chi^2 = 11.12$, $df = 5$, $\rho = .048$). Среди этих, и других переменных, показавших лишь тенденцию к закономерному изменению ($.05 < \rho \leq .075$), были выделены две группы, в одной из которых вероятность события снижалась на интервале «-4, ... 0» последовательности актов,

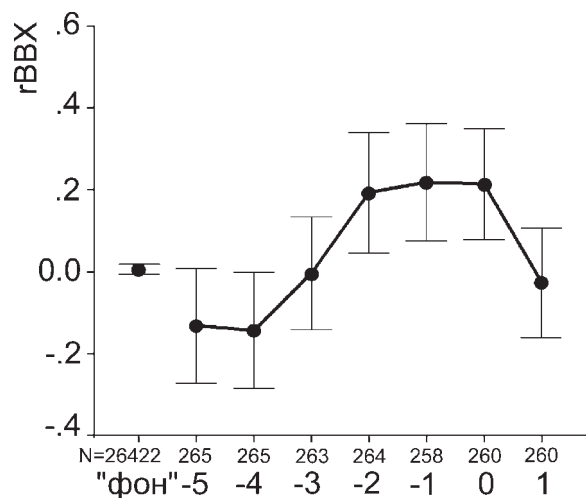


Рис. 11. Изменение гВВХ в последовательности актов игры, предшествующих первой реализации нового акта, для подвыборки 92 испытуемых. Обозначения как на рисунке 3

а у другой — повышалась в пределах этого интервала. В первую группу вошли переменные fe_3 («открыл рот»), fe_4 («приподнял брови»), fe_16 («улыбка открытая»), fe_17 («улыбка закрытая»), fe_19 («улыбка “за рукой”»), ff_2 («поднес палец к губам»); можно отметить, что в этом состоянии доминируют положительные эмоции (три вида улыбки) и статические состояния (открытый рот, приподнятые брови, палец к губам).

Во вторую группу вошли fe_5 («брови “домиком”»), fe_6 («губы плотно сомкнуты, растянуты (не улыбка)»), fe_7 («выпятил губы»), fe_8 («движения закрытыми губами»), fe_21 («шевелит губами»), gm_2 («покачивание тела назад-вперед»), gm_3 («покачивание головой вправо-влево»), hs_1 («почесывание головы — любых частей, включая шею»), ff_1 («шевелит пальцами»); эту группу переменных можно охарактеризовать как выражение сосредоточенности («брови “домиком”», «выпячивание губ» или «шевеление закрытыми губами»), сопровождающееся ритмическими, персеверирующими движениями («покачивание тела», «шевеление пальцами»), включая «замещающую» активность («почесывание головы»).

Изменение частоты событий, вошедших в эти группы, показано на рисунке 12. И для первой, и для второй группы частота достоверно изменяется (критерий Джонкхир-Терпстра, $df = 6$; первая группа: $\rho = .006$; вто-

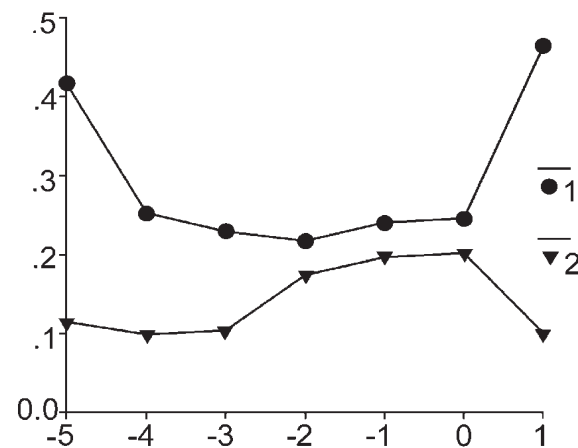


Рис. 12. Динамика частоты встречаемости невербальных компонентов поведения на протяжении последовательности актов «-5, ... 1». По оси абсцисс — последовательность актов (обозначения см. на рисунке 3), по оси ординат — частота событий. Круги — события, вошедшие в группу 1, треугольники — в группу 2

рая группа: $\rho = .014$). Изменения в этих группах согласованы ($r_s = -.076$; $\rho = .005$), однако это соответствие более тесно на интервале актов «-2, ... 0», когда значения этих переменных не различаются достоверно (критерий Вилкоксона, $Z = -1.89$, $\rho = .058$), чем на интервале «-4, ... -3», где значения группы 1 выше, чем группы 2 ($Z = -6.86$, $\rho = 7.1 \cdot 10^{-12}$). Форма кривой для группы 2 весьма сходна с кривой изменения гВВХ в этой ситуации (ср. рисунки 3 и 11), действительно, значения суммы переменных, включенных в группу 2, тесно связаны со значениями гВВХ ($r_s = .123$; $\rho = 7.43 \cdot 10^{-5}$).

Сумма значений переменных первой группы показала достоверные связи (все — отрицательные) с характеристиками СИЗ на интервале перед ходом противника — количеством актуализированных компонентов ($r_s = -.062$; $\rho = .027$) и их энтропией ($r_s = -.059$; $\rho = .034$); с характеристиками стратегий — количеством компонентов, включенных в них, максимальной и минимальной длиной стратегий, входящих в набор (наименее сильная связь: $r_s = -.059$; $\rho = .035$), с выраженностью отношения XOR ($r_s = -.065$; $\rho = .021$). Для суммы переменных второй группы выявлена только одна связь с выраженностью отношения XOR на множестве компонентов, отобранном при выборе хода ($r_s = -.060$; $\rho = .032$).

Проведенный анализ показывает, что невербальное поведение на протяжении актов игры, предшествующих первой реализации нового акта, в новом и следующим за ним акте закономерно изменяется: в начале этой последовательности актов (к «-4» акту) существенно снижается экспрессия положительных эмоций, затем (к акту «-2»), начинает расти выраженность состояния сосредоточенности, сопровождающегося ритмическими движениями рук и губ, причем вероятность реализации положительных эмоций или сосредоточенности уравнивается к акту «-2», что указывает на двойственность, неравновесность состояния, продолжающегося до реализации нового акта, после чего, восстанавливается исходная выраженность положительных эмоций и снимается сосредоточенность. Количество экспрессий положительных эмоций на интервале «-5, ... 1» снижается и при этом проявляет отрицательные связи с характеристиками СИЗ (набором базовых компонентов, параметрами стратегий и отношений XOR), но не с гВВХ. Выраженность сосредоточенности (в сопровождении ритмических движений), напротив, тесно связана с динамикой гВВХ, а из характеристик СИЗ — лишь с отношениями XOR. Таким образом, полученные результаты не позволяют отвергнуть гипотезу 12.1.8.8, H_1^8 .

12.3. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Проведенное исследование позволило охарактеризовать латентный период формирования нового компонента СИЗ, предшествующий первой реализации нового акта игры. Оценки изменения ВВХ, динамики характеристик актуализированных наборов компонентов и составляющих СИЗ, а также результаты моделирования дают основания для точной локализации особого интервала для формирования нового компонента: «2»—«3» акты, предшествующие реализации нового акта игры.

12.3.1. ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ВВХ И ЕГО СВЯЗЬ С СОСТАВОМ АКТУАЛИЗИРОВАННЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ СИЗ

ВВХ начинает возрастать за 3 акта до первой реализации нового акта игры и достигает максимума при его реализации. После этого ВВХ уменьшается и приближается к средней величине времени выбора (рисунок 3). Этот результат продемонстрирован при применении процедуры ANOVA с *post-hoc*

сравнением гВВХ в последовательных актах; проведен контроль нормальности распределения зависимых переменных и гомогенности дисперсий сравниваемых выборок. Специально отметим, что эта закономерность: (1) для различных подвыборок последовательностей не утрачивает статистической значимости (ср. рисунки 3 и 11); (2) не служит проявлением динамики ВВХ, связанной с приближением к эндшпилю, или с общей тенденцией снижения темпа игры при приобретении компетенции, поскольку эти факторы специально контролировали. К этим же актам последовательности приурочены экстремальные значения или начало интенсивных изменений характеристик актуализированных наборов СИЗ (рисунки 4—6).

Анализ соотношений между ВВХ и количественными характеристиками СИЗ (как парных корреляций, так и множественных регрессионных моделей) показал, что ВВХ наиболее тесным образом связано с количеством актуализированных компонентов СИЗ. Выявленную связь можно сопоставить с известными соотношениями времени принятия решения или времени реакции с количеством альтернатив (см.: Luce, 1986), поскольку в игре одновременно актуализированные компоненты СИЗ выступают как конкурирующие альтернативы при выборе хода (Александров, Максимова, 1988; Александров, Максимова, Горкин и др., 1999; см. 8.2.3, 8.3).

12.3.2. УСЛОВИЯ ИНИЦИАЦИИ ФОРМИРОВАНИЯ НОВОГО КОМПОНЕНТА СИЗ

Установленная сопряженность ВВХ и количества актуализированных компонентов СИЗ составила основу способа оценки 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 (статистические гипотезы $H_1^{5'}$ — $H_0^{5''}$, см. 12.1.8.5). Смысл применения регрессионного анализа состоял не в построении лучшей модели ВВХ. Для этого следовало бы применить полный, а не сокращенный набор дескрипторов СИЗ. Поэтому точность описания ВВХ, достигнутая построенными регрессионными моделями, даже лучшими, невысока (ср. с моделью ВВХ, данной в 11.2.5).

Оценка результатов коррекций при использовании единичных коэффициентов, означающих актуализацию формирующегося компонента на протяжении последовательности актов, предшествующих новому, позволило надежно

отвергнуть модели, соответствовавшие предположению об актуализации компонента за четыре — пять актов до первой реализации нового. Напротив, стандартную (исходную) модель достоверно улучшало приписывание коэффициентов к трем актам, непосредственно предшествующим первой реализации нового (таблица 4, рисунок 8). Применение равномерного и случайного (если коэффициенты приписывались не последним трем актам) расположений единичных коэффициентов коррекции в последовательности ни в одном случае не привело к улучшению моделей.

12.3.3. ДИНАМИКА ВЕРОЯТНОСТИ И СТЕПЕНИ АКТУАЛИЗАЦИИ НОВОГО КОМПОНЕНТА СИЗ

Моделирование с применением дробных значений коэффициентов коррекции проводили для того, чтобы уточнить оценку динамики предполагаемой актуализации формирующегося компонента. Эти результаты полностью согласуются с моделями, построенными с использованием единичных коэффициентов (ср. таблицы 4 и 5), включая модели с инвертированным или случайным расположением коэффициентов в последовательности актов. Модель 3, показанная в таблице 5 (также как и модели 15/34 и 18/30 в таблице 4), была оценена как лучшая, поскольку любые изменения в величине или расположении коэффициентов ухудшали результаты моделирования. Уточненные модели показали, что вероятность актуализации нового компонента СИЗ до его первой реализации в игре на всем изученном интервале не снижается до нуля, а градуально возрастает синхронно с изменением ВВХ.

В лучшей модели значения коэффициентов коррекции для актов «0», «-1» и «-2», непосредственно предшествующих реализации нового акта, достоверно превышают единицу (таблица 5, модель 3). Смысл, который придан коэффициентам коррекции, прямо указывает на то, что в этих случаях происходит формирование более чем одного нового компонента СИЗ. Это было продемонстрировано при разделении выборки последовательностей на две группы, в первую из которых вошли случаи, когда после первой реализации нового акта следовала реализация «старого», а во вторую — случай последовательной реализации двух новых актов (таблица 6). Снижение объема выборки в два раза, разумеется, уменьшает точность оценки коэффициентов, но для первой подвыборки коэффициенты снизились и не превысили единицу, т.е. они описывают формирование **одного** нового компонента. Для второй подвыборки значения коэффициентов существенно не изменились. Следует обратить внимание на различие оценок результатов введения коррекций в модели: для случая с двумя (или более чем двумя) последовательными новыми актами уровень достоверности существенно ниже, чем для модели с одним новым актом (ср. модели А и Б,

таблица 6). Действительно, во втором случае происходит интерференция, по крайней мере, двух процессов формирования новых компонентов СИЗ, что и проявляется в меньшей определенности коэффициентов. Показанные различия в коэффициентах коррекции для сравниваемых случаев (формирование одного или двух компонентов) демонстрируют высокую чувствительность вычислительного приема оценки гипотез о латентной динамике формирования компонентов СИЗ. Следует заметить также, что предварительные оценки коэффициентов коррекции, построенные на выборке из 178 последовательностей (Александров, Максимова, 2003), весьма близки по значениям к оценкам, полученным в данной работе.

Эти результаты позволяют не отвергать исследовательские гипотезы 1, 2, 3, 4 (см. «Введение»), которые оценены как наиболее правдоподобные.

12.3.4. ОСОБЕННОСТИ ЛАТЕНТНОГО ЭТАПА ФОРМИРОВАНИЯ НОВОГО КОМПОНЕНТА СИЗ

Все примененные варианты построения моделей позволяют утверждать, что формирование нового компонента начинается в *латентной форме* за несколько актов до того, как он реализуется как новый акт игры. Вероятность актуализации формирующегося компонента отлична от нуля на всем исследованном интервале поведения, но степень актуализации нового компонента значительно возрастает (акт «-3»), а затем продолжает градуально увеличиваться, достигая максимума при реализации нового акта.

Таким образом, в последовательности актов, предшествующей первой реализации нового акта, выделяется особый интервал — окрестности акта «-3». Специфика этого интервала проявляется в динамике ВВХ (рисунки 3 и 11) и факторных оценок множества дескрипторов СИЗ (рисунок 4), в характеристиках актуализации компонентов СИЗ и стратегий (рисунок 5), в разнообразии актуализирующихся наборов компонентов (рисунок 7). Для всего исследованного интервала, предшествующего реализации нового акта игры, характерно увеличение в составе актуализированных составляющих СИЗ таких стратегий и компонентов (КГА), которые после своего формирования имеют длительную историю актуализаций, причем есть надежные основания полагать, что это изменение состава начинается раньше, чем выбранная для анализа последовательность из 5 актов, предшествующих новому. Связь этого изменения состава актуализированных составляющих СИЗ со спецификой ситуации порождения нового компонента проявляется в градуальном увеличении количества «старых» стратегий к моменту реализации нового акта, а после его реализации доминирование старых актов и стратегий сменяется доминированием более новых.

В одновременной актуализации систем самого разного возраста, от наиболее старых до самых новых, характерной для любого поведения, при формировании нового акта наблюдается смещение: доля старых компонентов и групп компонентов, представляющих стратегии, более велика, чем новых. В этом явлении может проявляться, во-первых, привлечение более широких возможностей зафиксированного ранее опыта для разрешения проблемной ситуации (в пользу этого предположения говорит также повышение энтропийных оценок разнообразия набора компонентов СИЗ на этом интервале), а, во-вторых, обращение к состоянию структуры на ранних этапах формирования, к компонентам и стратегиям менее дифференцированным, которые могут играть роль «протоформ» для формирующегося нового компонента.

Выявленные особенности наборов компонентов и их групп можно оценить как проявление обогащенной «эпигенетической ситуации» (см. 1.5.1), в которой оказывается возможным протекание системогенетического процесса, в котором в рамках свойств преспециализированных нейронов, возможно порождение системы (компонента СИЗ), которая соответствует и истории формирования целостной структуры, и многообразию отношений между актуализированными компонентами, и возможным способам разрешения проблемной ситуации. О возможной связи стадий формирования компонентов в их нейрональном эквиваленте с составом актуализированной совокупности компонентов СИЗ, говорят многочисленные данные о том, что экспрессия ранних генов, наиболее раннее свидетельство инициации процесса специализации нейронов, соответствует экспозиции новой ситуации (Anokhin et al., 1991; Nikolaev et al., 1992; Radulovic, et al., 1998). В рассматриваемом случае проблемная ситуация (как аналог «новизны») для индивида может проявиться только через прогноз невозможности продуктивного продолжения игры при использовании сформированных ранее составляющих СИЗ — компонентов и их объединений, т.е. в конечном итоге — через характеристики набора актуализированных компонентов, которые играют роль «эффордансов»¹ для экспрессии ранних генов (начала специализации нейронов). Заметим, что проблемная ситуация зарождается в форме неявного, «имплицитного противоречия», используя понятие, введенное Д.Н. Завалишиной (1985).

В окрестностях акта «-3» выявлено начало резкого снижения длины стратегий (рисунки 4 и 5), особенно выраженное для стратегий, отобранных при выборе хода (рисунок 5, д). Количество же актуализированных компонентов СИЗ к этому моменту достигает максимума и на протяжении актов «-2»,

«-1», «0» сохраняется относительно постоянным (рисунок 5, а). 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).

В рассматриваемом случае альтернативы, связанные с более длинными стратегиями, обладают селективным преимуществом, а включение такой альтернативы в набор актуализированных компонентов и стратегий облегчает выбор хода. Напротив, ситуация, в которой все альтернативы обладают равной селективной ценностью, трудно разрешима. Для акта «-3» отмечена не только равная селективная ценность альтернатив, но актуализированы короткие стратегии, причем на протяжении последовательности «-3 ÷ 0» отмечена тенденция сокращения длительности стратегий. Поэтому саму ситуацию можно охарактеризовать как **проблемную**. Именно прогрессирующее усложнение выбора хода, развитие проблемной ситуации проявляется в градуальном увеличении ВВХ (рисунок 3).

Одна из наиболее фундаментальных закономерностей научения, описанная еще в XIX в., указывает на особую роль в инициации процесса научения столкновения с проблемой, которая не разрешима средствами, сформированными ранее (см. гл. 4, а также; Монпелье, 1973; Kling, 1971)). В изученной ситуации начало актуализации формирующегося компонента совпадает с началом развития проблемной ситуации и ее проявлением в увеличении ВВХ. Эта сопряженность дает основание полагать, что экстренное формирование нового компонента иницируется возникновением проблемной ситуации, разрешения которой невозможно достичь за счет уже сложившегося репертуара актов игры; актуализация же нового компонента открывает дополнительную альтернативу выбора в развитии игры.

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 (рисунок 7). 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.

¹ Эффорданы (Гибсон, 1988) — события, критические для процессов организации поведения. «Эффорданы — это то, что окружающий мир предоставляет, разрешает совершить индивиду» (Александров, 2003, с. 55).

Инициация формирования нового компонента сопровождается состоянием неопределенности актуализированной совокупности компонентов и составляющих СИЗ. Можно предположить, что и в двигательной активности игроков развивается (и проявляется) состояние неопределенности, например, траектории движения руки при выборе хода могут существенно усложняться (см. гл. 8.2.3.2, а также: Александров, Максимова, 1988); этого следует ожидать в связи с результатами (Cordier, France, Pailhous, Bolon, 1994).

Неравновесное состояние проявляется также в динамике невербальных составляющих поведения. Это состояние складывается к началу латентного этапа формирования нового компонента, оно проявляется как уравнивание вероятностей реализации взаимоисключающих форм проведения; оно развивается и разрешается после первой реализации сформированного компонента (см. рисунок 12).

Результаты исследования указывают на то, что состояние СИЗ, сопровождающее латентное формирование нового компонента, проявляется в характеристиках связанных с событиями потенциалов мозга. Изменение их конфигурации соответствует состоянию неустойчивости СИЗ и его разрешению. Эти данные позволяют заключить, что особенности этого состояния и его динамика связаны с мозговыми процессами, а, судя по результатам исследования нейрональной активности (см. 8.2.1, 9.1, гл. 10), с активностью групп специализированных нейронов, представляющих компоненты СИЗ.

12.3.5. ПОРОЖДЕНИЕ НОВЫХ КОМПОНЕНТОВ СИЗ И ПРОТОКОМПОНЕНТЫ

Неопределенность, неравновесность состояния СИЗ в интервале инициации формирования нового компонента указывает на дифференциацию как способ его порождения (Пригожин, 2001; Эбелинг, Энгель, Файстель, 2001; Germana, Lancaster, 1995). Представляется, что основанием к описанию процесса дифференциации компонентов СИЗ из протокомпонентов может служить существование групп компонентов, объединенных общностью ситуационных и операциональных возможностей актуализации. Такие группы ограничены по объему (см. 11.2.2.2), с предполагаемым протокомпонентом их связывает отношение, по свойствам соответствующее отношению генерации, порождения (см. Осипов, 1997). Такие группы участвуют в принятии решения как единое целое, их члены связаны отношениями «AND» (см. Александров, Максимова, Горкин, Шевченко и др., 1999). Исходя из представления, что протокомпонент представляет собой группу преспециализированных нейронов (Александров, 2001), а компоненты — группы нейронов со сходными специализациями, можно полагать, что в количестве сформированных

групп компонентов проявляются общие свойства нейрогенеза. Действительно, результаты показали, что количество групп протокомпонентов и компонентов, формирующихся у испытуемых разных возрастных групп (см. рисунок 2, гл. 11), соответствует данным о более интенсивном нейрогенезе у молодых животных, чем у взрослых (Barnea, Nottebohm, 1996; Gould, Reeves, Fallah, Taparat et al., 1999).

У испытуемых старших возрастных групп (IV'—VII') и количество формирующихся групп компонентов, и количество компонентов меньше, чем у испытуемых до четырнадцатилетнего возраста (группы I'—III') (см. рисунки 2 и 6, 11.2.2). Эти результаты, а также форма кривых, показывающих снижение скорости формирования компонентов и их групп в процессе формирования компетенции (см. гл. 11, рисунки 3, 5, 7, 8) позволяют утверждать, что ресурс образования протокомпонентов и компонентов ограничен. Эти ограничения проявляются в относительно гладкой форме индивидуальных кривых, описывающих формирование компонентного состава, в снижении скорости формирования компонентов и на протяжении приобретения компетенции, и в возрастном ряду (см. там же, рисунки 2 и 6). Это заключение точно соответствует и теоретическим описаниям процесса формирования компонентов структуры индивидуального опыта (Швырков, 1995) и результатам исследований (Горкин, 1987), согласно которым специализированные нейроны рекрутируются из «нейронов запаса» — ограниченного резерва преспециализированных клеток, не проявляющих импульсной активности (см. также: (Александров, 2003, 2004а, 2004б). Другой источник рекрутации нейронов, неонейрогенез, также ограничен (см. Александров, 2004б). Отметим, что у испытуемых IV'—VII' возрастных групп, по сравнению с младшими группами (I'—III'), увеличивается относительное количество компонентов, составляющих одну группу (КГА) (см. гл. 11, рисунок 5). Возможно, что в этом проявляется изменение свойств нейронов, входящих в состав дифференцирующихся групп преспециализированных нейронов, например, увеличение их разнообразия (см. 11.3.2). В психологии сформулировано представление об ограниченности ресурса, лежащего в основе формирования когнитивных структур (Vecchio, 1990). Оригинальная версия концепции когнитивного ресурса разработана и верифицирована В.Н. Дружининым и Н.Б. Горюновой. Выявленные нами свойства ресурса, лежащего в основе формирования компонентов структуры индивидуального знания, очевидно, проявляются в описанных ими феноменах (Горюнова, Дружинин, 2001).

