



РАЗУМНОЕ ПОВЕДЕНИЕ И ЯЗЫК  
LANGUAGE AND REASONING

ДИФФЕРЕНЦИОННО-ИНТЕГРАЦИОННАЯ

---

# ТЕОРИЯ РАЗВИТИЯ



ДИФФЕРЕНЦИОННО-ИНТЕГРАЦИОННАЯ  
ТЕОРИЯ РАЗВИТИЯ

КНИГА  
2

Редакторы и составители  
Н. И. Чуприкова, Е. В. Волкова



ЯЗЫКИ СЛАВЯНСКОЙ КУЛЬТУРЫ  
ЗНАК  
МОСКВА 2014

УДК 159.9  
ББК 28.0  
Д 50

Д 50 Дифференционно-интеграционная теория развития. Кн. 2 / Сост. и ред. Н. И. Чуприкова, Е. В. Волкова. — М.: Языки славянской культуры, 2014. — 720 с., ил. — (Разумное поведение и язык. Language and Reasoning).

ISBN 978-5-9551-0733-2

В коллективной монографии представлены новейшие достижения отечественных ученых выполненных в рамках дифференционно-интеграционной теории развития. Обращается внимание на рост интереса зарубежных исследователей к данной проблеме. Обсуждаются методологические проблемы обоснования дифференционно-интеграционной теории как общей теории развития. С привлечением новых научных данных рассматриваются проблемы происхождения и эволюции психики, творчества, соотношения языка и мышления. Представлены результаты эмпирических исследований феноменов дифференциации и интеграции в умственной деятельности. На основе дифференционно-интеграционной теории формулируются следствия, доступные эмпирической проверке. Излагаются новые программы обучения и развития детей, построенные в соответствии с данной теорией. Книга предназначена ученым и практикам, заинтересованным в системном изучении процессов развития и реализации их в различных видах деятельности.

**ББК 28.0**

ISBN 978-5-9551-0733-2

© Авторы, 2014  
© Сост. и ред. Н. И. Чуприкова, Е. В. Волкова, 2014  
© Языки славянской культуры, оригинал-макет, 2014

## ДИФФЕРЕНЦИОННО-ИНТЕГРАЦИОННАЯ ТЕОРИЯ РАЗВИТИЯ

Книга 2

Корректор О. Ланцова

Оригинал-макет подготовлен Е. Морозовой

Художественное оформление переплета С. Жигалкина

Подписано в печать 01.09.2014. Формат 60×90 1/16.  
Бумага офсетная № 1, печать офсетная. Гарнитура Times.  
Усл. печ. л. 45. Тираж 700. Заказ №

№ госрегистрации 1037739118449  
Phone: +7 (495) 959-52-60. E-mail: Lrc.phouse@gmail.com  
Site: <http://www.lrc-press.ru>, <http://www.lrc-lib.ru>

Оптовая и розничная реализация — магазин «Гнозис».  
Тел./факс: +7 (499) 255-77-57, тел.: +7 (499) 793-57-01, e-mail: [gnosis@pochta.ru](mailto:gnosis@pochta.ru)  
Костюшин Павел Юрьевич (с 10 до 18 ч.).  
Адрес: Москва, ул. Бутлерова, д. 17 «Б», офис 313

## СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие. Дифференционно-интеграционная теория развития в психологии от Я. А. Коменского до наших дней . . . . .	15
---	----

### РАЗДЕЛ 1.

#### ТЕОРИЯ, МЕТОДОЛОГИЯ, ИСТОРИЯ

<i>В. А. Лекторский</i> Проблема развития в современной науке и философии . . . . .	35
<i>Е. А. Сергиенко</i> Принцип дифференциации-интеграции в системе методологии психологии развития . . . . .	45
<i>Е. В. Волкова</i> Роль дифференционно-интеграционного подхода в разработке теории специальных способностей . . . . .	61
<i>И. О. Александров, Н. Е. Максимова</i> Процесс дифференциации: содержание концепта и возможности операционализации в психологических исследованиях . . . . .	87
<i>А. А. Мелик-Пашаев</i> В поисках истока творчества . . . . .	139
<i>Н. И. Чуприкова</i> Дифференционно-интеграционная теория развития как основа решения проблемы соотношения языка и мышления . . . . .	165
<i>Н. И. Чуприкова</i> О некоторых идеях Л. С. Выготского, созвучных универсальному дифференционно-интеграционному закону развития . . . . .	191

<i>М. А. Холодная</i> Проблема дифференциации и интеграции понятийного опыта в теории понятийных систем О. Дж. Харви, Д. И. Ханта, Г. М. Шродера . . . . .	201
<i>Л. И. Анцыферова</i> Проблема развития умственной деятельности в трудах Анри Валлона . . . . .	209
<i>А. Д. Кошелев</i> Эволюция лингвистических парадигм в свете общей теории развития. . . . .	217
<i>А. Д. Кошелев</i> Кризис когнитивной науки и его объяснение с позиций общей теории развития. . . . .	235
<i>М. С. Егорова</i> Роль генотипа в психологической дифференциации. . . . .	247
<i>А. В. Атемасов</i> Некоторые проявления принципа дифференциации в эволюции понятия «пол», половом развитии плода, сексуальности, семьи и высших чувств человека . . . . .	265

## РАЗДЕЛ 2.

### ЭВОЛЮЦИОННЫЕ АСПЕКТЫ

#### ДИФФЕРЕНЦИОННО-ИНТЕГРАЦИОННОЙ ТЕОРИИ РАЗВИТИЯ

<i>А. Н. Харитонов, Т. Н. Греченко, Е. Л. Сумина, Д. Л. Сумин, В. К. Орлеанский</i> Эволюционные предпосылки появления психики: социальная жизнь цианобактерий . . . . .	283
<i>А. Н. Харитонов, И. А. Хватов</i> Многообразие психики: онтология и эволюция . . . . .	303
<i>Г. Г. Филиппова</i> Эволюционная зона ближайшего развития с позиции дифференционно-интеграционного подхода . . . . .	327
<i>И. А. Хватов</i> Эволюция самоотражения животных и человека в контексте дифференционно-интеграционного подхода . . . . .	343