Варианты дифференциации протокомпонента в компоненты описываются с помощью теории графов. Так, для дифференциации с четырьмя конечными продуктами существует 15 возможных корневых деревьев (Вейр, 1995). На рисунке 13 показаны несколько вариантов дифференциации клеток (Лэмб, 1980, с. 151). Наиболее правдоподобный вариант дифференциации протокомпонента

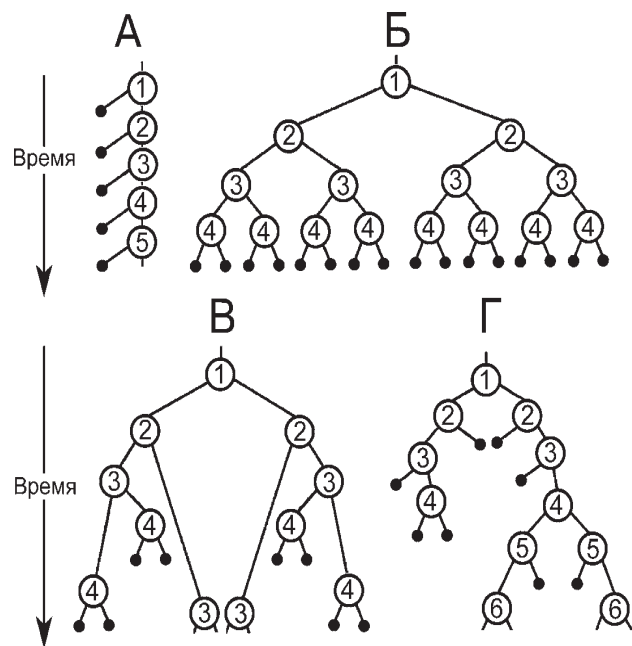


Рис. 13. Теоретически возможные варианты дифференциации. Черными кружками (точками) показаны дифференцированные клетки, неспособные к дальнейшему делению, светлыми — стволовые клетки (Лэмб, 1980, с. 151)

из показанных на рисунке: А — тангенциальное деление, при котором протокомпонент последовательно порождает дочерние компоненты, сохраняя свой статус. Эта версия не противоречит ограниченному количеству возможных дифференциаций протокомпонента. Версии Б, В и Г следует отвергнуть, поскольку новый компонент, порождая следующее поколение, должен либо исчезать, либо кардинально изменять свои свойства. Против этих вариантов также говорит полученный в настоящей работе результат: первая и последующие дифференциации новых компонентов, включенных в одну группу, не различимы ни по условиям порождения, ни по временным характеристикам процесса, ни по свойствам компонентов.

Таким образом, основные события при формировании нового компонента СИЗ можно представить как моменты дифференциации (точки ветвления траектории формирования) пула преспециализированных нейронов. Известно, что наиболее ранние стадии нейрогенеза запускаются предъявлением но-

вой ситуации (Анохин, Судаков, 1993; Kruse, Stripling, Clayton, 2000), причем повторные возникновения проблемных ситуаций вновь и вновь инициируют экспрессию ранних генов, необходимую для специализации нейронов (Nikolaev et al., 1992). Инициация процесса специализации нейронов запаса (резерва преспециализированных клеток, клеток первичного ассортимента по Эдельмену (1981)) и неонейрогенеза (формирования нейронов из стволовых клеток предшественников) принципиально не различается (см. Александров, 2004б). Как показывает анализ, проведенный Ю.И. Александровым, общий фактор запуска специализации нейронов в ситуациях научения, стресса, голода, поражениях нервной системы — невозможность для нейрона в изменившейся среде использовать способы получения необходимых метаболитов, сформированные ранее (2004б). Можно предположить, что предьстория формирования компонента (образование протокомпонента) инициируется экспозицией предметной области, в рассматриваемом случае — предъявлением инструкции, демонстрацией игры и представлением партнера, ситуациями, для которых в поведенческом репертуаре индивида не содержится необходимых средств взаимодействия.

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 также обладает 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* (см. гл. 10). В дальнейшем из него последовательно дифференцируются все группы нейронов, которые специализируются относительно определенных актов игры; они составляют основу группы новых компонентов СИЗ (КГА). Часть нейронов этого множества, не вовлеченных в процесс системогенеза, возможно, погибает в результате апоптоза, поскольку исходное состояние, для которого была сформирована возможность удовлетворения метаболических потребностей нейрона, при вступлении на путь специализации утрачивается, а новое устойчивое состояние, специализированной клетки, не достигается. «Возврат» к прежнему состоянию невозможен, так как начавшийся процесс специализации

необратим, как любые процессы развития (см.: Александров, 2004б). В этом случае, как отмечает Ю.И. Александров, «экспрессия “ранних” генов затягивается: одна волна экспрессии сменяет другую... В этих случаях в нейронах могут экспрессироваться так называемые гены “смерти”, активация которых ведет к гибели нервных клеток» (Александров, 2004а, с 27). Отмечают, что запуск процесса апоптоза связан с увеличенной длительностью экспрессии ранних генов; при кратковременной их экспрессии клетки выживают (Александров, 2004б, с. 11).

На протяжении актов, предшествующих реализации нового акта из протокомпонента «недоопределенной» группы нейронов, дифференцируется взаимосогласованная подгруппа, которая может сформировать специализацию по отношению к широкому спектру актов, которые, по-видимому, соответствуют: (1) текущей проблемной ситуации, (2) направленности изменения актов к разрешению проблемной ситуации и снятию неопределенности.

Из этой подгруппы нейронов выделяется подмножество, которое может приобрести специализацию относительно конкретного акта, потенциально ведущего проблемную ситуацию к разрешению. Можно высказать предположение, что на каком-то шаге последовательных дифференциаций связность/целостность этой группы нейронов, степень определенности специализации таковы, что ее активация представляет актуализацию еще не окончательно сформированного, не достигшего дефинитивной формы компонента СИЗ.

Если эта гипотеза верна, то новый акт должен обладать общностью(ями) с какими-либо актами игры (одним или несколькими), предшествующими его реализации.

Чтобы быть включенным в последовательность актов, новый компонент должен соответствовать исходной ситуации реализующегося акта. Это может зафиксироваться в субструктуре компонента только в интервале, близком к моменту реализации нового акта, но не за 2–3 хода до этого, поскольку в типичной игровой ситуации существует несколько вариантов ее развития, и даже при двух альтернативах при каждом выборе хода на протяжении трех актов существует восемь возможных вариантов включения акта в последовательность. Заметим, что стратегии, которые могли бы обеспечить прогноз возникновения тех или иных ситуаций, оказываются крайне маловероятными, поскольку к моменту реализации нового акта игры набор актуализированных стратегий редуцируется (см. рисунки 4 и 5). Следует оценить также невозможность за 2–3 акта до первой реализации нового акта точно предсказать приемлемый способ изменения игровой ситуации.

Можно предположить, что новый акт начинает реализовываться, когда в рамках группы/протокомпонента выделяется подмножество, соответствующее ситуации реализации нового акта и трансформации проблемной ситуации в ее разрешение. Такая группа обладает специализацией, общей для всей группы

актов, обладающих общностью исходной ситуации и действия игрока, но не общностью ситуации, характеризующей результат нового акта. Т. е. на протяжении актов, предшествующих реализации нового акта игры происходит формирование не собственно нового компонента. Коэффициенты коррекции лучших регрессионных моделей для этого интервала показали, что в этот период формируется больше одного компонента СИЗ (см. таблицу 5, модель 3). Представляется, что в таких величинах коэффициентов выражена актуализация не одного, но и других компонентов этой группы, еще не получивших дефинитивной формы. В основе этих компонентов лежат группы нейронов, специализация которых в момент реализации нового акта еще не завершена.

Таким образом, свойства, позволяющие компоненту реализоваться в определенной позиции в последовательности актов, новый компонент СИЗ приобретает в момент первой реализации. Именно в этом интервале времени группа нейронов приобретает дефинитивную специализацию (*основную специализацию*; см. гл. 10), но не дефинитивное, далее не изменяемое состояние, и оказывается носителем определенной модели взаимодействия индивиду с предметной областью.

Данные, полученные при моделировании времени выбора хода показывают, что на протяжении латентного этапа формирования новый компонент находится в состоянии некоторого уровня актуализации, что соответствует «принципу минимального обеспечения функциональной системы» (см. 1.5.3, 5.1). Это означает, что компонент не просто актуализируется и, возможно, вступает во взаимоотношения с другими компонентами СИЗ в рамках складывающейся эпигенетической ситуации (см. гл. 1.5.1), а формируется в этом актуалгенетическом процессе.

Так как новые компоненты СИЗ формируются актуалгенетически в контексте текущего поведения и, следовательно, фиксируют историю своего происхождения, их характеристики сопоставимы с некоторыми свойствами фиксированных в структуре знания «побочных продуктов» взаимодействия индивида с миром (ср.: Пономарев, 1983). Это позволяет предположить, что с формированием новых компонентов СИЗ как побочных продуктов связаны не только потенциально новые способы достижения результатов, но и само возникновение локальных проблемных ситуаций. Таким образом, новый компонент СИЗ должен обладать родством с другими компонентами, в рамках множества которых (эпигенетической ситуации) протекал процесс его образования.

Так можно представить системогенетический процесс порождения нового компонента СИЗ. Специально заметим, что системогенез нового компонента реализуется как актуалгенез: в процессе реализации последовательности актов, в рамках активности групп специализированных нейронов, в составе множества актуализированных компонентов, связанных отношениями.

Предложенное описание процесса формирования нового компонента СИЗ, которому соответствует новый акт игры, протекает в латентной форме, и поэтому не согласуется со ставшими уже классическими представлениями о роли проб и ошибок в научении. Согласно этой концепции пробы и ошибки лежат в основе отбора нового эффективного поведенческого акта. Они совершаются как целостные поведенческие акты, в открытом поведении (не в редуцированной форме). Успешные пробы при этом фиксируются, а неуспешные («ошибки») не фиксируются. Бихевиористскому описанию научения в терминах проб и ошибок противостояло развитое гештальтистами представление об инсайте — быстром, внезапном решении задачи, или разрешении проблемной ситуации после некоторого инкубационного периода, на протяжении которого новое («продуктивное») решение «созревает» (Дункер, 1965а); см. также 4.3.4: «Инсайт»), так что места для процессов отбора в процессе инсайта не предусматривалось. Можно отметить определенное сходство между ситуацией латентного процесса порождения нового компонента СИЗ (и акта игры) с ситуацией инсайта. К этой интерпретации склоняет также нарастание экспрессии сосредоточенности у игрока к моменту разрешения проблемной ситуации и повышение вероятности экспрессии положительных эмоций после ее разрешения (см. рисунок 12). Однако это лишь феноменологическое сходство. В основе формирования нового компонента, как и при реализации проб и ошибок, в отличие от ситуации инсайта, лежит отбор, но не эксплицитный, выраженный в «открытом поведении». В проанализированном нами процессе порождения нового компонента материалом селекции служат не акты, реализующиеся последовательно, а наборы нейронов, образующие группы в силу общности метаболизма (см. Александров, 2004а, 2004б). Другое важное отличие описанного нами процесса от концепции порождения новых составляющих репертуара поведения через пробы и ошибки состоит в том, что новые компоненты СИЗ, реализующие группы специализированных нейронов и соответствующие им новые акты поведения, включаются в организацию целостной структуры знания и, как можно предположить, сохраняются в ее составе неопределенно большое время, независимо от того, приближают они игрока к выигрышу, или являются «ошибками» (см. 8.2.2). Эта независимость длительности существования новых компонентов от их связи с успешностью/ошибочностью соответствующих им актов принципиально отличается от представления о фиксации только успешных актов поведения. Заметим, что представление о фиксации этапов развития в структурах независимо от их содержания и прагматической ценности представляет собой важнейшее положение системно-эволюционного подхода (см. гл. 1.1, 2.4 и 5.3)¹. Таким образом, пред-

¹ Аналогичные явления характерны и для эволюционного процесса: «мутантные гены, даже если они летальны, не исчезают, а фиксируются в популяции» (Попов, 2005, с. 85).

ложенное описание процесса порождения нового акта отличается как от представления формирования новых актов через пробы и ошибки, так и от концепции инсайта.

12.4. Выводы

1. На протяжении последовательности актов, предшествующих первой реализации нового акта игры, время выбора хода (ВВХ) градуально увеличивается. Интервал возрастания ВВХ занимает 2—3 акта, предшествующих новому. На этом интервале происходит также изменение состава набора актуализированных компонентов и составляющих СИЗ: снижается количество и длина стратегий; количество базовых компонентов достигает максимума, а затем снижается; в составе набора актуализированных компонентов и стратегий увеличивается доля сформированных на ранних этапах приобретения компетенции.
2. Первым проявлениям формирования нового компонента соответствует возникновение затруднений в достижении этапных целей игры, образование проблемной ситуации. Для множества актуализированных составляющих СИЗ это выражается в снижении количества актуализированных стратегий и компонентов, входящих в их состав, т.е. в уменьшении селективной ценности альтернатив, конкурирующих в процессе принятия решения.
3. Построение регрессионных моделей ВВХ для актов игры, предшествующих первой реализации нового акта, которые учитывали различные гипотезы о латентной актуализации формирующегося компонента СИЗ, представляющего новый акт игры, показали, что вероятность его формирования градуально увеличивается, начиная со второго-третьего акта до его первой реализации.
4. Новые компоненты СИЗ дифференцируются из своих генетических предшественников («протокомпонентов») последовательно. Количество компонентов, которые дифференцируются из одного протокомпонента, ограничено. Каждый протокомпонент порождает группу компонентов СИЗ, которые вследствие этого обладают общностью ситуационных и операциональных возможностей актуализации.
5. На протяжении латентного периода формирования нового компонента СИЗ изменяются характеристики активности мозга, а также

вероятности реализации различных форм невербального поведения. Эти изменения, их соответствие динамике ВВХ и дескрипторов СИЗ, указывают на развитие и разрешение состояния неопределенности на протяжении латентного периода формирования компонента СИЗ.

6. Скрытый период формирования нового компонента СИЗ включает: (1) стадию инициации формирования, которая связана с возникновением локальной проблемной ситуации на игровом поле; (2) стадию актуализации в составе наборов компонентов СИЗ, реализующих ранее сформированные акты игры, при этом соответствие компонента точному положению в континууме поведения не определено; (3) стадию актуализации при первой реализации нового акта, когда отношения нового и предшествующего актов становятся определенными.

ГЛАВА 13

ЗАКЛЮЧЕНИЕ РЕКОНСТРУКЦИЯ СИЗ И ПРОЦЕССОВ ЕЕ ФОРМИРОВАНИЯ

13.1. ОСНОВАНИЯ СОПОСТАВЛЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ РАЗЛИЧНЫХ СЕРИЙ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для построения обобщенного описания СИЗ и ее формирования необходимо специальное обсуждение сопоставимости результатов, полученных в основных (гл. 10–12) и вспомогательных (гл. 8 и 9) сериях исследований, причем обоснование сравнения описаний СИО (животного) и СИЗ (человека) приобретает ключевое значение для общего замысла работы.

13.1.1. ОБЩНОСТЬ ОРГАНИЗАЦИИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СИСТЕМ

Согласно одному из фундаментальных положений теории функциональных систем, сформулированному П.К. Анохиным, архитектура функциональных систем универсальна, она не зависит от содержательных характеристик конкретных систем и видовой принадлежности носителя системной организации (Анохин, 1974б). С позиций абстрактно-аналитической версии системного подхода (Пономарев, 1983, 2006), формальное определение системы, ее структуры в терминах компонентов и их отношений, также

является основанием установления общности организации психологических структур у человека и животных, а также у человека в разных предметных областях.

Концепт «функциональная система поведенческого акта» является ключевым для изучения организации поведения, поскольку позволяет ввести формальные критерии для выделения поведенческих актов в континууме поведения (см. гл. 5). Конструкты *функциональная система поведенческого акта* и *компонент структуры индивидуального опыта* тесно связаны логически и также входят в систему понятий, составляющую основания единого формального описания системных организаций для животных и человека, независимо от их содержания и отнесенности к определенным предметным областям. Следует упомянуть также концепцию, развивающуюся в рамках СЭП и системной психофизиологии, согласно которой компоненты СИО/СИЗ представлены группами нейронов с общей специализацией (см. 5.3, 5.4, 10.0). Такое соотношение компонентов психологических структур и нейронов не только является основанием конкретного решения психофизиологической проблемы (Александров, 2001, 2004а, 2005; Швырков, 1978, 1979, 1988, 1995), но также указывает на общность строения различных функциональных систем.

В основе всех вариантов анализа, примененных в исследовании, лежат единые критерии выделения в поведенческом континууме интервала реализации поведенческого акта (между моментами достижения последовательных результатов поведения) и классификации поведенческих актов (характеристики инициирующей ситуации, инструментальные характеристики реализации акта, достигнутый результат, позволяющий перейти к последующему акту) (Швырков, 1978, 1995, а также гл. 5). Эти критерии использованы при построении графа игры (гл. 7), при установлении соответствия характеристик графа игры и СИЗ (гл. 8), при изучении процесса актуализации компонентов СИО у животных в задаче обнаружения пороговых сигналов и на модели распознавания сигнала человеком (гл. 9), при анализе СИО у животных, выполняющих сложное пиццедобывательное поведение (гл. 10), при изучении организации и формирования СИЗ (гл. 11 и 12).

Важный аргумент сопоставимости результатов перечисленных серий исследования — соответствие интервалу реализации поведенческого акта и процессам смены последовательных актов (как у человека, так и у животных) электрического потенциала мозга универсальной конфигурации (Александров, 1985; Александров, Максимова, 1985; Максимова, Александров, 1987; Aleksandrov, Maksimova, 1985, 1987, а также 8.2.1).

13.1.2. ОСНОВАНИЯ ЛОГИЧЕСКОГО СОПОСТАВЛЕНИЯ ОПИСАНИЙ СИЗ ЧЕЛОВЕКА И СИО КРОЛИКА

- Описания СИЗ и СИО даны в терминах компонентов, групп компонентов, их отношений, характеристик связности, истории формирования структуры, соответствия свойств рассматриваемой структуры и логики предметной области; эти описания имеют формальный характер (ср. гл. 11 и 10).
- Для формального описания континуума поведения человека и животных использован единый принцип — выделение актов репертуара по общности целей/результатов, способов и условий действия (ср.: 11.1.3.1, и 10.1.3).
- Для оценки качества формальных описаний СИЗ и СИО были использованы одни и те же показатели — временные характеристики поведения (ср. 11.1.4 и 10.1.6) и история формирования структуры (ср.: 11.1.4.2; 12.1.4 и 10.1.2).
- Типы диахронических отношений компонентов СИЗ и СИО, представляющих акты репертуара, установлены на основе анализа последовательностей реализации актов (см. 7.6.4.3, ср.: 11.1.3.2; 11.3.3.1 и 10.3.2).
- Типы синхронических отношений компонентов СИЗ и СИО, представляющих акты репертуара, установлены на основе показателей совместимости компонентов при их актуализации (см. 7.6.4.3, ср.: 11.1.3.2; 11.3.3.1 и 10.3.2).
- Оценка связности СИЗ и СИО соответствует степени детализации взаимоотношений субъекта с предметной областью, зависит от индивидуальной истории этих взаимоотношений, увеличивается по мере роста компетенции и соответствует временным характеристикам поведения (ср.: 11.3.3.3 и 10.2.4, 10.3.3).
- Обобщенное описание СИЗ является расширением частных описаний СИЗ человека в стратегической игре (гл. 11) и СИО кролика в сложном пиццедобывательном поведении (гл. 10). Такое описание включает соответствие свойств структуры как индивидуальным психологическим характеристикам (11.3.3.3.1), так и активности поведенчески специализированных нейронов (10.3.4).

13.2. ОБОБЩЕННОЕ ОПИСАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ И ФОРМИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ЗНАНИЯ

13.2.1. КОМПОНЕНТЫ СИЗ

Основа СИЗ — компоненты, которые соответствуют актам взаимодействия индивида с предметной областью и представлены группами специализированных нейронов (см. 8.2.2, 8.3, 9.1.3, 10.3.1, 11.2.2, 11.3.2). Компоненты формируются в результате дифференциации протокомпонентов, образованных группами преспециализированных нейронов (см. 11.3.2).

Дифференциация протокомпонента инициируется развитием проблемной ситуации в предметной области — через изменения в составе актуализированной совокупности компонентов СИЗ («эпигенетической ситуации», см. 1.5.1). Для начала процесса дифференциации характерно развитие неопределенности, неравновесности в состоянии актуализированной совокупности составляющих СИЗ (см. 12.3.4, 12.3.5). Формирование нового компонента протекает в несколько стадий, на протяжении которых разворачиваются процессы специализации подмножества преспециализированных нейронов, составляющих протокомпонент, как общей специализации для этого подмножества, представляющего новый компонент, так и субспециализаций, охватывающих только части этой группы. Формирование суборганизации группы нейронов, образующих компонент СИЗ, можно соотнести с различными процессами консолидации (Александров, 2005). Суборганизация компонента является основанием его отношений с другими компонентами, ее усложнение позволяет компоненту реализовывать большее количество отношений различных типов. Формирование суборганизации занимает длительные интервалы времени, поэтому момент достижения компонентом «дефинитивного» состояния неопределим. Важный и доступный фиксации этап процесса формирования компонента — достижение компонентом состояния, в котором он может проявляться в реализации нового акта взаимодействия с предметной областью. Этому моменту соответствует разрешение неопределенности в состоянии СИЗ, и, в зависимости от содержательных характеристик нового взаимодействия, оказывается возможным разрешение проблемной ситуации (см. 12.3.4).

Количество протокомпонентов, из которых дифференцируются компоненты СИЗ, снижается в возрастном ряду, так что компонентов СИЗ в старших группах также формируется меньше, чем в младших (см. рисунки 2 и 6, гл. 11). Это означает, что компонентный ресурс формирования СИЗ, хотя

и не истощим, но ограничен. Возможность дифференциации протокомпонента принципиально ограничена, по-видимому, семью компонентами СИЗ (см. 11.2.2). При этом потенциал дифференциации протокомпонентов увеличивается с возрастом — количество компонентов, образующихся на основе одного протокомпонента, возрастает в старших группах (см. 11.2, рисунок 5). Увеличение скорости формирования отношений между компонентами в возрастном ряду указывает на возрастание сложности суборганизации компонентов СИЗ (см. 11.3.3). Можно предположить, что снижение ресурса формирования компонентного состава СИЗ находится в соответствии с фундаментальным положением СЭП, согласно которому группы специализированных нейронов образуются из нейронов «запаса» (Александров, 2004б, 2005; Горкин, 1987; Швырков, 1995). С выявленными тенденциями увеличения потенциала дифференциации протокомпонентов и сложности суборганизации компонентов СИЗ можно связать изменения характеристик преспециализированных нейронов. При этом можно полагать, что эти изменения являются не «собственно возрастными», они фиксируют увеличение возможностей индивида во взаимодействии с предметными областями, его включенность в большее количество таких областей и связанное с этим общее усложнение организации структур, фиксирующих модели взаимодействий. Как замечает Ю.И. Александров, «возможно, процедура научения модифицирует и нейроны «резерва», приводя их характеристики в соответствие с произошедшими изменениями памяти» (Александров, 2005, с. 857). По-видимому, это влияние состояния целостной организации СИЗ на процесс нейрогенеза аналогичен процессам, инициирующим формирование нового компонента СИЗ.

13.2.2. ОТНОШЕНИЯ

Компоненты СИЗ связаны отношениями: диахроническими и синхроническими (см. 3.2.3, 7.6.4.3, 8.2.5, 8.3, 9.1.3, 9.2.4, 10.3.2, 11.3.3.1). Диахронические отношения связывают компоненты СИЗ в последовательности их актуализации. Этот тип отношений обеспечивает преемственность в последовательности актуализированных наборов компонентов СИЗ, а также ограничивает возможности одновременной актуализации компонентов, относящихся к последовательным актам игры или этапам реализации акта игры (см. 9.3, рисунок 17). Синхронические отношения связывают группы одновременно актуализирующихся компонентов СИЗ независимо от расстояния между ними на дереве игры и порядка их реализации при решении игровых задач, определяют их состав. Отношения этого типа являются фактором, налагающим ограничения на составы компонентов СИЗ, связанных с альтернативными вариантами развития поведения.

Отношения между компонентами связывают их в единую структуру, они являются необходимым условием взаимодействия всех составляющих СИЗ, фактором согласования частных процессов в структуре. Так, только отношения между компонентами могут соотносить во времени снижение эффективности стратегий и начало процесса формирования нового компонента при зарождении проблемной ситуации в предметной области (см. 12.2.5 и 12.3.4).

По свойствам транзитивности, рефлексивности и симметричности (см. Осипов, 1997) выделено четыре типа диахронических и три типа синхронических отношений (см. таблицу 7, гл. 11). Следует заметить, что эти типы отношений охарактеризованы по логическим основаниям и, следовательно, могут проявлять лишь два уровня актуализации: «да» и «нет». Однако, основываясь на результатах анализа активности специализированных нейронов (см. 10.3.2), можно утверждать, что интенсивность отношений изменяется градуально, поэтому применение для их описания логических операторов имеет определенные ограничения.

В основе отношений между компонентами СИЗ лежит суборганизация компонентов. Разнообразие субспециализаций нейронов, составляющих по своей общей специализации единую группу, которая представляет компонент СИО/СИЗ (см. 10.3.1), обеспечивает этой группе, как целостному образованию, возможность вступать в отношения различного типа с другими группами специализированных нейронов (представляющими другие компоненты СИЗ) в том случае, если такие группы обладают соответствующей суборганизацией.

Таким образом, отношения между компонентами СИЗ реализуются как *межнейронные*. В них согласовываются метаболические потребности нейронов различных специализаций (см. Александров, 2004а, б; 2005, а также представление о «системном метаболизме нейронов»: Безденежных, 2004). При рассмотрении групп нейронов с общей специализацией в качестве системных образований отношения выступают как *межсистемные*. При анализе СИЗ выявляется, что отношения определяют состав наборов актуализирующихся компонентов и порядок их актуализации; эти отношения представляются *межкомпонентными*. Учитывая приведенные аспекты рассмотрения компонентов и отношений между ними, можно утверждать, что отношения не являются независимым фактором организации СИЗ, как это имплицитно следует из различных определений, в которых структура понимается как «множество компонентов и отношений, определенных на этом множестве» (см. 3.2). **Отношения, в которые вступают компоненты СИЗ, представляют собой формы их активности.** Субструктура компонента в этом смысле является в точном смысле слова его «аккумулятивным взаимодействием» (Пономарев, 1983, с. 14) с другими компонентами. Это означает, что суборганизация

компонента СИЗ фиксирует не только модель определенного взаимодействия индивида с предметной областью (специализация относительно поведенческого акта), но и модели взаимодействий данного компонента с другими компонентами (субспециализации, связанные с отношениями между компонентами СИЗ)¹. Можно предположить, что именно в суборганизации компонентов СИЗ человека, на множестве моделей отношений между компонентами СИЗ, следует искать «знаково-означенные модели», на возможность существования которых указал Я.А. Пономарев. Этот класс моделей, в которых «моделируются не только элементы внешней и психически регулируемой внутренней среды живой системы, но и сами модели. Образования этого класса обеспечивают, как принято говорить, осознанное отношение к миру, его целенаправленное преобразование» (Пономарев, 1983, с. 100).

Процесс формирования отношений различных типов занимает различное время. Наиболее быстро формируются отношения, не обладающие свойством симметрии (см. таблицу 7, гл. 11), т.е. не требующие образования гомологичных субструктур в компонентах, между которыми формируются эти отношения. Соответственно, установление симметричных отношений требует существенно больших временных затрат (см. 11.3.3.1). Наиболее медленно отношения с этими свойствами формируются у детей младших возрастных групп. Это можно связать с низким потенциалом дифференциации протокомпонентов, характерным для этих возрастов, с соответствующими уровнем этого потенциала сложностью организации СИЗ и особенностями преспециализированных нейронов резерва (см. 11.2.2, 13.2.1).

Поскольку каждый компонент СИЗ может формировать отношения различных типов с потенциально неограниченным количеством других компонентов, процесс реорганизации СИЗ за счет образования новых отношений может продолжаться неограниченно долго без формирования новых компонентов СИЗ. Можно полагать, что увеличение множеств компонентов, связанных отношениями, составляет одну из важных сторон реконсолидации СИЗ (Александров, 2005).

13.2.3. ГРУППЫ КОМПОНЕНТОВ

Диахронические и синхронические отношения между компонентами придают СИЗ свойства неоднородной сети (Осипов, 1997), на которой диахронические отношения организуют пропозициональную, синхронические — ассоциативную составляющие (СПС и САС; см. 3.2.3, 7.6.5, 8.3, 11.2.1.1,

¹ О моделях см. 2.4, 2.5, 3.2.2.

11.3.1, 11.3.3.3). Неоднородность структуры лежит в основе образования групп компонентов различного типа, обеспечивает возможность перехода в актуализированное состояние лишь части ее составляющих, избирательность актуализации. Основное свойство неоднородной сети, одновременность реализации отношений различного типа, дает возможность компоненту входить в несколько групп, причем эти группы могут принадлежать одновременно как САС, так и СПС. Принадлежность одних и те же компонентов различным группам обеспечивает СИЗ как единому системному образованию *свойство связности*.

Диахронические отношения связывают компоненты СИЗ в группы — стратегии двух типов, линейные (не допускающие повторной реализации компонентов, см. 11.2.3.1.5.1), и циклические (допускающие повторы и изменение порядка реализации компонентов, см. 11.2.3.1.5.2). Реализация стратегий, как циклических, так и линейных, повышает вероятность выигрыша игрока, а циклические стратегии связаны со снижением вероятности выигрыша противника (см. 8.2.5.3 и 11.2.3.1.6). Формирование стратегий, особенно циклических, позволяет антиципировать изменение ситуации в предметной области. Недостаток репертуара стратегий, пригодных для преодоления развивающейся проблемной ситуации — один из важных факторов инициации процесса формирования нового компонента СИЗ (см. 12.3.2). Можно предположить, что формирование циклических стратегий связано с появлением у детей свойства обратимости логических операций (см. 11.2.3.1.6 и 11.3.3.3.1). Циклические стратегии — наиболее сложные составляющие СПС, в их основе лежат отношения, обладающие свойствами симметричности (см. 11.3.3.1, таблица 7), их формирование требует больших временных затрат, чем образование линейных стратегий. Количество циклических стратегий в репертуаре только после 16-летнего возраста достигает относительно стабильного уровня, в то время как количество линейных стратегий в репертуаре игроков не связано с возрастом (см. 11.2.3.1.5).

Синхронические отношения связывают компоненты в доменные организации (см. 3.2.3; 4.3.3.2) — группы компонентов, преимущественно связанные с какой-либо одной из контрастных сторон взаимодействия с предметной областью: игрой крестиками или ноликами, выигрышем или проигрышем, дебютом, серединой игры или эндшпилем (см. 7.6.3 и 8.2.5.1). С возрастом испытуемых снижается количество компонентов, не включенных в домены, а сложность организации доменов возрастает, они включают больше субдоменов и областей пересечения субдоменов (см. 11.2.3.2.3 и 11.3.3.2). В этом усложнении проявляется рост связности и организованности СИЗ в возрастном ряду.

Сложность доменных организаций (как и отношений, которые образуют домены) продемонстрировала связь с успешностью решения задач Ж. Пиа-

же. Можно предположить, что структуры, лежащие в основе решения мультипликативных задач Пиаже, аналогичны доменным организациям и образованы отношениями, аналогичными выделенным нами синхроническим отношениям (11.3.3.3.1).

13.2.4. АКТУАЛИЗАЦИЯ

Уровень активности компонентов СИЗ — уровень актуализации (см. 3.2.4 и гл. 9) может изменяться от состояния «покоя» до развернутого взаимодействия с предметной областью, т.е. уровни актуализации изменяются не по принципу «все или ничего», а градуально.

За счет многообразия типов отношений, в которые вступают компоненты, их множества могут актуализироваться одновременно. Неоднородность СИЗ как сетевой структуры обеспечивает возможность перехода в актуализированное состояние лишь части ее составляющих, *избирательность* актуализации. Отношения между компонентами определяют состав совокупностей актуализирующихся компонентов СИЗ, а также порядок их включения в эти совокупности и выбывания.

При реализации стратегий составляющие их компоненты приходят в актуализированное состояние за несколько актов до их реализации в качестве поведенческих актов (см. 11.2.3.1.5). За счет синхронических отношений актуализируются не только те компоненты, которые представляют акты поведения, составляющие актуальные альтернативы выбора (см. 11.2.5. 11.3.5). Это означает, что при реализации определенного акта поведения в актуализированный набор компонентов СИЗ включены компоненты: (1) соответствующие этому акту, (2) его альтернативам, (3) актам, которые могут быть реализованы на следующих этапах поведения и (4) их альтернативам, (5) актам, которые были реализованы на предыдущих этапах поведения, а также (6) компоненты, включенные в те же домены, что и перечисленные группы компонентов.

Одновременная актуализация больших по объему множеств компонентов СИЗ, относящихся к различным поведенческим актам (реализация которых происходит в данный момент, совершена ранее и возможна в будущем) служит проявлением потенциального свойства связности СИЗ. Именно в рамках таких множеств одновременно актуализированных компонентов возможно взаимосоогласование и взаимодействие всего разнообразия составляющих СИЗ как целостного системного образования (см. 13.2.2, 13.2.3).

13.2.5. МНОЖЕСТВЕННОСТЬ СИЗ

Дескрипторы СИЗ проявили достаточно тесные и избирательные связи с индивидуально-психологическими характеристиками (см. 11.2.3.1.6, 11.2.3.2.4, 11.3.3.3.1). Существование таких сопряженностей дает основание для заключения о том, что свойства СИЗ, как психологической структуры, согласованы со свойствами других психологических структур в рамках целостной индивидуальности. Многообразие связей с конкретными индивидуально-психологическими характеристиками соответствует предполагаемому свойству «амодальности» структуры индивидуального знания (см. гл. 3.2.5). Можно предположить, что существуют также психологические структуры, сформированные во взаимодействии индивида с другими предметными областями, и они обладают аналогичными характеристиками организации.

13.3. К ПЕРЕСМОТРУ «ЗАКОНОВ НАУЧЕНИЯ»

Представленное исследование выполнено в парадигмальных рамках системно-эволюционного подхода, однако его включенность в общенаучный контекст идей универсального эволюционизма и системных представлений дает основания наметить некоторые «надпарадигмальные» коррекции в известные «законы научения» (см. 4.3.2.1), которые были сформулированы в период становления бихевиористской доктрины, но приобрели статус общепсихологических (см. психологические словари: Зинченко, 1986; Петровский, Ярошевский, 1985, Colman, 2001; Drever, 1969, Goldenson, 1983; Reber, 1995). Во-первых, формулировки «законов научения» даны с бихевиористских позиций, отрицающих существование психологических структур, или, в мягкой формулировке, признающих психологические структуры недоступными для изучения. Поэтому эти закономерности феноменологичны, они описывают научение в терминах характеристик исполнения, результативности (или количества ошибок), но не указывают на собственно формирование и модификацию внутренних структур, проявлением которых является изменение характеристик поведения. Некоторые законы (например, «Закон готовности», см. 4.3.2.1) апеллируют к процессам в нервной ткани, но, поскольку в этом случае понятия психологических структур не применяются, то такой подход принципиально является редукционистским, он исключает решение психофизиологической проблемы, соответствующее современным версиям принципов системности, развития, детерминации, активности (см.: Александров, 2003; Пономарев, 1983; Швырков, 1995).

Во-вторых, законы научения не просто «бихевиористские» по происхождению, их формулировки точно соответствуют положениям твердого ядра картезианской исследовательской программы, именно поэтому они получили распространение и в небихевиористских, но «картезианских» парадигмах. Основное из этих положений — представление о том, что новообразования порождаются в результате внешних воздействий — стимулов. Это базовое представление, инструктивистское в своей основе (см. 4.3.6, а также: Эдельмен, 1981), даже в сочетании с идеей о том, что стимулы осуществляют селекцию конкретного поведения из множества возможных (см. 4.3.2.1: «Закон эффекта»), находится в радикальном противоречии с современными представлениями об эволюции (см. 1.1, 1.5.1).

Системно-эволюционные формулировки закономерностей «научения» могут иметь более обобщенный характер, чем «классические», поскольку процесс научения, охарактеризованный в терминах эволюции систем, не отличим от любых других процессов формирования и модификации структур (см. 5.4). Формулировка этих закономерностей должна быть не феноменологической, т.е. описывать формирование новых психологических структур, не редукционистской, т.е. исходить из системного решения психофизиологической проблемы (см.: Александров, 2003; Пономарев, 1983; Швырков, 1995), селекционистской, а не инструктивистской концепции (см. 1.5.1: «Инструктивизм», а также 4.3.6).

Разработка таких формулировок представляет собой специальную задачу. Рассмотрим некоторые возможности изменения «Закона эффекта». Его формулировка: «Поведение, которое приводит к полезному событию (стимулу/подкреплению), будет повторяться, в то время как приводящее к «вредным» последствиям (стимулу/событию/наказанию) повторяться не будет» (см. 4.3.2.1: «Закон эффекта»).

Во-первых, эта закономерность указывает на подкрепление как основное условие формирования репертуара эффективных поведенческих актов. Следует заметить, что в СИЗ фиксируются не только компоненты, представляющие эффективные акты, но все сформировавшиеся компоненты, соответствующие как эффективным актам поведения, но и потенциально деструктивным. Как и другие бихевиористские законы научения, закон эффекта описывает не собственно формирование нового, а феномены модификации ранее сформированного репертуара и выбора поведенческих актов из этого репертуара, причем принимает в рассмотрение только его «эффективную» часть. Вероятность совершения неэффективного поведения снижается в научении именно потому, что компоненты СИЗ, представляющие эти акты, фиксируются в структуре, потому что эти новообразования снижают вероятность развития СИЗ по «неэффективной» (во «внешнем эквиваленте») траектории.

Во-вторых, ни стимулы, ни подкрепления не являются факторами, формирующими новообразование и инициирующими этот процесс. Точность соответствия формирующегося нового взаимодействия и задачи разрешения проблемной ситуации (его эффективности) зависит и от дифференцированности СИЗ, достигнутой к данному моменту, состояние которой для индивида отображает проблемную ситуацию и содержит варианты ее разрешения, от качественных особенностей наборов преспециализированных нейронов, от потенциала дифференциации протокомпонентов, образуемых этими нейронами, а также от возможностей сформировавшихся компонентов образовывать суборганизацию (см. 7.6.5, 8.2.3, 10.3.1, 11.3.2, 11.3.5, 12.3.3–12.3.5).

Модификация «Закона упражнения» (см. 4.3.2.1) требует обращения к закономерностям реорганизации СИЗ, не требующим формирования новых компонентов через формирование отношений между компонентами, обогащение их суборганизации (см. 10.3.1, 10.3.2, 11.3.3), через все многообразие процессов реконсолидации (Александров, 2005). Переформулировка «Закона недавности» (см. 4.3.2.1) особенно явно требует обращения к понятию актуализации компонентов СИЗ и их наборов (см. 9.2.4). Обсуждение роли «проб и ошибок» в научении см. с. 512.

Высказанные соображения только намечают общие контуры возможных формулировок системно-эволюционных (в мягкой форме — селекционистских) закономерностей формирования новых психологических структур (в том числе и закономерностей научения). Заметим, что сведения для начала этой работы достаточно полно представлены в литературе, а также в данном исследовании.

13.4. ПРИНЦИПЫ ОРГАНИЗАЦИИ И ФОРМИРОВАНИЯ СИЗ

13.4.1. СИСТЕМНОСТЬ

СИЗ, ее составляющие и компоненты построены как функциональные системы. Они обладают свойством целостности, поскольку **связны**, их невозможно разделить на непересекающиеся подмножества (см. 10.2.4, 10.3.3, 11.3.3, 13.2.3, 13.2.4). Формирование всех составляющих СИЗ и процессы согласования активности компонентов СИЗ направлены на достижение **взаимоСодействия** для получения определенных адаптивных результатов во взаимодействии индивида с предметной областью (см. гл. 5, 10.3, 11.3.3, 13.2.2). **Активная направленность на достижение определенного резуль-**

тата (целенаправленность) является содержательной характеристикой компонентов и составляющих СИЗ. Основа активности компонентов СИЗ — фиксация в них моделей взаимодействия индивида с предметной областью и моделей взаимодействий с другими компонентами. Системные свойства характерны для СИЗ в целом, для ее компонентов и для составляющих (стратегий и доменов). Такое **подобие уровней организации** является неотъемлемой характеристикой функциональных систем (Анохин, 19746).

13.4.2. СИСТЕМОГЕНЕЗ

Наиболее общий принцип формирования СИЗ — системогенез (см. 1.5.3, 5.1, 5.4). Все составляющие СИЗ имеют **общее происхождение**, что определяет существование СИЗ как единого целого. Все составляющие СИЗ формируются **избирательно**: для достижения текущих целей поведения, для разрешения ситуаций в предметной области, которые могут быть распознаны как проблемные. В формировании сложноорганизованных составляющих СИЗ отмечается **гетерохрония** (см. 11.2.1.2 и 11.3.1), которая обеспечивает возможность целостного функционирования неоднородной сети, которую образуют компоненты СИЗ, связанные многообразными отношениями. Формирование СИЗ продолжается неопределенно долго, но продуктивное функционирование ее составляющих начинается с момента их образования, что соответствует системогенетическому «**принципу минимального обеспечения функциональных систем**» (см. 1.5.3, Анохин, 1968, с. 95).

Последовательность этапов системогенеза (этапов становления СИЗ) **фиксируется в структурах** как в виде новообразованных систем, так и в формах реорганизации ранее зафиксированных структур (см. 11.2.4, 11.3.1, 11.3.4).

13.4.3. СЕЛЕКТИВНОСТЬ

Процессы формирования всех составляющих СИЗ протекают в соответствии с принципами селективизма (см. 1.1, 4.3.6, 5.4). Ветвящиеся структуры описывают:

- порождение протокомпонентов (см. 12.3.5);
- дифференциацию компонентов СИЗ из протокомпонентов (11.2.2, 12.3.4, 12.3.5);
- образование суборганизации компонентов СИЗ (10.3.1);
- актуалгенетический процесс отбора состава компонентов СИЗ при выборе хода и при реализации акта игры (см. 8.2.3, 9.3, 11.3.5);

- формирование структур индивидуального знания, обладающих возрастной спецификой (11.2.4, 11.3.4).

Эти описания показывают, что частные системогенетические процессы протекают и последовательно и параллельно, перекрываясь во времени и оказывая влияние друг на друга через процессы взаимосогласования. Поэтому общая модель системогенеза СИЗ описывается не деревьями, а более сложными графами, допускающими синхронические отношения между формирующимися одновременно системами (см. 1.1, постулаты СТЭ 4 и 10 и комментарии к ним, 7.6.5, 11.3.1). Таким образом, процесс научения, который феноменологически выглядит как *последовательность* реализации новых актов репертуара поведения, представляет собой множество перекрывающихся во времени системогенезов. Из этого следует, во-первых, что из порядка реализации новых актов в поведении нельзя вывести последовательность инициации их формирования, а, во-вторых, что строго «дефинитивного» состояния СИЗ не существует. Можно утверждать, что *исчерпывающего* описания структуры индивидуального знания **не может быть дано принципиально**, поскольку СИЗ характеризуется лишь по проявлениям ее использования, в то время как новые ее компоненты формируются и вступают во взаимоотношения со сформированными ранее компонентами до того, как эти изменения окажутся доступными для наблюдателя (регистрации).