## РАЗДЕЛ 3.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

<i>М. Г. Колбенева, Ю. И. Александров</i> Органы чувств, язык и системная дифференциация в процессах индивидуального развития . . . . .	363
<i>М. А. Холодная</i> Эффекты дифференциации и интеграции концептуальных структур в связи с проявлениями психометрической креативности. . . . .	383
<i>Е. В. Волкова</i> Процессы дифференциации и интеграции в период достижения максимальных значений показателей интеллекта . . . . .	399
<i>Н. И. Чуприкова, Н. Г. Клауус</i> Дифференцированность логико-семантических и понятийных структур субъекта как условие понимания смысла пословиц . . . . .	411
<i>Т. А. Ратанова, Н. И. Чуприкова</i> Возрастное развитие эффективности дифференцирования разных стимул-объектов и изменение ее связей с показателями интеллекта. . . . .	435
<i>Н. П. Локалова</i> Влияние фактора когнитивного развития на дифференционно-интеграционные процессы в интеллектуальной и личностной сферах школьников . . . . .	453
<i>Д. П. Власюк</i> Феномены недифференцированности в строении индивидуальных когнитивных структур, репрезентирующих тему «электростатика» школьного курса физики . . . . .	491
<i>И. А. Кибальченко</i> Эффекты интеграции в организации учебно-познавательного опыта обучающихся с разной успеваемостью. . . . .	511
<i>А. В. Никольская</i> Как домашние животные понимают слова человека. . . . .	523

**РАЗДЕЛ 4.****ИДЕИ ДИФФЕРЕНЦИИ И ИНТЕГРАЦИИ  
В СОВРЕМЕННЫХ ЗАРУБЕЖНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ**

<i>A. Demetriou, G. Spanoudis, M. Shayer, S. Kazi</i> Explicating Developmental Reconceptualization: Differentiation and Integration in Intellectual Development . . . . .	545
«Циклы и фазы развивающегося познания: дифференциация и интеграция в интеллектуальном развитии» (русский перевод 1-й части статьи А. Димитриу с соавторами) (пер. Т. В. Ермаковой, коммент. Н. И. Чуприковой) . . . . .	571
<i>Е. В. Волкова</i> Возрождение интереса к теории Х. Вернера в американской психологии развития (обзор статьи С. Raeff. Distinguishing between Development and Change: Reviving Organismic-Developmental Theory) . . . . .	585

**РАЗДЕЛ 5.****ОБУЧАЮЩИЕ И РАЗВИВАЮЩИЕ ПРОГРАММЫ**

<i>Т. Н. Ломбина</i> Дифференционно-интеграционная теория как основа целенаправленного развития речи у дошкольников . . . . .	601
<i>Ю. И. Родин</i> Процессы дифференциации и интеграции в психомоторном развитии детей дошкольного возраста . . . . .	619
<i>Н. Б. Шумакова</i> Система развития детей с общей одаренностью в условиях школьного обучения . . . . .	645
Заключение. Фактологическая база, идеализированный объект и проверяемость дифференционно-интеграционной теории развития. . . . .	659
Аннотации статей . . . . .	667
Summary . . . . .	689
Наши авторы (Our authors) . . . . .	709

*И. О. Александров, Н. Е. Максимова*

## **ПРОЦЕСС ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ: СОДЕРЖАНИЕ КОНЦЕПТА И ВОЗМОЖНОСТИ ОПЕРАЦИОНАЛИЗАЦИИ В ПСИХОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ\***

### **1. Обоснование и общая логика работы**

**1.1.** В современных исследованиях при изучении развития в различных конкретных областях знания, как в теоретических, так и в эмпирических исследованиях, невозможно обойтись без применения понятия «дифференциация» (см. например, [Луман 2006; Сивер 1983; Чуприкова 1997]). Можно полагать, что «дифференциация» — такой концепт, который имеет наддисциплинарное значение.

В соответствии с этим были сформулированы основные цели данной работы.

1) Рассмотреть содержание концепта «дифференциация» и дать описание основных атрибутов процесса дифференциации как предмета исследования (определение см. в разделе 1.2).

2) Обосновать возможность операционализации основных атрибутов процесса дифференциации в эмпирическом исследовании психологических структур; дать оценку правдоподобия гипотетических атрибутов процессов дифференциации как предмета исследования при использовании модели формирования структуры знания (СЗ), релевантной конкретной предметной области — стратегической игры двух партнеров с полной информацией и нулевой суммой [Александров 2006; Александров и др. 1999]. СЗ рассматривается как психологическая структура, формирующаяся в конкретной предметной деятельности. Диады игроков в возрасте от 6 лет, которые в соответствии с инструкцией формируют компетенцию в стратегической игре, в контексте организации эмпирического исследования могут рассматриваться как объект исследования (определение см. в разделе 1.2).

---

\* Работа выполнена при поддержке РГНФ, проект № 14-06-00155а.

1.2. В рамках гипотетико-дедуктивного метода представление о процессах дифференциации как предмете исследования [Александров, Максимова 2006] должно соответствовать следующему общему определению.

*Предмет исследования* понимается как гипотетическая, абстрактная, теоретическая конструкция, которая формулируется научным сообществом с целью обобщенного объяснения важных свойств объекта и потенциально обладает онтологическим статусом. Сущностные свойства, которые предписываются этой гипотетической конструкции, ее атрибуты, составляют семантическое поле построения теоретических гипотез, из которых могут быть дедуцированы эмпирически проверяемые исследовательские гипотезы.

Оценка правдоподобия исследовательских гипотез невозможна без точного определения объекта исследования.

*Объект исследования* представляет собой не менее сложную конструкцию, чем предмет исследования, которая должна соответствовать следующим основным требованиям.

1) Это множество экземпляров (индивидов или групп, составляющих генеральную совокупность), которое формируется и существует независимо от познавательных установок исследователя и онтологический статус которых не требует специального доказательства в рамках данного исследования.

2) Индивиды или группы из этой совокупности, согласно обоснованным предположениям, являются носителями предмета исследования и по этому основанию связаны отношениями эквивалентности.

3) Из объекта исследования как генеральной совокупности по определенным правилам отбирается подмножество — выборка эмпирического исследования.

4) Свойства экземпляров, составляющих объект исследования, могут быть оценены в терминах переменных с помощью методических средств, обладающих достаточной репрезентативностью, внутренней и другими видами валидности, в том числе и конструктивной, т. е. должны соответствовать атрибутам предмета исследования.