Селективность процессов порождения СИЗ, их ветвление не predetermined, не преформированным способом ведет к тому, что количество вариаций строения СИЗ безгранично; потенциальные пределы ее сложности актуально не достижимы (см. 11.3.2, 11.3.4).

13.4.4. ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ

Дифференциация (см. 1.4) составляющих СИЗ происходит не как их расщепление, а как порождение новообразований, обладающих новыми свойствами (см., например, описание процесса дифференциации строения компонента СИЗ, ведущее к усложнению его суборганизации — 10.3.1, 13.2.3). Дифференциации, как процессу порождения нового, предшествует неравновесное состояние (см. 12.3.4), развитию и разрешению которого соответствует характерное изменение динамики энтропии состояния СИЗ (ср. Пригожин, 2001, с. 61). Количество возможных дифференциаций для каждого конкретного образования СИЗ ограничено, например, для протокомпонентов предельное число дифференциаций не превышает семи (см. 11.2.2.2).

В структурных образованиях СИЗ фиксирована история предшествующих дифференциаций (см. также 13.4.2). Процесс дифференциации не одномоментный, он может занимать длительные интервалы времени (см. 12.3.4). Поздние

стадии дифференциации компонентов СИЗ можно сопоставить с некоторыми вариантами аккомодационной реконсолидации (Александров, 2005), которые обеспечивают реорганизацию систем и их отношений (см. 13.2.1).

13.4.5. АКТУАЛГЕНЕЗ

Процессы формирования новых составляющих СИЗ могут разворачиваться только на множествах актуализированных компонентов (см. 11.3.1, 13.2.2, 13.2.4). Для образования нового компонента СИЗ также необходима среда, представленная актуализированными компонентами (см. 12.3.1, 12.3.4, 12.3.5). Актуализированные компоненты, вступая во взаимодействия, модифицируются и создают условия для формирования в СИЗ новообразований (11.3.2). Таким образом, процессы актуализации и генеза структуры представляют собой неразделимое единство — актуалгенез (см. 3.2.4). Все процессы, протекающие в рамках СИЗ, имеют актуалгенетическую составляющую. Актуалгенез — важнейшее условие реализации «горизонтальных» связей между составляющими СИЗ, формирующимися по расходящимся траекториям, координации множеств частных синхронных системогенезов, одновременно разворачивающихся в рамках СИЗ.

13.5. ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ СТРУКТУРЫ И ПРОЦЕССЫ

Структура индивидуального опыта/знания фиксирует всю индивидуальную историю взаимодействий с предметной областью, т.е. *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 взаимодействия обладают свойствами *предметной отнесенности и субъективного отношения к миру*.

Функционирование СИЗ обеспечивают процессы: (1) актуалгенеза компонентов, составляющих суборганизации компонентов и групп компонентов (см. 13.2.4 и 13.4.5), (2) формирования групп одновременно актуализирующихся совокупностей компонентов и отбор их подмножеств (например, при выборе хода, см. 9.3), (3) отношений компонентов, позволяющих достигать состояния взаимодействия между ними, и формирования этих отношений (см. 13.2.2). Эти процессы обладают качественной спецификой. Даже реализуясь

как межнейронные, они представляют собой информационные процессы организации сигнальных взаимодействий индивида с предметной областью (см. 3.2.6, а также: Швырков, 1988, 1995; Пономарев, 1983). Специально выделим отношения между компонентами как особый тип процессов, возможно, обеспечивающих формирование и функционирование «знаково-означенных моделей» (см. 13.2.2). Важно, что все перечисленные процессы, при их организационном («коммуникативном») значении, являются также процессами формирования СИЗ — обладают актуалгенетическими свойствами, что в свою очередь указывает на их системогенетическую природу.

Сопоставление приведенных характеристик составляющих СИЗ, а также процессов ее формирования и организации со свойствами психологических структур и процессов, выделенных при анализе литературы в гл. 3.2.6 (см. также 11.3.3.3.1), 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.

Заметим, что СИЗ амодальна (см. 3.2.5, 11.3.3.3.1, 13.2.5), поэтому и процессы формирования и организации СИЗ должны быть амодальными. В таком случае возникает вопрос о типологии амодальных процессов формирования и организации СИЗ и об их соотношении с каноническим набором «модальных» психических процессов (см. Швырков, 1995), причем о соответствии не «коррелятивному», а системному и содержательному.

13.6. Эволюция и системы

Установленные характеристики СИЗ и закономерности ее формирования являются описанием не только научения: они находятся в соответствии с любыми процессами порождения нового, которые относятся к классу эволюционных. Обоснованием такого заключения служит системогенетическая природа формирования СИЗ, поскольку концепция системогенеза является точным эквивалентом современной эволюционной теории в описании онтогенеза (см. 1.5.3, 5.1, 5.4, 13.4.2). Характеристики процессов селекции (13.4.3) и дифференциации (13.4.4), а также сфера их действия в актуалгенезе СИЗ (7.6.5, 8.2.3, 9.1.3, 9.2.4, 9.3, 11.3.4, 12.3.5) соответствуют положениям синтетической теории эволюции (селективизма).

Можно полагать, что сфера применимости установленных закономерностей ограничена формированием (эволюцией) функциональных систем, т.е. систем, структурные компоненты которых представляют собой фиксированные

этапы развития, формирующиеся для достижения полезных приспособительных результатов, и вступают в многообразные отношения взаимодействия для достижения таких результатов (см. гл. 2 и 5).

Различия в конкретных формулировках закономерностей формирования системных организаций, подобных СИЗ, могут быть связаны с особенностями субстрата, на котором реализованы модели развивающихся взаимодействий (например, нейроны или иные компоненты организма), онтологии носителей формирующихся новообразований (например, индивиды или группы индивидов) и форм взаимодействий этих носителей с предметными областями (или с миром).

ЛИТЕРАТУРА

- Аверкин А.Н., Гаазе-Рапопорт М.Г., Поспелов Д.А. Толковый словарь по искусственному интеллекту. М.: Радио и связь, 1992.
- Аверкин А.Н., Блишун А.Ф., Гаврилова Т.А., Осипов Г.С. Приобретение и формализация знаний // Искусственный интеллект. М.: Радио и связь, 1990. Кн. 2. С. 65–75.
- Адельсон-Вельский Г.М., Арлазоров В.Л., Донской М.В. Программирование игр. М.: Наука, 1978.
- Адельсон-Вельский Г.М., Арлазоров В.Л., Битман А.Р., Донской М.В. Машина играет в шахматы. М.: Наука, 1983.
- Акимова М.К., Борисова Е.М., Гуревич К.М., Зархин В.Г., Козлова В.Т., Логинова Г.П., Раевский А.М., Ференс Н.А. ШТУР-2. Школьный тест умственного развития. М.: 1996.
- Александров И.О. Психофизиологическое исследование поведения человека и животных при обнаружении сигнала // Психофизика дискретных и непрерывных задач. М.: Наука, 1985. С. 195–228.
- Александров И.О. Активность корковых нейронов при различных исходах обнаружения сигнала // Нейроны в поведении: системные аспекты. М.: 1986. С. 194–206.
- Александров И.О., Максимова Н.Е. Функциональное значение колебания R_{300} с точки зрения психофизиологического анализа структуры поведения // Психол. журн. 1985, Т. 6. № 3. С. 86–95.
- Александров И.О., Максимова Н.Е. Познание, субъективный опыт и медленные потенциалы мозга: предварительные результаты // Психофизиология познавательных процессов. Материалы III советско-финского симпозиума по психофизиологии. М.: Изд-во «Институт психологии АН СССР», 1988. С. 32–38.
- Александров И.О., Максимова Н.Е. О виртуальности компонентов индивидуального знания на ранних стадиях их формирования // Виртуальная реальность в психологии и искусственном интеллекте / Под ред. Д.А. Поспелова. Составитель Н.В. Чудова. М.: Российская ассоциация искусственного интеллекта, 1998. С. 61–82.
- Александров И.О., Максимова Н.Е. Экспериментальная методология Я.А. Пономарева и принцип реконструкции // Психология творчества: Школа Я.А. Пономарева. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2006. С. 327–349.
- Александров Ю.И. Психофизиологическое значение активности центральных и периферических нейронов в поведении. М.: Наука, 1989.
- Александров Ю.И. Системная психофизиология // Психофизиология / Под ред. Ю.И. Александрова. СПб.: Питер, 2001. С. 263–324.
- Александров Ю.И. Введение в системную психофизиологию // Психология XXI века / Под ред. В.Н. Дружинина. М.: Пэр Сэ, 2003. С. 39–85.
- Александров Ю.И. Научение и память: Системная перспектива. Вторые симоновские чтения. М.: Изд-во РАН, 2004а.
- Александров Ю.И. Системогенез и смерть нейронов // Нейрохимия. 2004б, Т. 21. № 1. С. 5–14.
- Александров Ю.И. Научение и память: традиционный и системный подходы. // Журн. высшей нервной деят. 2005. Т. 55. Вып. 62. С. 842–860.
- Александров Ю.И., Александров И.О. Активность нейронов зрительной и моторной областей коры мозга при осуществлении поведенческого акта с открытыми и закрытыми глазами // Журн. высшей нервной деят. 1980. Т. 31. Вып. 6. С. 1179–1189.
- Александров Ю.И., Греченко Т.Н., Гаврилов В.В. и др. Закономерности формирования и реализации индивидуального опыта // Журн. высшей нервной деят. 1997. Т. 47. Вып. 2. С. 243–260.
- Александров Ю.И., Гринченко Ю.В. Методика фотоэлектрической регистрации отдельных составляющих движений нижней челюсти // Физиол. журн. СССР им. И.М. Сеченова. 1977. Т. 63. № 7. С. 1062–1064.
- Александров Ю.И., Гринченко Ю.В. Иерархическая организация элементарного поведенческого акта // Системные аспекты нейрофизиологии поведения. М.: Наука, 1979. С. 170–234.
- Александров Ю.И., Гринченко Ю.В., Хвастунов Р.М. Иерархическая организация поведения // Успехи физиол. наук. 1980. Т. 11. № 4. С. 115–144.
- Александров Ю.И., Гринченко Ю.В., Швырков В.Б., Ярвилехто Т., Самс М. О детерминации активности нейронов моторной коры в поведении // Психол. журн.. 1983. Т. 4. № 2. С. 74–86.
- Александров Ю.И., Швырков В.Б. Латентные периоды и синхронность разрядов нейронов зрительной и соматосенсорной коры в ответ на условную вспышку света // Нейрофизиология. 1974. Т. 6. № 5. С. 551–554.
- Александров Ю.И., Шевченко Д.Г. Научная школа «Системная психофизиология» // Психол. журн. 2004. Т. 25. № 6. С. 93–100.
- Алпатов В.М. История лингвистических учений. М.: Языки русской культуры, 1998.
- Андерсон Дж. Когнитивная психология. СПб.: Питер, 2002.
- Анохин К.В., Судаков К.В. Системная организация поведения: новизна как фактор, детерминирующий экспрессию генов в мозге при обучении // Успехи физиол. наук. 1993. Т. 24. № 3. С. 53–70.
- Анохин К.В. Молекулярные сценарии консолидации долговременной памяти // Журнал высшей нервной деят. 1997. Т. 47. № 2. С. 261–279.
- Анохин К.В. Психофизиология и молекулярная генетика мозга // Психофизиология. Учебник для вузов / Под ред. Ю.И. Александрова. СПб.: Питер, 2001. С. 407–427.
- Анохин П.К. Методологический анализ узловых проблем условного рефлекса // Ред. П.Н. Федосеев и др. / Философские вопросы физиологии высшей нервной деятельности и психологии. М.: Изд-во АН СССР, 1963. С. 156–214.
- Анохин П.К. Биология и нейрофизиология условного рефлекса. М.: Медицина, 1968.
- Анохин П.К. Системный анализ интегративной деятельности нейрона // Успехи физиол. наук. 1974а. Т. 5. Вып. 2. С. 5–92.
- Анохин П. К. Проблема принятия решения в психологии и физиологии // Вопр. психологии. 1974б. № 4. С. 21–29.
- Анохин П.К. Принципиальные вопросы общей теории функциональных систем // Очерки по физиологии функциональных систем. М.: Медицина, 1975а. С. 17–62.

- Анохин П.К. Системогенез как общая закономерность развития мозга // Очерки по физиологии функциональных систем. М.: Медицина, 1975б. С. 273–306.
- Анохин П.К. Методологическое значение кибернетических закономерностей // Очерки по физиологии функциональных систем. М.: Медицина, 1975в. С. 322–346.
- Анохин П.К. Системогенез как общая закономерность эволюционного процесса // Философские аспекты теории функциональной системы. Избранные труды. М.: Наука, 1978. С. 125–151.
- Анцыферова Л.И. Методологические принципы и проблемы психологии // Л.И. Анцыферова. Развитие личности и проблемы геронтопсихологии. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2004. С. 167–189.
- Арнольд В.И. Теория катастроф. М.: Наука, 1990.
- Артемяева Е.Ю. Психология субъективной семантики. М.: Изд-во МГУ, 1980.
- Артемяева Е.Ю. Природа элементов семантического слоя субъективного опыта // Деятельностный подход в психологии: проблемы и перспективы / Под ред. В.В. Давыдова и Д.А. Леонтьева. М.: АПН СССР, 1990. С. 170–179.
- Артемяева Е.Ю. Основы психологии субъективной семантики. М.: Наука, Смысл, 1999.
- Ата-Мурадова Ф.А. Развивающийся мозг: Системный анализ. М.: Медицина, 1980.
- Аткинсон Р., Бауэр Г., Кротерс Э. Введение в математическую теорию обучения. М.: Мир, 1969.
- Ашмарин И.П. Загадки и откровения биохимии памяти. Л.: Изд-во ЛГУ, 1975.
- Бандура А., Уолтерс Р. Возникновение новых ответов при обучении посредством наблюдения // Современная зарубежная социальная психология: Тексты / Ред. Г.М. Андреева, Н.Н. Богомолова, Л.А. Петровская. М.: Изд-во МГУ, 1984. С. 55–60.
- Барабанщиков В.А. Динамика зрительного восприятия. М.: Наука, 1990.
- Барабанщиков В.А. Системогенез чувственного восприятия. М.-Воронеж: МПСИ, 2000.
- Барабанщиков В.А. Психологические механизмы зрительного процесса / Восприятие экспрессии лица // Восприятие и событие. СПб.: Алетейя, 2002.
- Барабанщиков В.А. Принцип системности в современной психологии: основания, проблемы, тенденции развития // Идея системности в современной психологии / Под ред. В.А. Барабанщикова. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2005. С. 9–47.
- Бардин К.В. Проблема порогов чувствительности и психофизические методы. М.: Наука, 1976.
- Бардин К.В., Барабанщиков В.А., Митькин А.А. Исследования сенсорно-перцептивных процессов // Тенденции развития психологической науки / Б.Ф. Ломов, Л.И. Анцыферова (ред.), М.: Наука, 1989. С. 60–77.
- Баттерворт Дж., Харрис М. Принципы психологии развития. М.: Когито-Центр 2000.
- Бауэр Т. Психическое развитие младенца. М.: Прогресс, 1969.
- Безденежных Б.Н. Динамика взаимодействия функциональных систем в структуре деятельности. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2004.
- Безденежных Б.Н., Пашина А.Х. Структура ЭЭГ-активности при печатании предложения на пишущей машинке // ЭЭГ и нейрональная активность в психофизиологических исследованиях / Под ред. В.Б. Швыркова, В.М. Русалова, Д.Г. Шевченко. М.: Наука, 1987. С. 185–197.
- Безденежных Б.Н., Швырков В.Б. Изменения фазной вызванной активности корковых нейронов при ионофоретическом приложении глутамата, ГАМК и атропина // Нейрофизиология, 1976. Т. 8. № 2. С. 192–195.
- Белвуд П. Австронезийское расселение и происхождение языков // В мире науки. 1991. № 9. С. 60–66.
- Белоусов Л.В. Проблемы эмбрионального морфогенеза // Математическая биология развития. М.: Наука, 1982. С. 102–111.
- Бентли Дж. Межкультурные взаимодействия и периодизация всемирной истории // Время мира. Вып. 2. Структуры истории / Под ред. Н.С. Розова. Новосибирск: Сибирский хронограф, 2001. С. 171–203.
- Бернштейн Н.А. Очерки по физиологии движений и физиологии активности. М.: Медицина, 1966.
- Бехтерева Н.П. Нейрофизиологические аспекты психической деятельности человека. Л.: Медицина, 1971.
- Бикертон Д. Креольские языки // В мире науки. 1983. № 9. С. 80–88.
- Бирюков С.Д. Психогенетика // Психология XXI века / Под ред. В.Н. Дружинина. М.: Пэр Сэ, 2003. С. 513–525.
- Блауберг И.В. Часть и целое // Философская энциклопедия. Т. 5. М.: Советская энциклопедия, 1970. С. 474–476.
- Болинджер Д. Истина — проблема лингвистическая // Язык и моделирование социального взаимодействия. Под общ. ред. В.В. Петрова. М.: Прогресс, 1987. С. 23–125.
- Бороздина Л.В. Зрительная деятельность наблюдателя при обнаружении порогового сигнала // Исследование зрительной деятельности человека. М.: Изд-во МГУ, 1973. С. 153–166.
- Ботвинник М. Шахматный метод решения переборных задач. М.: Советский спорт, 1989.
- Брунер Дж.С. О познавательном развитии: I // Исследование развития познавательной деятельности. / Дж.С. Брунер, Р. Олвер, П. Гринфилд (ред.). М.: Педагогика, 1971. С. 25–56.
- Брунер Дж.С. Психология познания. М.: Прогресс, 1977.
- Брушлинский А.В. Мышление и прогнозирование. М.: Мысль, 1979.
- Брушлинский А.В. Психология субъекта. СПб.: Алетейя, 2003.
- Брушлинский А.В., Абульханова-Славская К.А. Философско-психологическая концепция С.Л. Рубинштейна. М.: Наука, 1989.
- Бунге М. Философия физики. М.: Прогресс, 1975.
- Бурлачук Л.Ф., Морозов С.М. Словарь-справочник по психодиагностике. СПб.: ПитерКом, 1999.
- Вайнберг С. Первые три минуты: Современный взгляд на происхождение Вселенной. М.: Энергоиздат, 1981.
- Вартофский М. Модели. Репрезентация и научное понимание. М.: Прогресс, 1988.
- Варфоломеев С.Д., Гуревич К.Г. Биокинетика: Практический курс. М.: ФАИР-ПРЕСС, 1999.
- Васильев В.А., Романовский Ю.М., Черновский Д.С. Элементы теории диссипативных структур: связь с проблемами структурообразования // Математическая биология развития. М.: Наука, 1982. С. 82–101.
- Василук Ф.Е. К проблеме единства общепсихологической теории // Вопросы философии. 1986. № 10. С. 76–86.
- Вейр Б. Анализ генетических данных. М.: Мир, 1995.
- Веккер Л.М. Психические процессы. Т. 1. Л.: Изд-во ЛГУ, 1976.
- Величковский Б.М. Современная когнитивная психология. М.: Изд-во МГУ, 1982.
- Венда В.Ф. Перспективы развития психологической теории обучения операторов // Психол. журн. 1980. Т. 1. № 4. С. 48–63.
- Вергеймер М. Продуктивное мышление. М.: Прогресс, 1987.
- Викторов И.В. Стволовые клетки мозга млекопитающих: биология стволовых клеток // Известия АН. Серия биологическая. 2001. № 6. С. 646–655.

- Виноградов В.А. Пиджины // Языкознание. Большой энциклопедический словарь / Гл. ред. В.Н. Ярцева. М.: Большая Российская энциклопедия. 1998. С. 374.
- Воронцов Н.Н. Развитие эволюционных идей в биологии. М.: Издат. отдел УНЦ ДО МГУ, Прогресс-Традиция, АБФ, 1999.
- Вольф Х. Метафизика // Христиан Вольф и философия в России. СПб.: РХГИ, 2001
- Выготский Л.С. Развитие высших психических функций. М.: Изд-во АПН РСФСР, 1960.
- Выготский Л.С. Из неизданных материалов. Психология грамматики. М.: Педагогика, 1968.
- Вудвортс Р. Экспериментальная психология. М.: Изд-во иностр. лит., 1950.
- Галл Я. М., Тахтаджян А. Л. Предисловие // Дарвин Ч. Происхождение видов путем естественного отбора. Л.: Наука, 1991.
- Гальперин П.Я. Методы обучения и умственное развитие ребенка. М., 1985.
- Гарднер М. Крестик-нолики. М.: Мир, 1988.
- Гердер И.Г. Идеи к философии истории человечества. М.: Наука, 1977.
- Герман О.В. Введение в теорию экспертных систем и обработку знаний. Минск: ДизайнПРО, 1995.
- Гиббс У. «Теневая» часть генома: за пределами ДНК // В мире науки. 2004. № 3. С. 65–71.
- Гибсон Дж. Экологический подход к зрительному восприятию. М.: Прогресс, 1988.
- Гиляров М.С. (ред.), Биологический энциклопедический словарь. М.: Советская энциклопедия, 1989.
- Голубева Э.А. Способности. Личность. Индивидуальность. Дубна: Феникс+, 2005.
- Горкин А.Г. Зависимость специализации нейронов от способа выполнения пищедобывательного поведения // Нейроны в поведении: системные аспекты / Под ред. В.Б. Швыркова. М.: Наука, 1986. С. 270–277.
- Горкин А.Г. Поведенческая специализация нейронов коры на ранних этапах обучения // ЭЭГ и нейрональная активность в психофизиологических исследованиях / Под ред. В.Б. Швыркова, В.М. Русалова, Д.Г. Шевченко. М.: Наука, 1987. С. 73–80.
- Горкин А.Г. Психофизиология научения // Психофизиология. Учебник для вузов / Под ред. Ю.И. Александрова. СПб.: Питер, 2001. С. 325–341.
- Горкин А.Г., Шевченко Д.Г. Стабильность поведенческой специализации нейронов // Журн. высшей нервной деят. 1990. Т. 40. № 2. С. 291–300.
- Горкин А.Г., Шевченко Д.Г. Отражение структуры памяти в активности системоспецифичных нейронов // Психол. журн. 1991. Т. 12. № 2. С. 60–69.
- Горкин А.Г., Шевченко Д.Г. Различия в активности нейронов лимбической коры кроликов при разных стратегиях обучения // Журн. высшей нервной деят. 1995. Т. 45. № 1. С. 90–100.
- Горюнова Н.Б., Дружинин В.Н. Операциональные дескрипторы когнитивного ресурса и продуктивность решения тестовых задач и задач-головоломок // Психол. журн. 2001. Т. 22. № 4. С. 21–29.
- Григорьева С.А., Григорьев Н.В., Крейдлин Г.Е. Словарь русского языка жестов. М.-Вена: Язык русской культуры; Венский славистический альманах, 2001.
- Гринченко Ю.В. Нейрофизиологические механизмы смены отдельных актов в сложном поведении // Системные аспекты нейрофизиологии поведения. М.: Наука. 1979. С. 19–71.
- Гринченко Ю.В., Швырков В.Б. Простой микроманипулятор для исследования нейронной активности у кроликов в свободном поведении // Журн. высшей нервной деят. 1974. Т. 24. № 4. С. 870–873.
- Гуревич К.М., Акимова М.К., Борисова Е.М., Козлова В.Т., Логинова Г.П. ГИТ. Групповой интеллектуальный тест для младших подростков. Обнинск: Принтер, 1993а.
- Гуревич К.М., Акимова М.К., Борисова Е.М., Козлова В.Т., Логинова Г.П. Руководство к применению теста структуры интеллекта Рудольфа Амтхауэра. Обнинск: Принтер, 1993б.
- Гусев А.Н. Дисперсионный анализ в экспериментальной психологии. М.: Учебно-методический коллектор «психология», 2000.
- Давыдов В.В. Виды обобщения в обучении. М.: Педагогика, 1972.
- Давыдов В.В. Проблемы развивающего обучения: Опыт теоретического и экспериментального психологического исследования. М.: Педагогика, 1986.
- Дарвин Ч. Происхождение видовъ путемъ естественнаго отбора или сохранение избранныхъ породъ въ борьбе за жизнь. С.-Петербургъ: Издание О.Н. Поповой, 1896.
- Деренко М.В., Маларчук Б.А. Генетическая история коренного населения Северной Азии // Природа. 2002. № 10. С. 69–76.
- Джемс У. Научные основы психологии. М., 1902.
- Дильтей В. Описательная психология. М.: Алетейя, 1996.
- Докинз Р. Эгоистичный ген. М.: Мир, 1993.
- Доскин В.А., Келлер Х., Мураенко Н.М., Тонкова-Ямпольская Р.В. Морфофункциональные константы детского организма: Справочник. М.: Медицина, 1997.
- Дружинин В.Н. Психология общих способностей. М.: Лантерна; Вита, 1995.
- Дружинин В.Н. Экспериментальная психология. М., 1996.
- Дункер К. Качественное (экспериментальное и теоретическое) исследование продуктивного мышления // Психология мышления. М.: Прогресс, 1965а. С. 21–85.
- Дункер К. Психология продуктивного (творческого) мышления // Психология мышления. М.: Прогресс, 1965б. С. 86–234.
- Дьяков И.П., Петровский П.В., Рудик П.А. Психология шахматной игры. М.: Физкультура и спорт, 1926.
- Евстигнеев В.А., Касьянов В.Н. Толковый словарь по теории графов в информатике и программировании. Новосибирск: Наука, 1999.
- Журавлев А.Л. Психологические особенности коллективного субъекта // Проблема субъекта в психологической науке. М.: Академический проект, 2000.
- Забродин Ю.М., Носуленко В.Н., Пахомов А.П. Динамические аспекты процесса обнаружения // Психофизика сенсорных систем. М.: Наука, 1979. С. 9–45.
- Завалишина Д.Н. К проблеме формирования стратегии при решении дискретных оперативных задач // Вопросы психологии. 1965. № 5, С. 71–81.
- Завалишина Д.Н. Психологический анализ оперативного мышления. М.: Наука, 1985.
- Зинченко В.П., Величковский Б.М., Вучетич Г.Г. Функциональная структура памяти. М.: Изд-во МГУ, 1980.
- Зинченко В.П. (ред.). Психологический словарь. М., 1986.
- Зотин А.И., Преснов Е.В. (ред.) Математическая биология развития. М.: Наука, 1982.
- Зубрицкая Е. Фонология // Фундаментальные направления современной американской лингвистики / Под ред. Кибрика, И.М. Кобозевой и И.А. Секериной. М.: Изд-во МГУ. 1997. С. 168–206.
- Иванов Вяч. Вс. Глоттохронология // Языкознание. Большой энциклопедический словарь / Гл. ред. В.Н. Ярцева. М.: Большая Российская энциклопедия, 1998. С. 109–110.
- Кант И. Критика чистого разума. М.: Мысль, 1994.

- Кануников И.Е. Условная негативная волна (CNV) как электрофизиологический показатель психической деятельности. Сообщение 1: Феноменология CNV. Сообщение 2: Психофизиологическая значимость и нейрогенез CNV // Физиология человека. 1980. Т.6. № 3. С. 505–530.
- Карлсон Б. Основы эмбриологии по Пэттену. М.: Мир, 1983. Т. 1.
- Карпов А.П. Активность нейронов обонятельной луковицы в пищедобывательном поведении // Системные аспекты нейрофизиологии поведения. М.: Наука, 1979. С. 111–145.
- Картель Н.А., Макеева Е.Н., Мезенко А.М. Генетика. Энциклопедический словарь. Мн.: Тэхналогія, 1999.
- Кастлер Г. Возникновение биологической организации. М.: Мир, 1967.
- Кёлер В. Исследование интеллекта человекоподобных обезьян. М.: Изд-во коммунистической академии, 1930.
- Кибрик А.А. (ред.) Фундаментальные направления современной американской лингвистики / Под. ред. А.А. Кибрика, И.М. Кобозевой и И.А. Секериной. М.: Изд-во МГУ. 1997.
- Когилл Дж.Э. Анатомия и проблема поведения. Анатомия против рефлексологии. М.-Л.: Гос. изд-во биол. и мед. литературы, 1934.
- Козелецкий Ю. Психологическая теория решений. М.: Прогресс, 1979.
- Колесник И.Г. Эволюция звезд // Физика космоса. Гл. ред. С.Б. Пикельнер. М.: Сов. Энциклопедия, 1976. С. 626–635.
- Коломеец М.В., Александров И.О., Максимова Н.Е. Отображение эпигенетических траекторий в кривых научения // Ежегодник Российского психол. об-ва. Матер. III Всероссийского съезда психологов. 25–28 июня 2003 г. Изд-во С.-Петербургского ун-та, 2003. Т. 4. С. 319–322.
- Кондаков Н.И. Логический словарь. М.: Наука, 1971.
- Кондратьева И.Н., Корольова Т.А., Шульгина Г.И., Элькина Г.А. Изменения импульсных реакций нейронов и вызванных ответов зрительной коры кролика при выработке условного рефлекса // Журн. высшей нервной деят. 1970. Т. 20. Вып. 5. С. 1000.
- Конорски Ю. Интегративная деятельность мозга М.: Мир, 1970.
- Кордюм В.А. Эволюция и биосфера. Киев: Наукова думка, 1982.
- Корнилова Т.В. Методологические проблемы психологии принятия решений // Психол. журн. 2005. Т. 26. № 1. С. 7–17.
- Корочкин Л.И., Михайлов А.Т. Введение в нейрогенетику. М.: Наука, 2000.
- Котляр Б.И. Нейробиологические основы обучения. М.: Наука, 1989.
- Кремьянский В.И. Методологические проблемы системного подхода к информации. М.: Наука, 1977.
- Критская В.П., Мелешко Т.К. Дефицит потребности в общении и особенности развития личности // Психол. журн. 1997. Т. 18. № 3. С. 98–108.
- Крогиус Н.В. Личность в конфликте. Изд-во Саратовского ун-та, 1976.
- Крогиус Н.В. Психологическая подготовка шахматиста. М.: Изд-во МГУ, 1979.
- Крышталь О.А. Электрическая возбудимость тела нервной клетки // Общая физиология нервной системы. Л.: Наука, 1979. С. 112–148.
- Кун Т. Структура научных революций. 2-е изд. М.: Прогресс, 1977.
- Кэмпбелл Д. Модели экспериментов в социальной психологии и прикладных исследованиях. М.: Прогресс, 1980. 1-е изд.; СПб.: Социально-психологический центр, 1996. 2-е изд.
- Кэндел Э.Р., Хокинс Р.Д. Биологические основы обучения и индивидуальности // В мире науки. 1992. № 11–12. С. 43 – 51.
- Кэнделл М. Временные ряды. М.: Финансы и статистика, 1981.
- Лакатос И. Фальсификация и методология научно-исследовательских программ. М.: Московский философский фонд; Медиум, 1995.
- Лабунская В.А. Экспрессия человека: общение и межличностное познание, Р.-н.-Д.: «Феникс», 1999.
- Левит Г., Майстер К. Идеология метода в немецкой эволюционной и идеалистической морфологии первой половины XX века // Эволюционная морфология от К. Гегенбаура до современности. СПб.: Fineday press, 2004. С. 93–111.
- Лейбниц Г.В. Два отрывка о свободе // Сочинения. Т. 1. М.: Мысль. 1982. С. 307–317.
- Лейбниц Г.В. Новые опыты о человеческом разумении автора системы предустановленной гармонии // Сочинения. Т. 2. М.: Мысль, 1983. С. 47–545.
- Лем С. Этика технологии и технология этики. Модель культуры. Пермь: РИФ «Беремот»; М.: Лаборатория теории и истории культуры ИНИОН РАН, 1998.
- Леонтьев А.А. Психоллингвистика // Б.Ф. Ломов, Л.И. Анцыферова (ред.). Тенденции развития психологической науки. М.: Наука, 1989. С. 144–155.
- Леонтьев А.Н. Потребности, мотивы, эмоции. Конспект лекций. М.: Изд-во МГУ, 1971.
- Леонтьев А.Н. Деятельность, сознание, личность. М.: Политиздат, 1975.
- Леонтьев А.Н. Проблемы развития психики. М.: Изд-во МГУ, 1981.
- Леонтьев А.Н. Опыт структурного анализа цепных ассоциативных рядов // Избранные психологические произведения. М.: Педагогика, 1983. С. 50–71.
- Леттвин Дж., Матурана Г., Мак-Каллок У., Питтс У. Что сообщает глаз лягушки мозгу лягушки // В кн.: Электроника и кибернетика в биологии и медицине. М.: ИЛ, 1963.
- Ливанов М.Н. Пространственная организация процессов головного мозга. М.: Наука, 1972.
- Линдсей П., Норман Д. Переработка информации у человека. М.: Мир, 1974.
- Ломов Б.Ф. Методологические и теоретические проблемы психологии. М.: Наука, 1984.
- Ломов Б.Ф. Проблема психического отражения в трудах А.Н. Леонтьева // Б.Ф. Ломов. Системность в психологии. Избр. психол. труды. М.-Воронеж: Изд-во «Институт практической психологии», 1996. С. 322–338.
- Лоренцо О., Мачадо А. В защиту теории Пиаже: ответ на десять основных пунктов критики // Жан Пиаже: теория, эксперименты, дискуссии: Сб. статей / Сост. и общ. ред. Д.Ф. Обуховой и Г.В. Бурменской. М.: Гардарики, 2001. С. 487–543.
- Луман Н. Эволюция. М.: Логос, 2005.
- Луман Н. Дифференциация. М.: Логос, 2006.
- Лысенко Т.Д. Агробиология. М.: Сельхозгиз, 1948.
- Лэмб М. Биология старения. М.: Мир, 1980.
- Максимова Н.Е. Соотношение биопотенциалов мозга человека с системными процессами поведенческого акта // Системные аспекты нейрофизиологии поведения. М.: Наука, 1979. С. 266–277.
- Максимова Н.Е., Александров И.О. Типология медленных потенциалов, нейрональная активность и системная организация поведения // ЭЭГ и нейрональная активность в психофизиологических исследованиях / Под ред. В.Б. Швыркова, В.М. Русалова, Д.Г. Шевченко. М.: Наука, 1987. С. 44–72.
- Максимова Н.Е., Александров И.О., Тихомирова И.В., Филиппова Е.В., Никитин Ю.Б. Соотношение грамматики и семантики высказываний со структурой индивидуального знания (к проблеме рационального-интуитивного) // Психол. журн. 1998. Т. 19. № 3. С. 63–83.
- Максимова Н.Е., Александров И.О., Тихомирова И.В., Филиппова Е.В. Типология интуитивного-рационального и формирование структуры индивидуального знания // Психол. журн. 2001. Т. 22. № 1. С. 43–60.

- Малиновский А.А. Теория структур и ее место в системном подходе // Ответы на вопросы. Системные исследования. Ежегодник. М.: Наука, 1970. С. 10–79.
- Малых С.Б., Егорова М.С., Мешкова Т.А. Основы психогенетики. М.: Эпидавр, 1998.
- Мандельброт Б. Фрактальная геометрия природы. М.: Ин-т компьютерных исследований, 2002.
- Матурана У.Р., Варела Ф.Х. Древо познания. М.: Прогресс-Традиция, 2001.
- Меграбян А. Психодиагностика невербального поведения. СПб.: Речь, 2001.
- Мелик-Гайказян И.В. Информационные процессы и реальность. М.: Наука, Физматгиз, 1998.
- Меркулов И.П. Эволюционная эпистемология: история и современные подходы // В кн.: Эволюция, культура, познание. М.: Ин-т философии РАН, 1996.
- Мечковская Н.Б. Общее языкознание: Структурная и социальная типология языков. М.: Флинта: Наука, 2001.
- Микиша А.М., Орлов В.Б. Толковый математический словарь. М.: Русский язык, 1988.
- Минский М. Фреймы для представления знаний. М.: Энергия, 1979.
- Михайлова (Алешина) Е.С. Методика исследования социального интеллекта. Адаптация теста Дж. Гилфорда и М. Салливена. Руководство по использованию. СПб: ГП «Иматон», 1996.
- Монпелье Ж. де. Научение // Экспериментальная психология / Под ред. П. Фресса, Ж. Пиаже. М.: 1973. С. 59–137.
- Мэлоун Т.У., Рокарт Дж.Ф. Компьютеры, сети и корпорация // В мире науки. 1991. № 11. С. 72–81.
- Мэннинг П. Проблема взаимодействий во Всемирной истории // Время мира. Вып. 2. Структуры истории. Под ред. Н.С. Розова. Новосибирск: Сибирский хронограф, 2001. С. 204–221.
- Мякишев Г.Я. Виртуальные частицы // Д.В. Ширков (ред.). Физика микромира. М.: Советская энциклопедия, 1980.
- Мюллер П., Нойман П., Шторм Р. Таблицы по математической статистике. М.: Финансы и статистика, 1982.
- Назаров В.И. Эволюция не по Дарвину: смена эволюционной модели. М.: КомКнига, 2005.
- Найссер У. Познание и реальность. Смысл и принципы когнитивной психологии. М.: Прогресс, 1981.
- Новиков Д.А. Закономерности итеративного научения. М.: Институт проблем управления РАН, 1998.
- Норман Д. Память и научение. М.: Мир, 1985.
- Обухова Л.Ф. Теория Жана Пиаже: за и против. М.: Изд-во МГУ, 1981.
- Обухова Л.Ф. Детская психология: теории, факты, проблемы. М.: Тривола, 1995.
- Обухова Л.Ф. Ученый, изменивший лицо современной психологии // Жан Пиаже: теория, эксперименты, дискуссии: Сб. статей / Сост. и общ. ред. Д.Ф.Обуховой и Г.В. Бурменской. М.: Гардарики, 2001. С. 32–35.
- Овчинников Н. Структура // Философская энциклопедия. Т. 5. М.: Советская энциклопедия, 1970. С. 140–141.
- Олдендерфер Р.К., Блэзишфилд Р.К. Кластерный анализ // Факторный, дискриминантный и кластерный анализ / Под ред. И.С. Енюкова. М.: Финансы и статистика, 1989. С. 139–214.
- Олерон Ж. Перенос // Экспериментальная психология / Под ред. П. Фресса, Ж. Пиаже. М., 1973. С. 138–208.
- Осипов Г.С. Приобретение знаний интеллектуальными системами. М.: Наука, 1997.
- Осуга С. Обработка знаний. М.: Мир, 1989.
- Осуга С., Сазка Ю. Приобретение знаний. М.: Мир, 1990.
- Оуэн Г. Теория игр. М.: Мир, 1971.
- Павилёнис В.М. Проблема смысла. М.: Мысль, 1983.
- Петренко В.Ф. Психосемантика сознания. М.: Изд-во МГУ, 1988.
- Петренко В.Ф. Основы психосемантики. Смоленск: Изд-во Смоленского гуманитарного университета, 1997.
- Петренко В.Ф. Конструктивистская парадигма в психологической науке // Психол. журн. 2002. Т. 23. № 3. С. 113–121.
- Петровский А.В., Ярошевский М.Г. (ред.). Краткий психологический словарь. М.: Политиздат, 1985.
- Петровский А.В., Ярошевский М.Г. История психологии. М.: Изд-во РГГУ, 1996.
- Пиаже Ж. Избранные психологические труды // Психология интеллекта. Генезис числа у ребенка. Логика и психология. М.: Просвещение, 1969.
- Пиаже Ж. Речь и мышление ребенка. М.: Педагогика-Пресс, 1994.
- Пиаже Ж. Теория Пиаже // Жан Пиаже: теория, эксперименты, дискуссии: Сб. статей / Сост. и общ. ред. Д.Ф.Обуховой и Г.В. Бурменской. М.: Гардарики, 2001. С. 106–157.
- Пиаже Ж., Инельдер Б. Генезис элементарных логических структур. Классификация и сериация. М.: ЭКСМО-Пресс, 2002.
- Платонов К. К. Краткий психологический словарь-хрестоматия. М.: Высш. шк., 1974.
- Пономарев Я.А. Знание, мышление и умственное развитие. М.: Педагогика, 1967.
- Пономарев Я.А. Психология творчества. М.: Наука, 1976.
- Пономарев Я.А. Методологическое введение в психологию. М.: Наука, 1983.
- Пономарев Я.А. О предмете системного подхода и степени его развития (на примере психологии творчества) // Психология творчества: Школа Я.А. Пономарева. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2006. С. 275–281.
- Понугаева А.Г. Импринтинг (запечатлевание). Л.: Наука, 1973.
- Попов И.Ю. Ортогенез против дарвинизма. Историко-научный анализ концепций направленной эволюции. СПб.: Изд-во СПбГУ, 2005.
- Поппер К.Р. Эволюционная эпистемология и логика социальных наук: Карл Поппер и его критики / Сост. Д.Г. Лахути, В.Н. Садовского и В.К. Финна. Ред. В.Н. Садовский. М.: Эдиториал УРСС, 2000а. С. 57–75.
- Поппер К.Р. Мир предрасположенностей // Эволюционная эпистемология и логика социальных наук: Карл Поппер и его критики / Сост. Д.Г. Лахути, В.Н. Садовского и В.К. Финна. Ред. В.Н. Садовский. М.: Эдиториал УРСС, 2000б. С. 176–193.
- Поспелов Д.А. (ред.). Представление знаний // Искусственный интеллект. М.: Радио и связь, 1990. Кн. 2. С. 7–64.
- Поспелов Д.А. Данные и знания // Искусственный интеллект. М.: Радио и связь, 1990. Кн. 2. С. 7–13.
- Пригожин И. От существующего к возникающему. М.: Наука, 1985.
- Пригожин И. Конец определенности. Время, хаос и новые законы природы. Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2001.
- Пригожин И., Кондепуди Д. Современная термодинамика. М.: Мир, 2002.
- Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса. Новый диалог человека с природой. М.: Прогресс, 1986.
- Пригожин И., Стенгерс И. Время, хаос, квант. М.: Издательская группа «Прогресс», 1994.