В контексте эмпирического исследования оценка правдоподобия и селекция альтернатив исследовательских гипотез возможны, если установлено соответствие между атрибутами предмета исследования, которые формулируются в терминах теоретических конструкторов, и свойствами объекта исследования, которые формулируются в терминах переменных и могут быть измерены при помощи методик, т. е. если выполняется процедура *операционализации*.

**1.3.** Введение подробных определений предмета и объекта исследования, в которых дано также и их соотношение, а также процедуры операционализации позволяет более точно сформулировать эти составляющие настоящей работы применительно к развитию психологических структур.

Процесс дифференциации психологических структур представляет собой гипотетическую конструкцию, которая сформулирована научным сообществом для объяснения закономерностей и особенностей развития. В работе предполагается на основании анализа данных литературы (см. раздел 2) выделить атрибуты процесса дифференциации, которые, по предположению, фиксируют онтологический статус продуктов и процесса дифференциации.

В качестве объекта исследования в настоящей работе выступают пары игроков (диады), приобретающие компетенцию в определенной предметной области. Предполагается, что в процессе приобретения компетенции у индивидов формируются психологические структуры, в закономерностях развития которых проявляются атрибуты процесса дифференциации. Поэтому при исследовании развития психологических структур у индивидов при формировании компетенции возможна эмпирическая оценка правдоподобия гипотез об атрибутах процесса дифференциации как предмета исследования.

Для достижения первой цели работы (см. раздел 2) будет проведен анализ содержания понятия «дифференциация», по необходимости краткий, который будет построен, несомненно, как некоторое дополнение к фундаментальным обзорам истории формирования и использования этого концепта [Чуприкова 1997].

Для анализа понятия «дифференциация» будут использованы критерии как лингвистические (в качестве источников рассматриваются словари научной лексики), так и содержательные (извлечения из толковых словарей научной лексики и специализированных энциклопедий, а также из текстов монографий и исследовательских статей).

Будут рассмотрены словоформы семантического гнезда «дифференциация». Основываясь на современном их употреблении, предполагается определить те термины, которые применяются в исследовательской практике и обозначают процессы, по предположению, имеющие онтологический статус, и при этом не остаются в рамках логико-философских (гносеологических) аспектов исследования и операционализированы в какой-либо степени. Обращение к источникам различных предшествующих эпох (см. раздел 3) необходимо, чтобы определить область исследований, в которой эти термины

конституировались и приобрели самостоятельное значение, выявить их содержание и, исходя из этого, дать перечисление атрибутов процесса дифференциации как составляющей развития.

Для достижения второй цели работы (см. раздел 4) предполагается обосновать соответствие между гипотетическими атрибутами процесса дифференциации как предмета исследования и особенностями дифференциации психологических структур у индивидов, приобретающих компетенцию в стратегической игре. Предполагается рассмотреть закономерности формирования СЗ, которая фиксирует компетенцию в стратегической игре. В работе будут применены математико-статистические процедуры, разработанные авторами ранее, которые позволяют количественно описывать набор компонентов СЗ, отношения, связывающие компоненты в группы, релевантные особенностям игровой деятельности на разных этапах ее становления или представляющие стратегии игрока. Эти процедуры описывают различные этапы формирования СЗ: от формирования компонентов и групп компонентов к образованию сложной «дефинитивной» организации СЗ; они составят основу эмпирической части данной работы. Для доказательства онтологического статуса конструкторов, соответствующих различным составляющим СЗ, использованы результаты изучения активности отдельных нейронов у животных, специализированных относительно актов сложного поведения. Сопоставимость общих закономерностей формирования и организации СЗ в предметной области стратегической игры, с одной стороны, и структуры опыта у животных, реконструированной на основе анализа активности нейронов, с другой стороны, была специально рассмотрена в работах [Александров 2006; Александров и др. 1999; 2008].

## 2. КОНЦЕПТ «ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ» В СОВРЕМЕННОМ НАУЧНОМ УЗУСЕ<sup>1</sup>

Для выделения ядра семантической группы, центром которой является концепт «дифференциация», рассматривали психологические тексты, специально посвященные изучению дифференциации: монографию [Чуприкова 1997] и 11 статей из сборника «Теория развития: Дифференционно-интеграционная парадигма» [Чуприкова 2009], отобранных случайно; эти тексты составили «Группу 1». Использование терминов, отобранных в текстах Группы 1, анализировали в моно-

---

<sup>1</sup> Узус — принятое употребление слова, фразеологемы, оборота [Ахманова 1966: 484].

графии социолога Н. Лумана «Дифференциация» [Луман 2006]. Этот текст специализирован относительно проблемы дифференциации, но рассматривает ее с позиций, дистанцированных от психологических. Во всех перечисленных текстах анализировали содержание и частотность терминов, семантически родственных изучаемому концепту.

**2.1.** При анализе текстов Группы 1 были выделены наборы основных терминов (дифференциация, дифференцированный, дифференцированность), связанных с ними производных терминов (недифференцированный, недифференцированность, отдифференцированный, малодифференцированный, высокодифференцированный, тонкодифференцированный, прогрессивная дифференциация, системная дифференциация), а также терминов, разъясняющих свойства дифференциации и обозначающих явления, связываемые с дифференциацией (бифуркация, хаос, расщепление, разделение, специализация, интеграция, иерархия, ортогенез).

Оценка частоты встречаемости терминов в отдельных работах показала, что центральные понятия изучаемого семантического набора соответствуют *обозначению процесса* (дифференциация, дифференцированный), *его выраженности* (недифференцированный, малодифференцированный, высокодифференцированный, тонкодифференцированный), *его качествам* (прогрессивная дифференциация, системная дифференциация), *содержательным характеристикам* (разделение), а также связанным с ним *концепциям* (специализация, интеграция, иерархия, ортогенез). Некоторые термины, грамматически родственные, но различающиеся семантически, встречаются только у одного или двух авторов. Например, «дифференцировка, дифференцировочный» отмечены только в книге [Чуприкова 1997] и в статье одного из авторов сборника [Чуприкова 2009], Т. А. Ратановой. Заметим, что термин «ветвление», обозначающий свойство процесса дифференциации, встречается только в текстах Н. И. Чуприковой.