- Прохоров Ю.В. (ред.). Математический энциклопедический словарь. М.: Советская энциклопедия, 1988.
- Равич-Щербо И.В., Марютина Т.М., Григоренко Е.А. Психогенетика. М.: Аспект Пресс, 2000.
- Радченко А.Н. Моделирование основных механизмов мозга. Л.: Наука, 1968.
- Рапопорт А. Системный подход в психологии // Психол. журн. 1994. Т. 15. № 3. С. 3–16.
- Ребеко Т.А. Ментальная репрезентация как формат хранения информации // Ментальная репрезентация: динамика и структура. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 1998а. С. 25–54.
- Ребеко Т.А. Некогерентность параметров времени и точности ответа (в задаче попарного симультанного опознания) // Ментальная репрезентация: динамика и структура. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 1998б. С. 55–76.
- Ребеко Т.А. Память // Когнитивная психология. Учебник для вузов / Под ред. В.Н. Дружинина, Д.В. Ушакова. М.: 2002а. С. 79–114.
- Ребеко Т.А. Ментальная репрезентация // Когнитивная психология. Учебник для вузов / Под ред. В.Н. Дружинина, Д.В. Ушакова. М.: ПЕР СЭ, 2002б. С. 115–144.
- Реммидт Х. Подростковый и юношеский возраст. Проблемы становления личности. М.: Мир, 1994.
- Ришар Ж.-Ф. Ментальная активность. Понимание, рассуждение, нахождение решений. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 1998.
- Роллер Э. Открытие основных законов жизни. М.: Мир, 1978.
- Рорти Р. Философия и зеркало природы. Новосибирск: Изд-во новосибирского ун-та, 1997.
- Рубинштейн С.Л. Принципы и пути развития психологии. М.: Изд-во АН СССР, 1959.
- Рубинштейн С.Л. Человек и мир // Проблемы общей психологии. М.: Педагогика, 1973. С. 255–385.
- Садовский В.Н. Основания общей теории систем. М.: Наука, 1974.
- Сварник О.Е. Формирование индивидуального опыта и его нейрогенетическое обеспечение: экспрессия генов *c-fos*. Автореф. дисс.... канд. психол. наук. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2003.
- Сварник О.Е., Анохин К.В., Александров Ю.И. Распределение поведенчески специализированных нейронов и экспрессия транскрипционного фактора *c-Fos* в коре головного мозга крыс при научении // Журн. высшей нервной деят. 2001. Т. 51. №6. 758–761.
- Северцов А.Н. Эволюция и психика. М.: Изд-во Калашниковых, 1922.
- Северцов А.С. Теория эволюции. М.: Гуманитар. изд. центр ВЛАДОС, 2005.
- Сегал Д., Сенокосов Ю. Структурализм. Философская энциклопедия. Т. 5. М.: Советская энциклопедия, 1970. С. 144 – 146.
- Сергиенко Е.А. Когнитивное развитие // Когнитивная психология. Учебник для вузов / Под ред. В.Н. Дружинина, Д.В. Ушакова. М.: ПЭР СЭ, 2002а. С. 347–406.
- Сетров М.И. Информационные процессы в биологических системах. М.: Наука, 1975.
- Сеченов И.М. Избранные философские и психологические произведения. М.: ОГИЗ, 1947.
- Симонов П.В. Сложнейшие безусловные рефлексы — потребностно-эмоциональная основа поведения // Физиология поведения: нейрофизиологические закономерности. Л., 1986. С. 80–111.
- Симонов П.В. (отв. ред.) Петр Кузьмич Анохин. Воспоминания современников, публицистика. М.: Наука, 1990.
- Славская К.А. Процесс мышления и актуализация знаний // Вопр. психологии. 1959. Т. 5. № 3. С. 28–43.
- Слобин Д., Грин Дж. Психоллингвистика. М.: Прогресс, 1976.
- Слоним А.Д., Плоснина И.Э. Импринтинг (запечатлевание) // Физиология поведения: нейрофизиологические закономерности. Л., 1986. С. 57–69.
- Смирнов С.Д. Психология образа: проблема активности психического отражения. М.: Изд-во МГУ, 1975.
- Смирнов С.Д. Мир образов и образ мира // Вестн. МГУ. Серия 14. Психология. 1981. № 2. С. 15–29.
- Соколов Е.Н. Механизмы памяти. М.: Изд-во МГУ, 1969.
- Соколов Е.Н. Векторная психология // Психол. журн. 1995. Т. 16. № 4. С. 89–97. № 5. С. 83–103.
- Соколова Е.Е. Критическая психология (К. Хольцкамп и его школа) и проблема общепсихологической теории психофизиологии // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 14. Психология. 1988. № 3. С. 42–56.
- Солсо Р.Л. Когнитивная психология. М.: Тривола, 1996.
- Сомьен Дж. Кодирование сенсорной информации. М.: Мир, 1975.
- Спенсер Г. Основания психологии. СПб.: Изд-во тов-ва И.Д. Сытина, 1897. Ч. I, II.
- Степин В.С. Научное познание и ценности техногенной цивилизации // Вопросы философии. 1989. № 10. С. 3–18.
- Степин В.С. Теоретическое знание. М.: Прогресс-Традиция, 2003.
- Стивенс С.С. (ред.) Экспериментальная психология. М.: Изд-во иностр. лит., 1963.
- Стил Э., Линдли Р., Бландэн Р. Что, если Ламарк прав? Иммуногенетика и эволюция. М.: Мир, 2002.
- Судаков К.В. Биологические мотивации. М.: Медицина, 1971.
- Судаков К.В. Теория функциональных систем. М.: РАН, 1996.
- Судаков К.В., Журавлев Б.В. (ред.) Анна Ивановна Шумилина (1903–1993). М., 2003.
- Талызина Н.Ф. Теоретические проблемы программированного обучения. М.: Педагогика, 1969.
- Тейяр де Шарден П. Феномен человека. М.: Гл. ред. изд. для заруб. стран, Наука, 1987.
- Тейяр де Шарден П. Божественная среда. М.: Ренессанс СП «ИВО-Сид», 1992.
- Тихомиров О.К. Структура мыслительной деятельности человека. М.: Изд-во МГУ, 1969.
- Ткаченко А.Н. Проблема исходной единицы анализа психического в истории советской психологии (1920–1940 гг.) // Вопросы психологии. 1980. № 2. С. 155–159.
- Толман Э. Когнитивные карты у крыс и у человека // Хрестоматия по истории психологии / Ред. П.Я. Гальперин, А.Н. Ждан. М.: Изд-во МГУ, 1980. С. 63–82.
- Толстова Ю.Н. Анализ социологических данных. Методология, дескриптивная статистика, изучение связей между номинальными признаками. М.: Научный мир, 2000.
- Том Р. Структурная устойчивость и морфогенез. М.: Логос, 2002.
- Тулмин Ст. Человеческое понимание. Благовещенск: БГК им. Бодуэна де Куртенэ, 1998. (Перепеч. изд. 1972 г.)
- Туманишвили Г.Д. К теории дифференцировки клеток: гипотеза наклонной плоскости // Математическая биология развития. М.: Наука, 1982. С. 67–77.
- Тушмалова Н.А. Основные закономерности эволюции поведения беспозвоночных // Физиология поведения: нейрофизиологические закономерности. Л., 1986. С. 236–264.
- Узнадзе Д.Н. Психологические исследования. М.: Наука, 1966.
- Уоллес А. Тропическая природа. М.: Мысль, 1975.

- Уотсон Дж.-Б. Бихевиоризм // Хрестоматия по истории психологии / Ред. П.Я. Гальперин, А.Н. Ждан. М.: Изд-во МГУ, 1980. С. 34–45.
- Ушаков Д.В. Психология одаренности и проблема субъекта // Проблема субъекта в психологической науке. М.: Академический проект, 2000. С. 212–227.
- Уэно Х., Кояма Т., Окамото Т. и др. Представление и использование знаний. М.: Мир, 1989.
- Федер Е. Фракталы. М.: Мир, 1991.
- Флейвелл Дж.Х. Генетическая психология Жана Пиаже. М.: Просвещение, 1967.
- Фодор Дж., Пылишин З. Коннекционизм и когнитивная структура: Критический обзор // Язык и интеллект. М.: Прогресс, 1995. С. 230–313.
- Фрейд Э. Введение в психоанализ. Лекции. М.: Наука, 1989.
- Харари Ф. Теория графов. М.: Мир, 1973.
- Харари Ф., Палмер Э. Перечисление графов. М.: Мир, 1977.
- Харламенкова Н.Е. Самоутверждение подростка. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2004.
- Хаятин С.Н., Дмитриева Л.П. Организация естественного поведения птенцов. М.: Наука, 1981.
- Хаятин С.Н., Дмитриева Л.П. Организация раннего видоспецифичного поведения. М.: Наука, 1991.
- Хесс Э. Импринтинг в природной лаборатории // Птицы. М.: Мир, 1983. С. 163–171.
- Химмельблау Д. Анализ процессов статистическими методами. М.: Мир, 1973.
- Ховланд К. Научение и сохранение заученного у человека // Экспериментальная психология / Под ред. С.С. Стивенса. М.: Изд-во иностр. лит., 1963. С. 124–223.
- Холодная М.А. Психология интеллекта. Парадоксы исследования. 2-е изд., перераб. и доп. СПб.: Питер, 2002а.
- Холодная М.А. Интеллект // Когнитивная психология. Учебник для вузов / Под ред. В.Н. Дружинина, Д.В. Ушакова. М.: ПЕР СЭ, 2002б. С. 241–282.
- Холодная М.А. Когнитивные стили // Когнитивная психология. Учебник для вузов / Под ред. В.Н. Дружинина, Д.В. Ушакова. М.: ПЭР СЭ, 2002в, С. 283–310.
- Холодная М.А. Основные направления изучения психологии способностей в Институте психологии РАН // Психол. журн. 2002г. Т. 23. № 3. С. 13–23.
- Холодная М.А. Когнитивные стили: О природе индивидуального ума. М.: ПЭР СЭ, 2002д.
- Хомский Н. Аспекты теории синтаксиса. М.: Изд-во МГУ, 1972.
- Хорд Дж.К. Древо цивилизаций // Время мира. Вып. 2. Структуры истории. Под ред. Н.С. Розова. Новосибирск: Сибирский хронограф, 2001. С. 355–368.
- Хофман И. Активная память. М.: Прогресс, 1986.
- Чайковский Ю.В. Эволюция. М.: Центр системных исследований, 2003.
- Чайлд Ч.М. Роль организаторов в процессах развития. М.: Гос. изд-во иностр. лит., 1948.
- Черниговская Т.В. Латерализация языков у билингва. Вестн. Московского ун-та. Серия 14. Психология. 1990. № 2. С. 16–24.
- Чуприкова Н.И. Психология умственного развития: Принцип дифференциации. М.: АО «Столетие», 1997.
- Чуприкова Н.И. Возможные источники реакций ложной тревоги и психофизиологические механизмы оптимизации процесса обнаружения слабых сигналов // Психофизика сенсорных систем. М.: Наука, 1979. С. 121–128.
- Шадриков В.Д. Деятельность и способности. М.: Логос, 1994.
- Шаповалов А.И. Постсинаптические процессы в центральных нейронах // Общая физиология нервной системы. Л.: Наука, 1979. С. 347–397.
- Швырков В.Б. О возможности выработки условного оборонительного рефлекса у бодрствующего кролика в остром опыте // Бюл. эксперим. биол. и мед. 1968а. № 6. С. 3–7.
- Швырков В.Б. О форме участия корковых проекционных соматосенсорных нейронов в образовании условного оборонительного рефлекса // Вестн. АН СССР. 1968б, № 7. С. 80–89.
- Швырков В.Б. Сравнительная характеристика опережающего и безусловного возбуждений в соматосенсорной коре кролика при выработке условного оборонительного рефлекса // Журн. высш. нервн. деят. 1969. Т. 19. Вып. 1. С. 3–9.
- Швырков В.Б. Нейрофизиологические механизмы принятия решения // Проблемы принятия решения. М.: Наука, 1976. С. 164–170.
- Швырков В.Б. Нейрофизиологическое изучение системных механизмов поведения. М.: Наука, 1978.
- Швырков В.Б. Проблемы нейрофизиологии поведения // Системные аспекты нейрофизиологии поведения. М.: Наука, 1979. С. 5–18.
- Швырков В.Б. Цель как системообразующий фактор в поведении и обучении // Нейрофизиологические механизмы поведения М.: Наука, 1982. С. 164–185.
- Швырков В.Б. Психофизиологическое изучение структуры субъективного отражения // Психол. журн. 1985. Т. 6. № 6. С. 22–37.
- Швырков В.Б. Что такое нейрональная активность и ЭЭГ с позиций системно-эволюционного подхода // ЭЭГ и нейрональная активность в психофизиологических исследованиях / Под ред. В.Б. Швыркова, В.М. Русалова, Д.Г. Шевченко. М.: Наука, 1987. С. 5–23.
- Швырков В.Б. Системно-эволюционный подход к изучению мозга, психики и сознания // Психол. журн. 1988. Т. 9. № 4. С. 132–148.
- Швырков В.Б. Введение в объективную психологию. М.: Изд-во «ИП РАН», 1995.
- Швырков В.Б., Вогник С. Изучение структуры пищедобывательного поведения кролика // Системные механизмы мотивации / Матер. VI семинара «Развитие общей теории функциональных систем». Суздаль: Минздрав СССР, 1982. С. 31–34.
- Швырков В.Б., Гринченко Ю.В. О возможности обогащения акцептора результатов действия у кроликов // Матер. московской городской конференции молодых психологов. М.: Изд-во МГУ, 1969. С. 74–75.
- Швырков В.Б., Гринченко Ю.В. Электрофизиологическое изучение акцептора результатов действия в инструментальном поведении // Журн. высш. нервн. деят. 1972. Т. 22. Вып. 4. С. 792–800.
- Швыркова Н.А. Анализ импульсной активности нейронов зрительной области коры при пищевом и оборонительном поведении кролика // Системный анализ механизмов поведения. М.: Наука, 1979. С. 319–325.
- Швыркова Н.А., Андрушко С.В. Активность сенсомоторной области коры мозга кроликов в зоосоциальном поведении // Журн. высш. нервн. деят. 1990. Т. 40. Вып. 1. С. 52–58.
- Шевченко Д.Г. Исследование нейронов ретикулярной формации среднего мозга кролика при оборонительном условном рефлексе // Журн. высш. нервн. деят. 1975. Т. 25. Вып. 4. С. 727–736.
- Шевченко Д.Г. Нейроны ретикулярной формации в механизмах принятия решения // Проблемы принятия решения. М.: Наука, 1976. С. 210–217.
- Шевченко Д.Г. О детерминации активности нейронов зрительной коры в пищедобывательном поведении // Системные аспекты нейрофизиологии поведения. М.: Наука, 1979. С. 92–110.

- Шевченко Д.Г., Александров Ю.И. Сопоставление интеграций условного и безусловного поведенческих актов по показателям реакций нейронов коры и ретикулярной формации // Теория функциональных систем в физиологии и психологии. М.: Наука, 1978. С. 251–263.
- Шенк Р. Обработка концептуальной информации. М.: Энергия, 1980.
- Шеннон К. Машина для игры в шахматы // Работы по теории информации и кибернетике. М.: Изд-во иностр. лит., 1963а. С. 184–191.
- Шеннон К. Составление программ для игры в шахматы // Работы по теории информации и кибернетике. М.: Изд-во иностр. лит. 1963б. С. 192–215.
- Шехтер М.С. Проблемы опознания // Познавательные процессы: ощущения и восприятие. Ред. А.В. Запорожец, Б.Ф. Ломов, В.П. Зинченко. М.: Педагогика, 1982. С. 300–330.
- Шмелев А.Г. Психодиагностика личностных черт. СПб.: 2002.
- Шулейкина К.В. Системная организация пищевого поведения. М.: Наука, 1971.
- Шулейкина К.В., Хаютин С.Н. Развитие теории системогенеза на современном этапе // Журн. высшей нервной деят. 1989. Т. 39. № 1. С. 3–19.
- Щебланова Е.И., Аверина И.С., Задорина Е.Н. МЭДИС. Методика экспресс-диагностики интеллектуальных способностей детей 6–7 лет. М., 1995.
- Щедровицкий Г.П. Психология и методология (1): Ситуация и условия возникновения концепции поэтапного формирования умственных действий // Из архива Г.П. Щедровицкого. Т.2. Вып. 1. М.: Путь, 2004.
- Шульговский В.В. Физиология высшей нервной деятельности с основами нейробиологии. М.: Издательский центр «Академия», 2003.
- Эбеллинг В., Энгель А., Файстель Р. Физика процессов эволюции. Синергетический подход. М.: Эдиториал УРСС, 2001.
- Эделмен Дж. Селекция групп и фазная повторная сигнализация; теория высших функций головного мозга // Эделмен Дж., Маунткасл В. Разумный мозг. М.: Мир, 1981. С. 68–131.
- Эйген М. Самоорганизация материи и эволюция биологических макромолекул. М.: Мир, 1973.
- Эйген М., Винклер Р. Игра жизни. М.: Наука, 1979.
- Юрьев В.В., Симаходский А.С., Воронович Н.Н., Хомич М.М. Рост и развитие ребенка. СПб.: Питер, 2003.
- Юм Д. Трактат о человеческой природе. Кн. 1. О познании. М.: Канон, 1995.
- Яблоков А.В., Юсуфов А.Г. Эволюционное учение. М.: Высшая школа, 2004.
- Ярвилехто Т. Новое сочетание методов изучения нейрофизиологических механизмов психики // Мозг и психическая деятельность. М.: Наука, 1984. С. 142–153.
- Ярошевский М.Г. Психология в XX столетии. Теоретические проблемы развития психологической науки. М.: Издательство политической литературы, 1971.
- Ярошевский М.Г., Анциферова Л.И. Развитие и современное состояние зарубежной психологии. М.: Педагогика, 1974.
- Adolph K.E. Learning in the development of infant locomotion. Monographs of the Society for Research in Child Development. 1997. V. 62. № 3. P. 1–140.
- Aleksandrov I.O., Maksimova N.E. P300 and psychophysiological analysis of the structure of behavior // Electroenc. and Clinical Neurophysiol. 1985. V. 61. P. 548–558.
- Aleksandrov I.O., Maksimova N.E. Slow brain potentials and their relation to the structure of behavior: data on cortical unit activity // Electroenc. and Clinical Neurophysiol. Supplement. Elsevier, North-Holland: 1987. V. 40. P. 3–7.
- Aleksandrov I.O., Maksimova N.E. P300 and the validity of psychophysiological description of behavior // The Behavioral and Brain Sciences. 1988. №. 3. P. 374–375.
- Alexandrov Yu.I., Alexandrov I.O. Specificity of visual and motor cortex neurons activity in behavior. Acta neurobiologia experimentalis. V. 12. 1982. P. 457–468.
- Alexandrov Yu.I., Grinchenko Yu.V., Laukka S., Järvillehto T., Maz V.N. Acute effects of alcohol on unit activity in the motor cortex of freely moving rabbits: comparison with the limbic cortex. Acta Physiol. Scand. 1991. V. 142. D. 429–435.
- Allis L.V., van den Herik H.J., Huntjens M.P.H. Go-Moku solved by new search techniques, Comput. Intelligence: An Internat. J. 1995. V. 12. № 1. P. 7–24.
- Anderson J.R. Methodologies for studying human knowledge // Behav. and Brain Sci. 1987. V. 10. P. 467–505.
- Anderson J.R., Lee F.J. Does Learning a Complex Task Have to Be Complex?: A Study in Learning Decomposition. Cognitive Psychology. 2001. V. 42. P. 267–316.
- Anokhin K.V., Mileusnic R., Shamakina I.Y., Rose S.P.R. Effects of early experience on *c-fos* gene expression in the chick forebrain. Brain Research. 1991. V. 44. P. 101–107.
- Argote L., Ingram P., Levine J.M. and Moreland R.L. Knowledge Transfer in Organizations: Learning from the Experience of Others. Organizational Behavior and Human Decision Processes. 2000. V. 82. No. 1. P. 1–8.
- Audley A.J. Some observations on theories of choice reaction time: tutorial review // S. Cornblum (Ed.). Attention and performance: IV. N.Y., Academic Press, 1973. P. 509–545.
- Bailey C.H., Kandel E.R. Structural changes accompanying memory storage // Annu. Rev. Physiol. 1993. 55. 397–426.
- Barnea A., Nottebohm F., Seasonal recruitment of hippocampal neurons in adult free-ranging black-capped chickadees. Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 1994. V. 91. P. 11217–11221.
- Barnea A., Nottebohm F. Recruitment and replacement of hippocampal neurons in young and adult chickadees: An addition to the theory of hippocampal learning. Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 1996. V. 93. P. 714–718.
- Barrett L. Do chess and GO need 'g'? Trends in Cognitive Sciences. 2002. V. 6. № 12. P. 499
- Bartlett F.C. Remembering: a study in experimental and social psychology. NY: Macmillan, 1932.
- Baylis G.C., Rolls E.T., Hasselmo M.E. The responses of neurons in the cortex in the superior temporal sulcus of the monkey to band-pass spatial frequency filtered faces. Vision Research. 1987. V. 27. № 3. P. 311–326.
- Baxter D.A., Buonomano D.V., Raymond J.L., Cook D.G., Kuenzi F.M., Carew Th.J., Byrne J.H. Empirically derived adaptive elements and networks simulate associative learning // Commons M.L., Grossberg S. et al. (Eds). Neural network models of conditioning and action. Quantitative analyses of behavior series. Hillsdale, Lawrence Erlbaum Associates. Inc. 1991. P. 13–52.
- Beard R.M. An outline of Piaget's developmental psychology. Basic books. N.-Y. 1972.
- Bechtel W., Abrahamsen A. Connectionism and the mind: An introduction to parallel processing in networks. Oxford: Blackwell. 1993.
- Berenthal B.I. Origin and early development of perception, action, and representation. Annu. Rev. of Psychol. 1996. V. 47. P. 431–459.
- Berry D.C. Implicit learning: Twenty-five years on. A tutorial/ Eds. Umilta Carlo, Moscovitch Morris et al. Attention and performance 15: Conscious and nonconscious information processing. Attention and performance series. Cambridge, MA, USA: The Mit Press, 1994. P. 755–782.
- Billman D., Shaman D. Strategy knowledge and strategy change in skilled performance: a study of the game Othello. American Journal of Psychology. 1990. Vol 103. Issue 2. P. 145–166.
- Bhargava Sh., Sinha B. Prediction of organizational effectiveness as a function of type of organizational structure. Journal of Social Psychology. 1992.V. 132, № 2. P. 223–231.