Сравнение распределения частот употребления перечисленных терминов в текстах Группы 1 показало, что в общий узус входят пять терминов: «дифференциация», «дифференцированность», «разделение», «специализация» и «ортогенез». Распределения частот встречаемости этих терминов в монографии [Чуприкова 1997] и в 11 статьях сборника [Чуприкова 2009] не различаются ( $\chi^2 = 4.56$ ;  $df = 4$ ;  $p = 0.33$ ). Приведенная оценка указывает на типичность употребления этих терминов для Группы 1. При расширении списка терминов, например, введении в него «системной дифференциации», «интеграции», «иерархии», сходство распределений частот употребления исчезает,

причем наименьший эффект дает введение понятия «системная дифференциация» ( $\chi^2 = 22.47$ ;  $df = 5$ ;  $p = 4.25 \times 10^{-4}$ ). Можно полагать, что в этих различиях проявляется либо сфокусированность конкретных текстов на специальных аспектах анализа дифференциации, либо принадлежность авторов к различным парадигмам.

Сравнение текстов Группы 1 и текста книги Лумана показало, что Луман не применяет термины «прогрессивная дифференциация», «расщепление», «ортогенез», но в его тексте добавляется «бифуркация». Сравнение распределений частот встречаемости наиболее употребляемых терминов в списке Группы 1 и списке Н. Лумана — *дифференци\** (как сумма частот встречаемости терминов «дифференциация», «дифференцированный», «дифференцированность» и др.), *системная дифференциация*, *разделение*, *интеграция*, *иерархия*, показало весьма высокую степень их сходства ( $\chi^2 = 7.43$ ;  $df = 4$ ;  $p = 0.11$ ). Общим для списков Лумана и Группы 1 является также термин «специализация», но частотность его встречаемости в этих списках существенно различна.

Таким образом, последующий анализ будет проведен для терминов группы диффер\* (т. е. «дифференциация», «дифференцированный», «дифференцированность» и т. п.), причем, с нашей точки зрения, специальное внимание следует уделить не только сопряженным с ними понятиям «системная дифференциация», «разделение», «специализация», «интеграция», «иерархия», но и важному для Группы 1 понятию «ортогенез».

**2.2.** Для уточнения и дополнения списка характеристик процесса дифференциации были проанализированы словари и энциклопедии, специализированные относительно психологии и смежных дисциплин, а также проблематики развития. В этих текстах термин «дифференциация» с высокой частотой встречается в различных разделах, но лишь немногие издания содержат специализированные словарные статьи, посвященные дифференциации.

Преимущественно понятие «дифференциация» используется без определения, содержание термина в каждом его употреблении предполагается «общепонятным», конкретные его применения фиксируют лишь некоторые из важных атрибутов дифференциации. В качестве примера приведем «Психологическую энциклопедию» [Корсини, Ауэрбах 2006], в которой применение понятия в рамках психоаналитических теорий соседствует с содержательно другими пониманиями. Во многих случаях при использовании термина «дифференциация» смешиваются различные несовместимые его значения,

например, (1) разделенности структур (морфологических и когнитивных), (2) различия, совершаемого субъектом, (3) различия между объектами. Заметим, что значения (2) и (3) не только выходят за пределы анализируемого понятия, но также могут быть выражены иными терминами.

По формулировкам, данным в словарях, содержащих специальные статьи «Дифференциация» и косвенные описания этого процесса [Годман, Пейн 1989; Reber 1995; Wilson, Frank 1999; Зинченко, Мещеряков 1996], можно очертить круг явлений, к которым это понятие применяется обоснованно. К ним относятся: (1) эмбриология и процессы формирования специализированных тканей, в которых группы исходно однотипных клеток порождают множество различных типов клеток, особенное внимание уделяется дифференциации клеток «прекурсоров» в нейроны различного типа, так что ткани мозга в высокой степени специализированы и дифференцированы; (2) формирование и функционирование когнитивных структур, которые достигают высокой степени дифференциации в онтогенезе; (3) формирование пола (sexual differentiation) в морфологических, физиологических, нейрофизиологических, когнитивных и общепсихологических аспектах, включая дифференциацию половых ролей; (4) в социологии для описания процессов формирования и развития социальных групп, ролей, статусов и других свойств включенных в них индивидов. Таким образом, можно заключить, что понятие «дифференциация» содержит объяснительный потенциал, применимый к широчайшему спектру процессов развития, выходящему за пределы компетенции собственно психологии. Действительно, концепт «дифференциация» используется в языкознании, причем особое значение имеет в описании эволюции языка [Ярцева 1998], в геологии — для описания формирования горных пород и геологической эволюции Земли [Криштофович 1955; Сивер 1983], в планетологии — для описания процесса порождения планет, спутников планет, эволюции Солнечной системы [Джонсон и др. 1987; Кауфман 1982], в биологии — для описания процессов эволюции и индивидуального развития [Гиляров 1989]. Перечисленные варианты применения концепта «дифференциация» ориентированы на описание/объяснение процессов эволюционного и индивидуального развития, закономерности которых весьма сходны [Александров 2006]. Поэтому можно предположить, что закономерности и атрибуты процесса дифференциации едины для любых развивающихся (эволюционирующих) объектов.

Заметим, что некоторые из психологических словарей, составители которых придерживаются позиции бихевиоризма, не содержат указаний на дифференциацию как составляющую процесса развития, например, в словаре [Harriman 1947], в котором «*differentiation*» определяется только как процедура дифференцировки по И. П. Павлову, или в словаре [Colman 2001], который включает несколько отдельных статей, но посвященных исключительно «Differential reinforcement». Заметим, что в словаре [Ibid.] эволюция определяется как «процесс развертывания», вполне в духе идей преформизма, в противоречии с самим последарвиновским понятием «эволюция». В этом проявляется специфика отношения бихевиоризма как целостной парадигмы к принципу развития: это смешение различных вариантов инстинктивизма (см. подробнее в [Александров 2006; Эделмен 1981]) с элементами преформизма, так что дифференциация как процесс порождения новых форм из предковых оказывается за пределами этой системы взглядов.

В рассмотренных текстах содержится несколько характеристик дифференциации, которые не были представлены эксплицитно в текстах Группы 1. Словарь [Власенко и др. 1997] отмечает, что «дифференциация — развитие в сторону *усложнения*». В словаре [Годман, Пейн 1989] используются такие характеристики процесса и продуктов дифференциации, как «диверсификация» и «организация». Заметим, что «*диверсификация*» дополняет понятие «разделение», а «*организация*» открывает возможность альтернативного понимания связи дифференциации с иерархией (о понятии «организация» см. [Ферстер 1964]).