- Boc A., Makarenkov V. New Efficient Algorithm for Detection of Horizontal Gene Transfer Events. Algorithms in Bioinformatics. Springer. WABI, 2003, p. 190–201.
- Boom J. The fourth factor in development // The growing mind. La pensée en evolution. Centennial of Jean Piaget's birth. Book of abstracts. Geneva, Schola Genevensis, 1996. P. 167.
- Bostock E., Muller R.U., Kubie J.L. Experience-dependent modifications of hippocampal place cell firing. Hippocampus. 1991. V. 1. № 2. P. 193–206.
- Brewer W.F. Schemata // The MIT Encyclopedia of the Cognitive Sciences. Eds. Robert A. Wilson and Frank C. Keil. A Bradford Book. The MIT Press., Cambridge, Massachusetts, 1999. P. 729–30.
- Britten R.J. Underlying assumptions of developmental models. Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 1998. V. 95. № 8. P. 9372–9377.
- Brunia C.H.M. Neural aspects of anticipatory behavior. Acta Psychologica. V. 101. 1999. P. 213–242.
- Burmeister J., Wiles J. The challenge of Go as a domain for AI Research: a comparison between Go and chess. Proceedings of the Third Australian and New Zealand Conference on Intelligent Information Systems, 1995. <http://www.xs4all.nl/~janrem/artikelen/go-vs-chess.ps.gz>
- Buro M. Statistical Feature Combination for the Evaluation of Game Positions. Journal of Artificial Intelligence Research. 1995. V. 3. P. 373–382.
- Case R., Okamoto Yu., Henderson B., McKeough A. Individual variability and consistency in cognitive development: New evidence for the existence of central conceptual structures // R. Case, W. Edelman et al. (Eds). The new structuralism in cognitive development: Theory and research on individual pathways. Contributions to human development, V. 23. Basel: Karger, 1993. P. 71–100.
- Case R., Okamoto Yu. The role of central conceptual structures in the development of children's thought. Monographs of the Society for Research in Child Development. 1996. V. 61, № 1–2.
- Chase W.G., Simon H.A. Perception in chess. Cognitive Psychology. 1973. V. 4. P. 55–81.
- Changizi M.A., McDannald M. A., and Widders D. Scaling of Differentiation in Networks: Nervous Systems, Organisms, Ant Colonies, Ecosystems, Businesses, Universities, Cities, Electronic Circuits, and Legos. J. theor. Biol. 2002. V. 218. P. 215–237.
- Cheung Him, Chen Hsuan-Chih. Lexical and conceptual processing in Chinese-English bilinguals: Further evidence for asymmetry. Memory and Cognition. 1998. V. 26. № 5. P. 1002–1013.
- Chomsky N. Interview. Pieces of mind in psycholinguistics: Steven Pinker, Kenneth Wexler, and Noam Chomsky // Int. J. Psychol. 1994. V. 29. № 1. P. 85–104.
- Czuchra W. The Architecture of Hierarchy: A Quantitative Approach. Kybernetes. 1990. V. 19. № 2. P. 53–62.
- Collins A.M., Quillian M.R. Retrieval time from semantic memory. Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior. 1969. V. 8. № 2. P. 240–247.
- Colman A.M. A Dictionary of Psychology. Oxford University Press, 2001.
- Cooper R., McCallum W.C., Newton P., Papakostopoulos P., Pocock P., Warren W.J. Cortical potentials associated with the detection of visual events // Science. 1977. V. 196. P. 74–77.
- Cordier P., France M., Pailhous J., Bolon P. Entropy as a global variable of the learning process // Human Movement Science. 1994. V. 13. № 6. P. 745–763.
- Cosyn E. Coarsening a Knowledge Structure // Journal of Mathematical Psychology. 2002. V. 46. № 2. P. 123–139.
- Creutzfeld O., Ojemann G., Lettich E. Neuronal activity in the human lateral temporal lobe. I. Responses to speech. Exp. Brain Res., 1989. № 77. P. 451–475.
- Crowley K., Siegler R.S. Flexible strategy use in young children's tic-tac-toe. Cognitive Science. 1993. V. 17. № 4. P.531–561.
- Crowley K., Siegler R.S. Explanation and Generalization in Young Children's Strategy Learning. Child Development. 1999. V. 70. № 2. P. 304–316.
- Darr E.D., Kurtzberg T.R. An Investigation of Partner Similarity Dimensions on Knowledge Transfer. Organizational Behavior and Human Decision Processes. 2000. V. 82. № 1. May. P. 28–44.
- De Mey M. The structure of behavior: Heterarchical organisation of actions. Communication and Cognition. 1976. V. 9. № 3–4. P. 269–279.
- De Groot A.D. Thought and Choice in Chess. The Hague: Mouton & Company, 1965.
- Desimore R., Albright T.D.A., Gross Ch.G. and Bruce Ch. Stimulus-selective properties of inferior temporal neurons in the macaque // J. Neurosci. 1984. V.4. № 8. P. 2051–2062.
- Drever J. A dictionary of psychology. Penguin Books. Baltimore, Maryland. 1969.
- Doupe A. J., Kuhl P.K. Birdsong and Human Speech: Common Themes and Mechanisms. Annu. Rev. Neurosci. 1999. V. 22. P. 567–631.
- Dudai Y., Amori S.I., Bienenstock E., Dehaene S., Fuster J. et al. On neuronal assemblies and memories // J.-R. Changeux and M. Konishi (Eds.) The Neural and Molecular Bases of Learning, John Wiley and Sons Limited. 1987. P. 399–410.
- Eccles J.C. An instruction-selection theory of learning in the cerebellar cortex // Brain research. 1977. V. 127. P. 327–352.
- Eckstein S.G. Growth of Cognitive Abilities: Dynamic Models and Scaling. Developmental Review. 2000. V. 20. № 1. P. 1–28.
- Edelman G.M. Neural Darwinism: The theory of neuronal group selection. N.Y.: Oxford University Press, 1989.
- Eichenbaum H. Declarative memory: Insights from cognitive neurobiology // Annual Review of Psychology. 1997. V. 48. P. 547–572.
- Eriksson C.A., Perfilieva E., Bjork-Eriksson T., Alborn A.-M., Nordborg C., Peterson D.A., Gage F.H. Neurogenesis in the adult human Hippocampus // Nature Medicine. 1998. V. 4. P. 1703–1714.
- Falkenstein M., Hohnsbein J., Hoormann J. Effects of choice complexity on different subcomponents of the late positive complex of the event-related potential. Electroenceph. clin. Neurophysiol. 1994. V. 92. P. 148–160.
- Feldman J., Kerr B., Streissguth A.P. Correlational analyses of procedural and declarative learning performance // Intelligence. 1995. V. 20. № 1. P. 87–114.
- Fetter M. The conflict of equals: A constructionist view of personality development. Goeteborg studies in educational sciences 128. Göteborg, Sweden: Acta Universitatis Gothoburgensis. 1999.
- Fitts P.M. Perceptual-motor skill learning // Categories of human learning / Ed. A.W. Melton. N.Y.: Acad. Press, 1964. P. 243–265.
- Flavell J., Draguns J. A microgenetic approach to perception and thought. Psychological Bulletin. 1957. V. 54. P. 197–217.
- Jain R., Rivera M.C., Lake J.A. Horizontal gene transfer among genomes: The complexity hypothesis. Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 1999. V. 96. P. 3801–3806.
- John E.R., Morgades P.P. Neural correlates of conditioned responses studied with multiple chronically implanted moving microelectrodes // Exp. Neurol. 1969. V. 23. 1969. P. 412–437.
- John E.R., Shimokochi M., Bartlett F. Neural readout from memory during generalization. Science. 1969, June, V. 164 (3887). P. 1534–1536.
- John E.R., Shimokochi M., Bartlett F., Kleinman D. Neural readout from memory // Journal of Neurophysiology. 1973. V. 36. №5. P. 893–924.
- Johnson R. and Donchin E. Second thoughts: multiple P300s elicited by a single stimulus // Psychophysiology. 1985. V. 22. P. 182–194.

- Jonassen D. Objectivism versus constructivism: Do we need a new philosophical paradigm? // Educational Technology Research and Development. 1991. V. 39. № 3. P. 5–14.
- Jöreskog K.G., Sörbom D. LISREL 7. A guide to the program and application (2nd ed.). Chicago, IL., 1989.
- Gage F.H. Neurogenesis in the Adult Brain // The Journal of Neuroscience. 2002. V. 22. № 3. P. 612–613.
- Gammill R.C. An examination of TIC-TAC-TOE like games // Proceedings of the National Computer Conference. 1974. P. 349–355.
- Gangloff H., Monnier M. Rabbit brain research atlas for stereotaxis brain research on the conscious rabbit // Rabbit brain research. Amsterdam: Elsevier. 1961. P. 76–98.
- Gardner H. The mind's new science. A history of the cognitive revolution. N.Y.: Basic Books, Inc., Publishers, 1985.
- García-Larrea L., Cézanne-Bert G. P3, Positive slow wave and working memory load: a study on the functional correlates of slow wave activity. Electroenceph. clin. Neurophysiol. 1998. V. 108. P. 260–273.
- Gelman S.A. Domain specificity // The MIT Encyclopedia of the Cognitive Sciences. Eds. Robert A. Wilson and Frank C. Keil. A Bradford Book, The MIT Press., Cambridge, Massachusetts. 1999. P. 238–240.
- Germana J., Lancaster R. Brain dynamics, psychophysiological uncertainty and behavioral learning // Integrative Physiological and Behavioral Science. 1995. V. 30. № 2. P. 138–150.
- Gevins A., Smith M.E., Le J., Leong H., Bennett J., Martin N., McEvoy L., Du R., Whitfield S. High resolution evoked potential imaging of the cortical dynamics of human working memory. Electroenceph. clin. Neurophysiol. 1996. V. 98. P. 327–348.
- Gibson E.J., Adolph K., Eppler M. Affordances // The MIT Encyclopedia of the Cognitive Sciences. Eds. Robert A. Wilson and Frank C. Keil. A Bradford Book, The MIT Press., Cambridge, Massachusetts. 1999. P. 729–730.
- Glaser R., Bassok M. Learning theory and the study of instructions // Ann. Rev. Psychol. 1989. V. 40. P. 4–6.
- Gobet F., Simon H.A. The roles of recognition processes and look-ahead search in time-constrained expert problem solving: Evidence from grandmaster level chess // Psychological Science. 1996. V. 7. P. 52–55.
- Goldenson R.M. (Ed.). Longman's dictionary of psychology and psychiatry. N.Y.; L.: Longman, 1983.
- Goldschmidt R. The material basis of evolution. New Haven. Yale Univ. Press. 1940.
- Gorkin A.G. Learning and neuronal specialization // Eds. V.B. Shvyrkov, R. Näätänen, M. Sams, I.O. Aleksandrov, N.E. Maksimova. Psychophysiology of cognitive processes. Proceedings of III Soviet-Finnish Symposium on Psychophysiology. Moscow: 1988. P. 99–104.
- Gottlieb G. Experiential canalization of behavioral development: Theory // Developmental Psychology. 1991. V. 1. № 1. P. 4–13.
- Gottlieb G. Epigenetic systems view of human development // Developmental Psychology. 1991. V. 1. № 1. P. 33–34.
- Gottlieb G.L., Corcos D.M., Jaric S., Agarwal G.C. Practice improves even the simplest movements // Exp. Brain Res. 1988. V. 73. № 2. P. 436–440.
- Gould E., Gross Ch.G. Neurogenesis in Adult Mammals: Some Progress and Problems // The Journal of Neuroscience. 2002. V. 2. № 3. P. 619–623.
- Gould E., Reeves A.J., Fallah M., Tanapat P., Gross Ch.G. and Fuchs E. Hippocampal neurogenesis in adult Old World primates // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 1999. V. 96. P. 5263–5267.
- Graf P. Explicit and implicit memory: A decade of research // Eds. Carlo Umiltà, Morris Moscovitch et al. Attention and performance 15: Conscious and nonconscious information processing. Attention and performance series. Cambridge, MA, USA: The Mit Press, 1994. P. 682–696.
- Grasso R., Assaiante C., Prevost P., Berthoz A. Development of anticipatory orienting strategies during locomotor tasks in children. Neuroscience and Biobehavioral Reviews. 1998. V. 22. № 4. P. 533–539.
- Greene J., Smith S.W., Lindsey A.E. Memory representations of compliance-gaining strategies and tactics // Human Communication Research. 1990. V. 17. №2. P. 195–231.
- Greeno J. G., Riley M. S., Gelman R. Conceptual competence and children's counting // Cognitive Psychology. 1984. V. 16. № 1. P. 94–143.
- Greenough W.T., Withers G.S., Wallace C.S. Morphological changes in the nervous system arising from behavioral experience: what is evidence that they are involved in learning and memory? // L.R. Squire, Elke Lindenlaub. The Biology of Memory. F.K. Schattauer Verlag. Stuttgart-New York, 1990. P. 159–185.
- Greenough W.T. Experience as a component of normal development: Evolutionary considerations // Developmental Psychology. 1991. V. 1. № 1. P. 14–17.
- Grobstein P., Show K., Spear P., Mathers L. Development of rabbit visual cortex, late appearance of a class of receptive fields // Science. 1973. V. 180. P. 1185–1187.
- Halford G. S., Smith S. B., Dickson J. C., Maybery M. T., Kelly M. E., Bain J. D. and Stewart J. E. M. Modelling the development of reasoning strategies: The roles of analogy, knowledge, and capacity // T. Simon & G. S. Halford (Eds.). Developing cognitive competence: New approaches to cognitive modelling. Hillsdale, NJ: Erlbaum, 1995. P. 77–156.
- Halford G.S., Bain J.D., Maybery M.T., and Andrews G. Induction of Relational Schemas: Common Processes in Reasoning and Complex Learning. Cognitive Psychology. 1998. V. 35, 201–245.
- Hahn U., Chater N. Similarity and rules: Distinct? Exhaustive? Empirically distinguishable? // Cognition. 1998. V. 65. № 2–3. P. 197–230.
- Harriman Ph.L. The new dictionary of psychology. N.Y.: The Psychological Library, 1947.
- Harvey O.J., Hunt D.E., Schroder H.M. Conceptual system and personality organization. N.Y.: Wiley Sons, 1961.
- Hausmann G. VI. Zur Aktualgenese räumlicher Gestalten. Archiv für die Gesamte Psychologie. 1935. 93. P. 289–334.
- Hebb D.O. The organization of behavior. N.Y.: Wiley, 1949.
- Heit G., Smith M.E., Halgren E. Neural encoding of individual words and faces by the human hippocampus and amygdala. Nature. 1988. V.333, P. 773–775.
- Hertz J., Krogh A., Palmer R.G. Introduction to the theory of neural computation. Redwood City: Addison-Wesley, 1991.
- Hilgard E.R., Marquis D.G. Conditioning and learning. 2-nd ed. N.Y.: Appleton-Century-Crofts, Inc., 1961.
- Hintzman D. Human learning and memory: connections and dissociations // Ann. Rev. Psychol. 1990. V. 41. P. 109–140.
- Holcomb Ph., McPherson W.B. Event-related brain potentials reflect semantic priming in an object decision task. Brain and Cognition. 1994. V. 24. № 2. P. 259–276.
- Hubel D., Wiesel T. Receptive fields of single neurons in the cat's striate cortex // J. Physiol., 1959. V. 148, 579.
- Hyötyniemi H., Saariluoma P. Simulating chess players' recall: How many chunks and what kind they can be? 1997. <http://Saato014.hut.fi/Hyotyniemi/publications/97scai.htm>

- Inhelder B., Piaget J. Procedures et structures. Archives de psychologie. 1979. XLVII, 181, 165–176.
Цит. по: Риншар, 1998. С. 149.
- Kagan J. Reflection-impulsivity: The generality of dynamics of conceptual tempo // J. of Abnorm. Psychol. 1966. V. 71. P. 17–24.
- Kempermann G. Why New Neurons? Possible Functions for Adult Hippocampal Neurogenesis. The Journal of Neuroscience. 2002. V. 22. № 3. P. 635–638.
- Kendrick K., Baldwin B. Cells in temporal cortex of conscious sheep can respond preferentially to the sight of faces // Science. 1987. V. 236. 448–450.
- Keppel G. Verbal learning and memory // Ann. Rev. Psychol. 1968. V. 19. P. 169–202.
- Kintsch W. The representation of knowledge in minds and machines // International Journal of Psychology. 1998. V. 33. № 6. P. 411–420.
- Kirby N. Sequential effects in choice reaction time // A.T. Welford (Ed.). Reaction times. London, New York, 1980. P. 129–172.
- Kleim J.A., Lussnig E., Schwarz E.R., Comery Th. and Greenough W.T. Synaptogenesis and FOS expression in the motor cortex of the adult rats after motor skill learning // The J. of Neurosc. July 15, 1996. V. 16 № 14. P. 4529–4535.
- Klenow P.J. Learning Curves and the Cyclical Behavior of Manufacturing Industries // Review of Economic Dynamics. 1998. V.1. P. 531–550.
- Kling J.W. Learning: Introductory survey // Woodworth and Shlossberg's experimental psychology / Eds. J.W. Kling, L.A. Riggs. N.Y.: Holt, Rinehart and Winston, Inc., 1971. P. 551–614.
- Klintsova A.Y., Greenough W.T. Synaptic plasticity in cortical systems // Current Opinion in Neurobiology. 1999. V. 9. № 2. P. 203–208.
- Klonowicz T. Transformation ability, temperament traits and individual experience. Polish Psychological Bulletin. 1979. V. 10 № 3. P. 215–223.
- Koch E., Arnscheid J., Atzwanger B., Heinz-Brisch K., Brunner R. et al. Werkstattbericht der Arbeitsgruppe Achse IV: Strukturniveau. Praxis der Kinderpsychologie und Kinderpsychiatrie. 1999. V. 48. № 8. P. 623–633
- Kolodner J.L., Kolodner R.M. Using experience in clinical problem solving: Introduction and framework. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics. 1987. V. 17. № 3. P. 420–431.
- Koonin E.V., Makarova K.S., Arvind L. Annual Rev. Microbiol. 2001. V. 55. P. 709–742.
- Kornack D.R., Rakic P. Cell proliferation without neurogenesis in adult primate neocortex // Science. 2001. V. 294. P. 2127–2130.
- Koubek R.J., Clarkston T.P., Calvez V. The training of knowledge structures for manufacturing tasks: An empirical study. Ergonomics. 1994. V. 37. № 4. P. 765–780.
- Kruse A.A., Stripling R., Clayton D.F. Minimal Experience Required for Immediate-Early Gene Induction in Zebra Finch Neostriatum // Neurobiology of Learning and Memory. 2000. V. 74, P. 179–184.
- Kurzberg D., Vaughan H. G. Differential topography of human eye movement potentials, preceding visually triggered and self-initiated saccades // Progress in brain research. Amsterdam: Elsevier. 1980. Vol. 54: Motivation, motor and sensory processes of the brain: electrical potentials, behavior and clinical use. P. 203–208.
- Lashley K.S. The problem of serial order in behavior // S. Saporta (Ed.). Psycholinguistics: A book of readings. N.Y. 1961. P. 180–198.
- Lallement Ya., Alexandre F. Cognitive aspects of neurosymbolic integration. // R. Sun, F. Alexandre, et al. (Eds); Connectionist-symbolic integration: From unified to hybrid approaches. Mahwah, NJ, USA: Lawrence Erlbaum Associates, Inc., Publishers. 1997. P. 57–68.
- Lawrence D.M., Breslow N. Tic-tac-toe in iconic memory: A demonstration of informational persistence // Perceptual and Motor Skills. 1985. V. 61. № 2. P. 647–650.
- Lee Yu., Vákoč D.A. Transfer and retention of implicit and explicit learning // British Journal of Psychology. 1996. V. 87. № 4. Pp. 637–651.
- Lockhart R.S., Craik F.I.M., Jacoby L.L. Depth of processing, recognition and recall // Brown J. (Ed.) Recall and Recognition, N.Y.: Wiley, 1976.
- Loveless N., Sanford A. Slow potential correlates of preparatory set // Biological Psychology. 1974. V. 1. P. 217–226.
- Lu B., Jan L., Jan Y.-N. Control of Cell Divisions in the Nervous: Symmetry and Asymmetry // Annu. Rev. Neurosci. 2000. V. 23. P. 531–556.
- Luce R.D. Response Times: Their Role in Inferring Elementary Mental Organisation (Oxford psychology series; № 8). N.Y.: Oxford University Press, 1986.
- Lumsden Ch.J., Wilson E.O. Translation of epigenetic rules of individual behavior into ethnographic patterns. Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 1980. V.77. № 7. P. 4382–4386.
- McCabe K., Rassenti S.J., Smith V.L. Game theory and reciprocity in some extensive form experimental games // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. Economic Sciences. 1996. V. 93. P. 13421–13428.
- Makarenkov V., Legendre P. From a Phylogenetic Tree to a Reticulated Network // Journal of Computational Biology. 2004. V. 11. № 1. P. 195–212.
- Materska M. Bruner's theory on the genesis of the cognitive apparatus: A critique. Psychologia Wychowawcza. 1975. V. 18. №2. P. 187–192.
- Mathews R.C. Abstractness of implicit grammar knowledge: Comments on Perruchet and Pacteau's analysis of synthetic grammar learning. Journal of Experimental Psychology: General. 1990. V. 119. № 4. P. 412–416.
- Mayberry R.I., Lock E. Age constraints on first versus second language acquisition: Evidence for linguistic plasticity and epigenesis. Brain and Language. V. 87. № 3. 2003. P. 369–384.
- McKendree J., Anderson J.R. Effect of practice on knowledge and use of basic LISP. In Interfacing Thought: Cognitive Aspects of Human Computer Interaction, ed. J.M. Carroll. Cambridge, MA: Bradford, 1987. P. 236–259.
- Milinsky M., Wedekind C. Working memory constrains human cooperation in the Prisoner's Dilemma // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 1998. V. 95. Evolution. P. 13755–13758.
- Miller L. Behaviorism and the new science of cognition // Psychol. Record. 1988. V. 38. P. 3–18.
- Mulner J., Pufflerova S., Czurma L. TE-NA-ZO. Test nachadzanya znamich obrazkov. Bratislava. 1984.
- Millward R.B. Theoretical and experimental approaches to human learning // Woodworth and Shlossberg's experimental psychology / Eds. J.W. Kling, L.A. Riggs. N.Y.: Holt, Rinehart and Winston, Inc., 1971. P. 905–1018.
- Miyashita J., Chang H.S. Neuronal correlate of pictorial short-term memory in the primate temporal cortex // Nature. 1988. V. 331. P. 68–70.
- Najbauer J., Leon M. Olfactory experience modulates apoptosis in the developing olfactory bulb // Brain Research. 1995. V. 674. P. 245–251.
- Neal A., Hesketh B. Future directions for implicit learning: Toward a clarification of issues associated with knowledge representation and consciousness. Psychonomic Bulletin and Review. 1997. V. 4. № 1. P. 73–78.
- Neisser U. Cognitive psychology. N.Y.: Appleton, 1967.
- Nelson D.A., Marler P. Selection-based learning in bird song development. Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 1994. V. 91. P. 10498–10501.