Одно из самых важных свойств процесса дифференциации, его направленности на формирование нового, эксплицитно отмечено в словаре [Зинченко, Мещеряков 1996]: «Дифференциация функций приводит к возникновению новых действий (перцептивных, мнемических, мыслительных и др.)» (с. 306); а также в словаре [Baldwin 1901]: «...гипотеза о том, что при дифференциации структуры в эмбриональном развитии все элементы, которые формируются, до этого не существуют» (с. 330, *перевод авторов*).

**2.3.** На основании приведенных описаний можно предложить ***пробную*** формулировку определения дифференциации:

Дифференциация — обязательная составляющая процесса (эволюционного) развития, в котором из предковых форм образуются новые, специализированные формы через разделение (бифуркацию, ветвление, диверсификацию); в процессе дифференциации развивающийся объект изменяет свою организацию (в сторону усложнения), уровень интеграции, при-

обретает иерархическое строение; процесс дифференциации подчинен принципу ортогенеза.

Это пробное определение, построенное преимущественно на основе анализа формулировок, содержащихся в текстах Группы 1 (референтных для применения в психологии), содержит, по крайней мере, два противоречия.

Первое из этих противоречий — несовместимость ветвления (диверсификации, бифуркации, разделения), неотъемлемого свойства процесса дифференциации как составляющей эволюционного развития, с представлениями об ортогенезе.

Теория ортогенеза была создана в конце XIX в. Т. Эймером (1843—1898) и Г. Хааке (1835—1911), сторонниками эволюционной концепции Ж.-Б. Ламарка и теории Ж. Сент-Илера о решающем влиянии внешней среды на развитие организмов. Эймер и Хааке формулировали положения ортоламаркизма (впоследствии дополненного «психоламаркизмом») как альтернативу селективистской теории Ч. Дарвина [Назаров 2005; Попов 2005; Тимофеев-Ресовский и др. 1977; Яблоков, Юсуфов 2006]. Селективистские основания теории эволюции стали складываться уже в трудах Дарвина, они зафиксированы в специальном постулате синтетической теории эволюции (*Постулат 4. Эволюция носит дивергентный характер*) [Воронцов 1999]. Ортогенез — прямолинейное развитие, направленное к определенному конечному состоянию, не предполагающее ветвлений, продуктивной диверсификации. Уже в 1901 г. в словаре Дж. Болдина содержится указание на совместимость процесса дифференциации с концепцией эпигенеза, допускающей ветвление процесса, и подвергнута критике неоламаркистская теория ортогенеза в связи с лежащим в ее основе представлением о решающей роли воздействия внешних факторов (в современной терминологии — «инструктивизм», строго оппонентный селективизму), а также опорой на положения витализма [Baldwin 1901]. На протяжении XX в. в рамках идей ортогенеза были созданы варианты теории эволюции, например, номогенетические теории Л. С. Берга и И. И. Шмальгаузена [Берг 1977; Шмальгаузен 1968], теория развития Х. Вернера [Поддьяков 2007; Werner 1957]. Инструктивистские представления бихевиористов о развитии близки в своих основах к положениям концепции ортогенеза (см. отмеченное выше отношение бихевиористов к представлениям о дифференциации).

Второе противоречие — между представлением об иерархической организации, формирующейся в процессе дифференциации, и раз-

делением (диверсификацией, дивергенцией) исходной дифференцирующейся структуры. Можно полагать, что суть этого противоречия состоит в смешении иерархических классификационных деревьев, в которых «одновременно» представлены все предковые формы [Павлинов 2005], и онтологически определенного процесса дифференциации, в котором предковые формы могут полностью трансформироваться в дочерние или элиминироваться. Дифференциация клеток — один из наиболее подробно изученных процессов дифференциации, который широко представлен как пример в приведенных психологических словарях и энциклопедиях. В корне дерева, описывающего процесс дифференциации стволовых клеток, находится «*омнипотентная*» клетка — зигота, утрачивающая свойство порождать целостный организм после дифференциации в «*тотипотентные*» клетки, которые сменяет поколение «*плюрипотентных*» клеток, дифференцирующихся в стволовые клетки, способные к дифференциации в «*специализированные*» («*детерминированные*») клетки определенных тканей (см., например, [Корочкин, Михайлов 2000; Carplan 2002]). Весь этот процесс отображается в форме ветвящегося дерева, в котором типы клеток с наибольшим дифференциационным потенциалом располагаются ближе к корню дерева, а специализированные тканевые клетки — на концах ветвей (поэтому для обозначения этой типологии клеток использован образ «ствола»). Графы деревьев используются также и для отображения иерархических организаций, но процессы дифференциации в общем случае не могут порождать иерархии, поскольку отношения субординации/суперординации не могут связывать дочерние и предковые образования, которые при дифференциации исчезают, преобразуясь в дочерние. Судя по результатам проведенного анализа литературы, процессы дифференциации структур самого различного рода принципиально подобны (гомоморфны), поэтому представление о том, что одним из продуктов дифференциации является иерархическая организация, может быть подвергнуто сомнению.

В исследованиях выделено три варианта процесса деления клеток: (1) симметричное деление, (2) асимметричное деление/дифференциация и (3) терминальная дифференциация (см. например, [Ortoleva, Qu 2008]). В симметричном делении происходит репликация — образование двух клеток, идентичных делящейся и замещающих ее, в нем не происходит порождения клеток нового типа, его не относят к процессам дифференциации. В асимметричном делении образуются две клетки, одна из них идентична материнской, процесс ее образова-

ния — деление (*не дифференциация!*), а другая, дочерняя, клетка иного типа, не идентичная материнской, проходит дифференциацию. Терминальная дифференциация порождает клетку нового типа, причем собственно «разделения» материнской клетки в этом случае не происходит, а на диаграмме дерева терминальная дифференциация отображается как появление одной, не имеющей пары, новой ветки. Можно предположить, что единичность терминальной ветви — характерная черта дифференциации именно стволовых клеток, а другие объекты способны к «симметричной дифференциации». Таким образом, принципиально важным свойством дифференциации является порождение потомка нового типа, а разделение (расщепление, диверсификация, дивергенция) может быть редуцировано до образования новой непарной ветви на эволюционном древе.