- Neville H.J., Mills D.L. Epigenesis of language. *Mental Retardation and Developmental Disabilities Research Review*. V. 3. 1997. № 4. P. 282–292.
- Nijhawan D., Honarpour N., Wang X. Apoptosis in Neural Development and Disease // *Annu. Rev. Neurosci.* V. 23. 2000. P. 73–87.
- Nikolaev E., Werka T., Kaczmarek L. C-fos protooncogene expression in rat brain after long-term training of two-way active avoidance reaction // *Beh. Brain Res.*, 1992. V. 48. P. 91–94.
- Noble C.E. The Length-Difficulty Relationship in Compound Trial-and-Error Learning // *J. of Experimental Psychology*. 1957. V. 54. P. 246–252.
- Noble C.E. The learning of psychomotor skills // *Ann. Rev. Psychol.* 1968. V. 19. P. 203–250.
- Noble C.E. Acquisition of Pursuit Tracking Skill Under Extended Training as a Joint Function of Sex and Initial Ability // *J. of Experimental Psychology*. 1970. V. 86. P. 360–373.
- Osgood C.E. *Lectures on language performance*. N.Y.: Springer, 1980.
- Oltean M. Evolving Winning Strategies for Nim-like Games // *World Computer Congress. Student Forum/* Ed. M. Kaaniche. Kluwer Academic Publisher. 2004. P. 353–364.
- Paivio A. Neomentality. *Canadian Journal of Psychology*. 1975. V. 29. № 4, P. 263–291.
- Paivio A. *Mental Representations. A Dual Coding Approach*. Oxford psychology series № 9. Oxford University Press. N.Y.: Clarendon Press, Oxford, 1986.
- Palmer S.E. Fundamental aspects of cognitive representation // Rosch E., Lloyd B.L. (Eds.) *Cognition and categorization*. N.Y.: Lawrence Erlbaum association, 1978. P. 259–303.
- Pascual-Leone J. Organismic processes for neo-Piagetian theories: A dialectical causal account of cognitive development // *Int. Journ. of Psychology*. 1987. V. 22. P. 531–570.
- Perret D.I., Rolls E.T., Caan W. Visual neurons responsive to faces in the monkey temporal cortex // *Exp. Brain Res.* 1982. V. 47. P. 329–342.
- Perret D.I., Smith P.A.J., Potter D.D., Mistlin A.J., Head A.S., Milner A.D. and Jeeves M.A. Neurons responsive to faces in the temporal cortex: studies of functional organization sensitivity to identity and relation to perception. *Human Neurobiol.* 1984. V. 3, 197–208.
- Perret D.I., Mistlin A.J., Chitty A.J. Visual neurons responsive to faces // *TINS*. 1987. V. 10. № 9. P. 358–364.
- Peschl M.F. The representational relation between environmental structures and neural systems: Autonomy and environmental dependency in neural knowledge representation. *Nonlinear Dynamics, Psychology, and Life Sciences*. 1997. V. 1. №2. P. 99–121.
- Pennington N., Nicolich R., Rahm J. Transfer of Training Between Cognitive Subskills: Is Knowledge Use Specific? // *Cognitive Psychology*. V. 28. №. 2. 1995. P. 175–224.
- Piaget J., Stettler von Albertini B. Observations sur la perception des bonnes formes chez enfant par actualisation des lignes virtuelles. (Observations on the perception of “good Gestalten” in the child through realization of virtual lines.) // *Archives de Psychologie*. 1954. V. 34. P. 203–242.
- Piaget J. The epigenetic system and the development of cognitive functions // M.H. Johnson (Ed.) / *Brain development and cognition: A reader*. Oxford, England. UK: Blackwell Publishers, 1993. P. 31–38.
- Pritchard W.S. Psychophysiology of P300 // *Psychol. Bull.* 1981. V. 89. P. 506–40.
- Postman L. Transfer, interference and forgetting // *Woodworth and Shlossberg’s experimental psychology/* Eds. J.W. Kling, L.A. Riggs. N.Y.: Holt, Rinehartand Winston, Inc., 1971. P. 1019–1132.
- Prickaerts J., Koopmans G., Blokland A., Scheepens A. Learning and adult neurogenesis: Survival with or without proliferation? // *Neurobiology of Learning and Memory*. 2004. V. 81. P. 1–11. Publication manual of the American Psychological Association. Washington, DC: APA. 1994.
- Radulovic J., Kammermeier J., Spiess J. Relationship between Fos production and classical fear conditioning: effects of novelty, latent inhibition, and unconditioned stimulus preexposure // *J. Neurosci.* 1998. 18. 7452–7461.
- Raevsky V.V., Alexandrov L.I., Vorobyeva A.D., Golubeva T.B., et al. Sensory information — the major factor of ontogeny // *Neuroscience and Behavioral Physiology*. 1997. V. 27. № 4. P. 455–461.
- Raijmakers M., Molenaar P. An operationalization of ‘qualitative cognitive development’ from the perspective of non-linear dynamics, applied to neural networks // *The growing mind. La pensée en evolution. Centennial of Jean Piaget’s birth. Book of abstracts*. Geneva, Schola Genevensis, 1996. P. 165–166.
- Ratcliff R., McCoon G. Retrieving information from memory: Spreading-activation theories versus compound-cue theories // *Psychological Review*. 1994. V. 101. № 1. P. 177–184.
- Reber A.S. *Dictionary of psychology*. N.Y.: Penguin, 1995.
- Reder L.M. Strategic control of retrieval strategies // Bower G.H. (Ed.) et al. *The psychology of learning and motivation: Advances in research and theory*. 1988. V. 22. San Diego, CA, USA: Academic Press, Inc., 1988. P. 227–259.
- Reichgelt P. *Knowledge representation: An AI perspective*. Norwood, N.J., USA: Ablex Publishing Corp., 1991.
- Resher N. *Forbidden knowledge* // *Episteme*. Dordrecht. D. Reidel Publishing Co., 1987. V. 13.
- Rittle-Johnson B., Siegler R.S. The relation between conceptual and procedural knowledge in learning mathematics: A review // *The development of mathematical skills/* Ed. Donlan Ch. Hove. England. UK: Psychology Press / Taylor and Francis (UK). 1998. P. 127–139.
- Rockstroh B., Elbert T., Birbaumer N., Lutzenberger W. *Slow brain potentials and behavior*. Baltimore. Munich: Urban and Schwarzenberg, 1982.
- Rohrbaugh J.W., Gaillard A.W.K. Sensory and motor aspects of the contingent negative variation // A.W.K. Gaillard and W. Ritter (Eds.). *Tutorials in ERP Research: Endogenous Components*. North-Holland Publishing Company, Amsterdam, 1983. 269–310.
- Rosenbaum D.A., Carlson R.A., Gilmore R.O. Acquisition of intellectual and perceptual-motor skills // *Annu. Rev. Psychol.* 2001. 52. 453–70.
- Rosenzweig M.R. Neuronal plasticity related to cognition. In : *Psychophysiological Approaches to human information processing*. North-Holland. 1985. P. 31–45.
- Rosch E. Principles of categorization // Rosch E., Lloyd B.L. (Eds.) *Cognition and categorization*. N.Y.: Lawrence Erlbaum association, 1978. P. 27–48.
- Roth K.A., D’Sa C. Apoptosis and Brain Development. *Mental Retardation and Developmental Disabilities Research Review*. V. 7. 2001. № 4. P. 261–266.
- Rousseau D.M., Wade-Benzoni K.A. Changing individual-organization attachments: A two-way street // A. Howard (Ed.). *The changing nature of work. The Jossey-Bass social and behavioral science series*. San Francisco: Jossey-Bass Inc, Publishers, 1995. P. 290–322.
- Rubin H. Cellular epigenetics: Effects of passage history on competence of cells for “spontaneous” transformation. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. V. 90. № 11. P. 10715–10719.
- Rumelhart D.E., McClelland J. L. *Parallel distributed processing: Explorations in the microstructure of cognition*, vol. 1: F559 foundations. Cambridge, MA: MIT Press, 1986.
- Rychlak J.F. The missing psychological links of artificial intelligence: Predication and opposition // *International Journal of Personal Construct Psychology*. 1991. V. 4. № 3. Spec. Issue. P. 241–249.
- Saariluoma P. Error in chess: the apperception-restructuring view // *Psychol. Res.* 1992. V. 54. № 1. P. 17–26.

- Salthe S.W.* Development and Evolution. The MIT Press, 1993.
- Sams M., Näätänen R.* Sequential effects on ERP in discriminating two stimuli // Biological psychology. 1983. V. 17. № 1. P. 41–58.
- Schaeffer J., Lake R.,* Solving the game of checkers // R.J. Nowalowski (Ed.). Games of No Chance. MSRI Publications. Cambridge, MA: Cambridge University Press. 1996. V. 29, P. 119–133.
- Schrepp M.* A method for comparing knowledge structure concerning their accuracy // Journal of Mathematical Psychology. V. 45. No. 3. 2001. P. 480–496.
- Shanks D.R.* Dissociating long-term memory systems: Comment on Nyberg and Tulving (1996) // European J. of Cognitive Psychology. 1997. V. 9(1). P. 111–120.
- Shevchenko D.G., Cavrilo V.V., Gorkin A.G.* Behavioral specialization peculiarity of limbic cortex neurons in rabbit // Proceedings of IUPS. V. XVII. Helsinki, Finland. 1989. P. 214–224.
- Shimamura A.P., Squire L.R.* Memory and amnesia / The biology of memory: Symposium Berimed, Germany, October, 15th-19th, 1989/Eds. L.R. Squire, E. Lindenlaub. Stuttgart, N.Y.: FK, Schattauer Verlag, 1989. P. 611 – 625.
- Shors T.J., Miesegaes G., Beylin A., Zhao M., Rydel T., Gould E.* Neurogenesis in the adult is involved in the formation of trace memories // Nature. 2001. V. 410. P. 372–376.
- Shuyrkov V.B.* Goal as a System-Forming Factor in Behavior and Learning // Neural Mechanisms of Goal-Directed Behavior and Learning. N.-Y.: Academic Press, 1980. P. 199–219.
- Shuyrkov V.B.* Neurophysiological study of animals subjective experience. // Machinery of the mind / Ed. R. John. Birkhauser, Boston-Basel-Berlin, 1990. P. 337–352.
- Silver R.* The Group of Automorphisms of the Game of 3-Dimensional Ticktacktoe. American Mathematical Monthly. 1967. V. 74. P. 247–254.
- Simon H. A., Gilmarin K.* A simulation of memory for chess positions. Cognitive Psychology. 1973. V. 5. № 1. P. 29–46.
- Skinner B.F.* Selection by consequences // Behav. and Brain Sci. 1984. V. 7, № 4. P. 477–481.
- Skinner B.F.* Cognitive science and behaviorism // British Journal of psychology. 1985. V. 76. P. 291–301.
- Skrandies W.* Evoked potential correlates of semantic meaning. A brain mapping study. Cognitive Brain Research. 1998. V. 6. № 3. P. 173–183.
- Squires N.K., Squires K.C. and Hillyard S.A.* Two varieties of longlatency positive waves evoked by unpredictable auditory stimuli in man // Electroenceph. clin. Neurophysiol. 1975. V. 38. P. 387–401.
- Steyer R., Schmitt M.* Latent state-trait models in attitude research. Quality & Quantity, 1990. V. 24. P. 427–445.
- Steyer R., Schmitt M., Eid M.* Latent state-trait theory and research in personality and individual differences // European J. of Personality. 1999. V. 13. № 5. (Spec Issue). P. 389–408.
- Styles I.* The study of intelligence. The interplay between theory and measurement // Anderson M. (Ed); et.al. The development of intelligence. Studies in developmental psychology. Psychology Press/Taylor & Francis (UK), 1999. P. 19–42.
- Sriedter G.F.* A Comparative Perspective on Motor Learning. Neurobiology of Learning and Memory. 1998. V. 70. № 1–2. P. 189–196.
- Schneider W.* Domain-specific knowledge and memory performance in children // Educational Psychology Review. 1993. V. 5. №3. P. 257–273.
- Squire L.R.* Mechanisms of Memory // Science. V. 232. 1986. P. 1612–1619.
- Squire L.R.* Closing Remarks // L.R.Squire, Elke Lindenlaub, The Biology of Memory. F.K. Schattauer Verlag. Stuttgart — New York. 1990. P. 643–650.
- Studdert K.M.* Cues to what? A comment on Diehl and Kluender “On the objects of speech perception” // Ecological Psychology. 1989. V. 1. №2. P.181–193.
- Svenson O.* Differentiation and Consolidation Theory of human decision making: A frame of reference for the study of pre- and post-decision processes. Acta Psychologica. 1992. V. 80. Issues 1–3. P. 143–168.
- Thompson L., Gentner D., Lowenstein J.* Avoiding missed opportunities in managerial life: Analogical training more powerful than individual case training. Organizational Behavior and Human Decision Processes. 2000 . V. 82. No. 1, 60 – 75.
- Tolman E.C.* Cognitive maps in rats and men // Psychological Review. 1948. V. 55. P. 189–208.
- Tulving E.* How many memory systems are there? American Psychologist, V. 40. № 4. 1985. P. 385–398.
- Tulving E.* Multiple memory systems and consciousness // Human Neurobiol. 1987. V. 6. P. 67–80.
- Tzelgov J., Eben-Ezra S.* Components of the between-language semantic priming effect // European Journal of Cognitive Psychology. 1992. V. 4. № 4. P. 253–272.
- Urban W.* Definition and analysis of the consciousness of value // Psychological Review. 1907. V. 14. № 2. P. 92–121.
- Vanman E.J., Dawson M.E., Brennan P.A.* Affective reactions in the blink of an eye: Individual differences in subjective experience and physiological responses to emotional stimuli // Personality and Social Psychology Bulletin. 1998. V. 24. № 9. P. 994–1005.
- Vecchio R.P.* Theoretical and empirical examination of cognitive resource theory // Journal of Applied Psychology. 1990. V. 75. № 2. P. 141–147.
- Wágner J., Virág I.* Solving RENJU // ICGA Journal. 2001. V. 24, № 1. P. 31–31.
- Werner H.* Microgenesis and aphasia // Journal of Abnormal and Social Psychology. 1956. V. 52. P. 347–353.
- Witkin H.A., Dyk R.B., Faterson H.F., Karp S.A.* Psychological differentiation. N.Y., 1974.
- Wu C.-t., Morris J.R.* Genes, Genetics, and Epigenetics: A Correspondence // Science. 2001. V. 293. № 10. P. 1103–1105.
- Young A.W.* Finding the mind’s construction in the face // Psychologist. 1997. V. 10. № 10. P. 447–452.
- Zhang J.* The nature of external representations in problem solving // Cognitive Science. 1997. V. 2. № 2. Pp. 179–217.
- Zhang J., Johnson T.R., Wang H.* Isomorphic representations lead to the discovery of different forms of a common strategy with different degrees of generality // Proceedings of the Twentieth Annual Conference of the Cognitive Science Society. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum, 1998. P. 1188–1193.

УКАЗАТЕЛЬ ОСНОВНЫХ ТЕРМИНОВ

- Автоморфизм 193, 241
Активность (принцип активности) 63–64, 80–84
Актуализация 80–84, 294–296, 379–380, 443–445, 459–461, 478–483, 502, 523
Акт игры 221, 252, 376
Актуалгенез 82–84, 132, 511, 529
Амодальность структуры 84–85, 452, 524, 530
Аспект 90, 155, 158, 164
Биогенетический закон 46–49
Бифуркация 27, 30, 33–35, 374, 437, 438, 456–459
Временной парадокс цели 16, 144, 145
Гомоморфизм 61–62, 89, 92, 252–253
Г. ср. изоморфизм 92, 241
Гомункулос 36, 63–64, 81, 138
Граф игры 206, 217–219, 220, 252–253
дерево игры в терминах полуходов 185–186, 189–194, 195–200
дерево игры в терминах ходов 195–200
обобщенное дерево игры 204
орграф игры 209–212
компоненты связности 210–212, 218
их соотношение с СИЗ 223, 246–251, 390
вершина 25–26, 185
дуга 25, 185
маршрут 208–212, 219, 248–252, 403
петля 210, 403–404
полупуть 210
путь 25, 208, 210, 239–241
расщепление вершины 211, 212, 253, 372
ребро 78, 205
связность 205, 210–212
цикл 377–378, 403
отношения на 212–217
Дифференциация 22, 26–28, 29–35, 45–46, 156–157, 269, 359–361, 398–399, 402, 446–447, 458, 506–510, 518–521, 528, 529
Домен 80, 85, 92, 120, 132, 141
Д. как составляющая СИЗ 247, 378, 456, 459–460, 522–523
доменная организация СИЗ (субдомены, пересечения субдоменов) 247, 253, 373, 378, 420–422, 426–432, 449, 452–453, 456, 459–460, 522–523, 527
Законы научения 89, 114–116, 140–141, 512, 524–526
Игры
как модель исследования организации психологических структур 95
позиционные 177
стратегические 177
правила позиционных 179–183
Иерархия (адхократия, гетерархия, контриерархия, полииерархия) 69–73, 77, 146
критический анализ понятия И. 64, 69–73, 77–78, 152–155, 164
Инструктивизм 37–39, 52–53, 114, 136–137, 140
Интеграция 22, 29–30, 130
Информационное множество 177, 185, 195, 199, 240
Компонент структуры индивидуального знания 74–77, 86, 101, 237–238, 240, 241, 252–253, 268–270, 297–301, 518–519
суборганизация К. 355–361, 368–370, 452
суборганизация и отношения между К. 361–363, 452–453, 518–521, 528
соотношение К. и групп специализированных нейронов 158–168, 252–253, 268–269, 294–295, 357–360, 445–449, 506–509, 518
группы К. (см. Домены, Стратегии) 247–249, 253, 361, 364, 370, 449–453, 521–523
Кривые научения 122–124
анализ К.Н. 384–385, 394–401, 408–416, 423–430, 445
Модель 61–62, 64–65, 75, 80–82, 84, 86, 156, 158, 162, 165, 240–241, 358–359, 519, 521, 527, 529–531
Молчание нейронов 166–167
Монофилия 18, 21–23, 25, 26, 39, 49, 77, 374, 457
Неонейрогенез (нейрогенез) 48, 50, 53, 139, 166–167, 462, 507, 508, 509
Неравновесность (неустойчивость) 28, 32, 35, 500, 505–506, 518, 528
Несводимость вероятностного описания 28, 50
Онтологический статус 53, 57, 61, 62, 75, 87–88, 90, 95–99, 102, 165, 364
Опыт/знание 10, 79, 86, 90, 96, 99–104, 107, 140–141, 515–517
Отношения (см. также Граф игры)
свойства О. 78–80, 215
типы О. 78–80, 213, 215, 217
между компонентами СИЗ/СИО 246–248, 253, 312, 361–363, 377–378
диахронические и синхронические 377–378, 403–412, 419–426, 449–451
диахронические ср. синхронические 79–80
типы отношений 449–451, 519–521
О. и суборганизация компонентов 361–363, 452–453, 518–521, 528
Полифилия 22–23, 374, 457
Потенциал универсальной конфигурации 221, 233, 298, 516
Преформизм 36–37, 140
Принцип взаимодействия/развития 24, 59, 61–62, 73, 99, 136, 140
Принцип минимального обеспечения 51, 511, 527
Принцип реконструкции 88–93
Принцип системности 57–58
конкретно-синкретическая и абстрактно-аналитическая версии 59–60, 526–527, 530–531
Принцип целостности 57–58
Протокомпонент СИЗ/СИО 361, 372, 445, 506, 518
дифференциация 372–373, 445–447, 449, 506–511, 518–519, 526, 528
Психологические структуры и процессы 86–87, 94–99, 529–530
Репертуар специализированных клеток 38–39, 167, 359
вырожденный / невырожденный 39, 85, 138, 139, 359, 360, 455
нейроны резерва (запаса) 167, 358, 446, 507, 509, 519, 521
Ретикулярная («сетчатая») эволюция 18, 26, 40, 42, 44, 46, 49, 52, 54, 64, 73
Селективная концепция научения 38–40, 136–139, 140, 163–169, 527–528
Селектогенез 19, 38, 39, 85, 139, 163, 166, 462
Семантические сети
ассоциативные (САС), пропозиционные (СПС) 79–80, 253, 371, 373, 386–394, 419–432, 433, 443–444, 521–523
неоднородные 78, 79, 87, 218, 253, 371, 443, 444, 453–454, 521, 522, 523, 527
Связность структуры 307, 308, 314, 320–324, 363–364, 369, 370, 421–422, 434, 449, 454, 510, 517, 522–523
Система 57–65
функциональная 28, 49–52, 53–56, 59–65, 70, 72, 81, 86, 104, 109, 164, 169, 268, 299, 515–516, 527, 530
Системно-селекционная концепция научения 163–169
Системно-эволюционный подход 154–163
Системогенез 10, 35, 40, 49–56, 61, 64, 99, 109, 112, 131, 140, 146–147, 163, 167–169, 356, 504, 509, 511, 527, 528–530
Специализация нейронов 31, 48, 131, 136, 166, 169, 294, 303–306
функциональная 155, 304
поведенческая 48, 136, 155, 165, 305, 521
системная 155, 360
Структура 10, 24, 38, 62, 66–73, 74–75, 77, 81, 84–87, 95–99, 99–104, 140–141, 170–175, 253, 362, 364–370, 520, 527, 529–530
элемент, компонент С. 66, 68–70, 72, 73, 75, 76, 164, 306
Стратегия (как составляющая СИЗ) 249–251, 378, 444, 450–451, 522
линейные 412–414, 522
циклические 414–416, 522
Структура знания 99–104, 120
индивидуального знания 103, 164, 171, 179, 187, 526–531
ср. со структурой индивидуального опыта 99–104, 108, 162, 171, 302, 517, 529
индивидуального опыта 96, 100–101, 109, 154, 159, 161, 165, 221, 364–370
Схема (схемоподобные компоненты структур) 75–77, 81, 84, 86, 96, 98, 101, 456
Траектория развития 21, 22, 24–26, 33, 55, 73, 456–459, 508
ансамбль Т. 28, 50, 54
бифуркация Т. 29, 30, 32, 34, 508
Ход 185
полуход 185, 195, 225, 242
формальное описание хода 191–205
соотношение хода и акта игры 227–237, 252
Элементаризм (атомизм) 29, 58, 72, 76
Эмерджентность 28
Эпигенез 35–46
эпигенетический ландшафт 33, 42, 54, 55
эпигенетическая ситуация 40, 46, 49, 50, 52, 55, 172, 504, 511, 518
эпигенетическая траектория 42, 43, 44

Научное издание

Александров Игорь Олегович

ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ЗНАНИЯ

Редактор — *О.В. Шапошникова*
Макет и верстка — *Н. Новикова*
Обложка — *А. Пожарский*

Сдано в набор 20.02.06. Подписано в печать 23.03.06
Формат 60x90/16. Бумага офсетная. Печать офсетная.
Гарнитура Балтика.
Усл. печ. л. 35,0. Уч.-изд. л. 31,1
Тираж 500экз. Заказ №

Лицензия ЛР № 03726 от 12.01.01.
Издательство «Институт психологии РАН»
129366, Москва, ул. Ярославская, 13
тел.: (495) 682-51-29
E-mail: publ@psychol.ras.ru
www.psychol.ras.ru

Отпечатано в ППП «Типография “Наука”»
121099, Москва, Шубинский пер., 6