В приведенное перечисление синонимов, обозначающих разделение предковой формы, нами специально не включен термин «бифуркация». Он обозначает собственно разделение эволюционной траектории на две, но связан с весьма развитыми и формализованными представлениями о процессах, ведущих к порождению нового, таких как формирование неустойчивости, ее динамика, образование аттракторов, разрешение (для обзора см. [Александров 2006]). Использование слова «бифуркация» как термина обязывает походить к анализу дифференциации с эволюционных позиций, применяя понятийный (и даже математический) аппарат неравновесной термодинамики, теории катастроф или теории хаоса [Пригожин 2001; Пригожин, Кондепуди 2002; Эбелинг и др. 2001].

**2.4.** Одна из важнейших проблем — связь процессов дифференциации и интеграции. А. Н. Поддьяков сформулировал несколько критически важных вопросов о соотношении этих процессов [Поддьяков 2009: 92—93]. Им отмечены также такие препятствия для решения проблемы, как «неоднозначность операционализации понятий “интегрированность” и “дифференцированность”, двойственность интерпретации результатов применения корреляционного анализа» [Там же: 98]. Р. Зиглер и Ж. Чен придерживаются сходной позиции, объясняя сложность операционализации этих конструктов тем, что они складывались и использовались в классических теориях развития (неэволюционных. — *И. А. и Н. М.*), но в современном применении они вносят неясность (*obscurity*) [Siegler, Chen 2008]. С трудностями операционализации и «неясностью» они связывают низкую частоту встречаемости этих понятий в психологической литературе. Это обстоятельство отмечено также и нами при анализе психологических

словарей и энциклопедий (см. раздел 2.2). Анализ работы Зиглера и Чена позволяет предположить, что трудности операционализации связаны, в первую очередь, с неопределенностью онтологического статуса предмета и объекта исследования. Если следовать приведенному ими примеру и использовать в качестве предмета исследования «впечатления от симфонии», то рассматривать «изменение впечатления от музыки при многократных прослушиваниях» и «степень интегрированности впечатления» как результат дифференциации затруднительно, причем такое исследование не может привести к сколько-нибудь заметному успеху в операционализации этих концептов. Данный пример, конечно, выдающийся, но он в некоторой степени отражает характер общих трудностей.

Дифференциация клеток в популяциях координируется аттракторами, которым соответствуют регулируемые генами предпочтительные траектории развития. Аттракторы формируются как результат межклеточных коммуникаций, которые имеют сетевую организацию [Koseska et al. 2010]. Правила дифференциации в данной популяции формируются в процессе коммуникационных взаимодействий членов популяции (*interaction-dependent rules for differentiation*); эти правила определяют темп дифференциации, распределение типов клеток, образовавшихся в результате дифференциации, а также динамическую устойчивость (*robustness*) популяции [Furusawa, Kaneko 1998; 2001]. Эти выводы построены на основе эмпирических исследований и математического моделирования дифференциации клеток. Благодаря высокой степени формализации этих результатов, их абстрактному характеру, они могут служить для обоснования их использования в объяснении процессов дифференциации в больших группах любых объектов.

Существование в единой популяции множества аттракторов дифференциации требует весьма разветвленной коммуникационной сети. Заметим, что коммуникация — взаимодействие между объектами; она может рассматриваться как процесс их интеграции, а их коммуницирующее множество приобретает свойства связности, целостности, интегрированности. Можно полагать, что коммуникационная сеть, формирующаяся в процессе дифференциации и регулирующая его, образующая связное, интегрированное сообщество объектов, продолжает поддерживать коммуникацию (реализовывать интегрирующие взаимодействия) и на множестве «детерминированных», прекративших дифференциацию объектов, выполняя какие-либо новые функции. Обращаясь к вопросам, поставленным А. Н. Поддьяковым,

заметим, что из предложенного объяснения следует, что (1) дифференциация и интеграция — не две стороны одного и того же процесса или разные его направления; их онтология принципиально различна: *дифференциация* — процесс генерации качественно нового поколения, а *интеграция* — регуляция этого процесса и координация его реализации у каждого члена популяции с процессами развития других членов через коммуникационные взаимодействия; (2) отношения между дифференциацией и интеграцией, направленность и качественные характеристики этих процессов связаны с эволюционной генеалогией предковых форм; возможности коммуникации в популяции определяются результатами этих процессов. Добавим, что поскольку интеграция образуется как продукт коммуникационных взаимодействий, то вариантов интеграции может существовать не меньше, чем количество типов коммуникационных взаимодействий, которое сложилось в процессе дифференциации.

### 3. К истории формирования концепта «ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ»

Анализ использования концепта «дифференциация» показал его тесную связь с эволюционной концепцией, причем некоторые свойства процесса дифференциации соответствуют принципиально различным вариантам эволюционизма (см. раздел 2.3). Для того, чтобы определить, как сложились эти соответствия и связанные с ними противоречия, необходимо обратиться к истории становления концепта.

За исключением оговоренных случаев, анализировали только оригинальные издания или факсимиле оригинальных изданий, «бумажные» или электронные — в PDF формате, а не их текстовую передачу и не переводы на другие языки. Цитаты приводятся в оригинальной орфографии. При оценке ссылок на работы предшественников, различали (1) ссылки, в которых авторы-предшественники только упоминаются, (2) ссылки информационного, «репродуктивного» характера и (3) ссылки, в которых исходному концепту придавалось новое содержание.

**3.1.** Первая работа Ч. Дарвина, в которой он использует термин «дифференциация» — второй том труда «A monograph on the sub-class Cirripedia» [Darwin 1854]. Он четыре раза (на страницах 19, 20 и 32) упоминает «морфологическую дифференциацию» («morphological differentiation») как меру совершенства организации типа животных, введенную К. М. Бэрром, со ссылкой на английский перевод его работы

(«English Translation, in ‘Scientific Memoirs’, 1853, vol. i, p. 228»)<sup>2</sup>. В активном применении термин «differentiation» впервые появляется в третьем издании «Происхождения видов путем естественного отбора» — центральной работе Дарвина, отмечающей начало развития современной версии эволюционизма [Darwin 1861]. В этом издании Дарвин не воспроизводит термин в значении, введенном Бэром; он придает дифференциации новое содержание, связывая ее со специализацией («differentiation and specialisation» [Ibid.: 134])<sup>3</sup>, но уже не только с разделением/расщеплением. Более того, говоря о расщеплении популяций, во всех изданиях он применяет термин «diversification» («диверсификация») [Ibid.: 122]; интересно, что в русском издании [Дарвин 1991: 104] этот термин передан как «дифференциация» — переводчик придал ему «современный смысл», но, возможно, это противоречит намерению Дарвина различить *дифференциацию* как процесс, создающий специализацию, и *диверсификацию* как разделение исходного объекта на части. К. А. Тимирязев в своем переводе «Происхождения видов» в этом фрагменте говорит о «*расчленении*» [Дарвин 1896: 75].

Нам не удалось найти активное использование термина «differentiation» ни в одном из текстов Дарвина, опубликованных ранее 1861 г., но обнаружены указания на два возможных источника заимствования

<sup>2</sup> Ссылка Дарвина указывает на английскую публикацию избранных работ Бэра, в которых понятие дифференциация многократно применяется для обозначения и объяснения процессов развития [Baer 1853]. Было бы важно идентифицировать оригинальный текст Бэра и сравнить с ним перевод, поскольку вероятно, что он выполнен или отредактирован Т. Г. Хаксли, будущим ярким сторонником теории эволюции, «бульдогом Дарвина», который мог привести в текст Бэра собственную точку зрения.

<sup>3</sup> В «Глоссарии основных научных терминов», введенном Дарвином в 6-е издание «Происхождения видов», который отсутствует во всех доступных нам русских изданиях, даны определения этих важнейших понятий: «DIFFERENTIATION. — The separation or discrimination of parts or organs which in simpler forms of life are more or less united» [Darwin 1872: 433], («Дифференциация — отделение или выделение частей или органов, которые у более простых форм жизни более или менее объединены»); «SPECIALISATION. — The setting apart of particular organ for performance of a particular function» [Ibid.: 440], («Специализация — отделение особого органа для выполнения особой функции»); *перевод авторов*. Представляется, однако, что в работах Дарвина употребление термина «специализация» вполне соответствует данному им определению, а понятие «дифференциация» в контекстах «Происхождения видов» имеет больший объем, чем предусмотрено определением.

концепта «дифференциация». Первый из них — работа К. М. Бэра, цитируемая в [Darwin 1854] и в [Darwin 1861]: «... Von Baer's standard seems the most widely applicable and the best, namely, the amount of differentiation of the different parts ... and their specialisation for different function...» [Ibid.: 133], — «Критерий, предложенный фон Бэром, по-видимому, допускает наиболее широкое приложение и представляется наилучшим: именно степень дифференцирования частей одного и того же организма... и их специализация для различных функций...» [Дарвин 1991: 111]. Второй источник — книга В. Б. Карпентера [Carpenter 1854] из библиотеки Дарвина. В этом тексте термин «дифференциация» встречается 89 раз, причем используется не только для обозначения разделения («completely differentiated from», p. 61, «полностью дифференцированная из...»), но и для характеристики уровня организации («possessing the most differentiated organization», p. 89; «приобретая наиболее дифференцированную организацию»). Дифференциация рассматривается как процесс, развивающийся градуально («differentiation of the muscular system takes place gradually», p. 66; «дифференциация мышечной системы происходит градуально»). В другом труде Карпентера («Principles of human physiology») термин «differentiation» впервые появляется в 6-м издании 1855 г. 5 раз (предшествующие издания — 1843, 1844, 1845, 1847, 1853 гг.), в 8-м издании 1876 г. термин встречается уже 32 раза. До 1854 г. этот термин не встречается ни в одной из доступных нам публикаций Карпентера (10 книг). Можно заключить, что концепт «дифференциация» был «принят» Карпентером в интервале 1853—1854 гг.; в 1854 г. он был воспроизведен Дарвином со ссылкой на английскую публикацию Бэра 1853 г. [Baer 1853] и в 1861 г. появился в 3-м издании «Происхождения видов» с оценкой позиции Бэра и с обогащенным содержанием термина. Возможно, что при этом Дарвин принял к сведению применение концепта «дифференциация» Карпентером, работу которого он цитирует в 4-м и последующих изданиях, хотя и по иному поводу (см. с. 307 и примечание 6-6 на с. 441 [Дарвин 1991]).

Использование концепции дифференциации в эволюционной теории Дарвина могло способствовать распространению понятия в сообществе биологов в Германии, уже подготовленного к этому работами Л. Окена и Бэра. Так, в немецком переводе 3-го издания «Происхождения видов» 1867 г. термины группы «дифференциация» использованы не менее 16 раз (в английском оригинале — всего 4 раза), например, «principle of divergence» [Darwin 1861: 124] преобразован в переводе в «Differenzirungsgrinciple» [Darwin 1867: 143]. Таким образом,

дифференциации уже придается значение объяснительного принципа, что можно рассматривать как проявление увеличения объема понятия «дифференциация».

**3.2.** Бэр, по-видимому, впервые использовал термин «дифференциация» в работе 1828 г. «Über Entwicklungsgeschichte der Thiere. Beobachtung und Reflexion» — «История развития животных. Наблюдения и размышления» [Бэр 1950], причем не более 5 раз, например, для обозначения фаз образования ткани («...заключают в недифференцированном виде костную, сосудистую и мышечную системы...», с. 226), описания образования зародышевых листков («Кроме дифференцировки на листки, позднее происходит и другая дифференцировка, уже внутри листков», с. 227). Важно, что понятие используется им в рамках положений преформизма. Бэр замечает: «Не существует нигде новообразований, а лишь преобразования» («Nirgends ist Neubildung, sondern nur Umbildung») [Там же: 229; Baer 1828: 156], поэтому в понимании Бэра дифференциация не является процессом, порождающим новообразования. Теория эволюции Дарвина, предлагающая объяснение порождения нового, как и положения селекционизма, не были приняты Бэром [Попов 2005].

Приведенная работа Бэра 1828 г. почти полностью вошла в состав второго тома шеститомного труда, выполненного под руководством К. Ф. Бурдаха («Physiologie als Erfahrungswissenschaft», «Физиология как опытная наука») и опубликованного с 1826 (1-й том) по 1840 г. В первом томе этой работы, отредактированном при участии Бэра, нами найдено только одно упоминание термина «дифференциация»: «Nun bestet die Bildung in Bindung der Kräfte zu einem beharrlichen Daseyn, in Indifferenzirung...» (S. 266.) («Тогда происходит формирование и связывание сил в устойчивое бытие, в недифференцированное состояние», *перевод авторов*). Вероятно, что в этой фразе содержится скрытая отсылка к натурфилософии Окена или к учению Г. Гегеля (его возможное участие в формировании концепта «дифференциация» будет рассмотрено ниже, см. п. 3.4). Проанализированы публикации сотрудников Бурдаха, выполненные до 1838 г. В работах Х. Ратке (1837 и 1838 гг.) и Р. Вагнера (1831, 1833 и 1835 гг.) не отмечено случаев применения этого термина; в книге Ф. Мейена «Phytotomie» 1830 г. отмечено высказывание о «дифференциации материи» («Differenzirung der Materie», p. 272; «дифференциация материи»); в труде Г. Валентина 1838 г. «Handbuch der Entwicklungsgeschichte des Menschen» («Руководство по истории развития человека») также использован термин «дифференциация».

**3.3.** Важный материал для обнаружения ранних случаев применения (и содержания) понятия «дифференциация» предоставляют труды Л. Окена (1779—1851) и отредактированная им «энциклопедическая газета» «*Isis, oder, Encyclopsche Zeitung*», которая выходила с 1817 по 1847 г. Окен — немецкий натурфилософ, яркий сторонник идеи развития (см. его биографию в [Райков 1969]). В 76-м выпуске первого тома «*Isis*» за 1817 г. содержатся рассуждения об органической недифференцированности и самоограничении в образовании новых форм у инфузорий («organischen Indifferenzierung und Selbstbeschränkung zu einer neuen Gestaltung hervorgeht», S. 608). В последующих томах «*Isis*», по крайней мере, до начала 1830-х гг., термин «дифференциация» встречается только при обсуждении проблем математического анализа. Одна из центральных работ Окена «*Lehrbuch der Naturgeschichte*» («Учебник естественной истории») выдержала с 1809 до 1843 г. три издания, причем в 1847 г. вышла в английском переводе. Уже в первом издании 1809 г. Окен применяет концепт «дифференциация» для объяснения образования планет, горных пород, газового состава атмосферы Земли, процессов жизнедеятельности. В английском издании термин «*differentialization*» встречается в разделах «*Ontology*», «*Geology*», «*Biology*», «*Organogeny*», «*Phylogeny*», «*Biology*»; он использован также в разделах общего характера. Важно отметить, что в книге Окена «*Abriß des Systems der Biologie*» («Очерк системы биологии») 1805 г., по нашей оценке, слова группы *Differenz*\* используются Океном только для обозначения различий между объектами и явлениями, а также индифферентности объектов к воздействиям.

Поиск применения терминов из изучаемой группы в работах биологов и эмбриологов второй половины XVIII — начала XIX в. не выявил случаев их применения для обозначения тех процессов, которые, начиная с работ Окена, обозначаются как «дифференциация». В доступных нам работах крупнейших исследователей этого периода, таких как G. Mangili (1767—1829), P. Mascagni (1755—1815), M. Rusconi (1776—1849), A. Scarpa (1752—1832), J. Swan (1791—1874), W. Cheselden (1688—1752), Albrecht von Haller (1708—1777), F. G. Danz (1770—1793), A. F. Funk (1802—1830), K. Senff (1776—1816), H. Wrisberg (1739—1808), K. F. Wolff (1734—1794) и др., не было найдено ни одного случая применения терминов, обозначающих дифференциацию. Поскольку в этот период в науке доминировал латинский язык, то в рассмотренных текстах встречались только латинские слова «*differentia*», «*differentis*», «*differe*», «*differentem*», «*differunt*»,

их немецкие, английские, французские, итальянские аналоги и грамматические производные.

Публикация книги Окена «Lehrbuch der Naturgeschichte» на английском языке [Oken 1847], несомненно, способствовала распространению концепта дифференциации среди британских биологов. Так, Карпентер цитирует и использует представления Окена о дифференциации в своей книге [Carpenter 1854], которая, по нашей оценке, является ключевым звеном цепи переноса концепта в эволюционную теорию Дарвина. Заметим, что Дарвин упоминает Окена в третьем издании «Происхождения видов» 1861 г., но не в связи с идеей дифференциации (в разделе «Исторический набросок развития воззрений на происхождение видов, предшествовавших публикации первого издания этого труда»). Представляется, что возможность развернутых содержательных ссылок Дарвина на Окена была ничтожно мала, поскольку при первом же упоминании он охарактеризовал его книгу как мистическую: «...in his mystical ‘Natur Philosophie’» [Darwin 1861: xix]. Возможно, что именно точность цитирования Окена, корректность перевода немецкого оригинала его книги на английский язык [Oken 1847] способствовали принятию идеи в среде британских биологов. В сравнении с этим, публикация шеститомника Бурдаха «Physiologie als Erfahrungswissenschaft» на французском языке («Traité de physiologie considérée comme science d’observation», «Трактат о физиологии как наблюдательной науке», Vol. 1—9, 1837—1841) не привела к распространению нового концепта в сообществе французских биологов. Во французском переводе объем понятия «дифференциация» был сужен до обозначения разделения/расщепления исходного объекта на части, именно эта сторона концепта и была передана в переводе. Так, немецкий термин «Differenzierung» (немецкий оригинал. Bd. 2. § 476. S. 797) был переведен как «une scission en parties multiples» (Vol. 4. § 476. P. 137; «разделение на многие части», *перевод авторов*). Характеристика процесса развития «die vortschreitende Differenzierung» (Bd. 2. § 478. S. 821; «поступательная дифференциация») передана как «un progrès continué dans la manifestation de différences» (Vol. 4. § 478. P. 164; «непрерывное развитие, проявляющееся в различиях», *перевод авторов*). Весьма возможно, что такой перевод показывает скорее стремление к точной передаче смысла понятия в соответствии с представлениями о развитии в сообществе французских специалистов, чем неаккуратность переводчика.

Неприятие понятия «дифференциация» со свойствами, которыми это понятие было обогащено в группе сотрудников Бурдаха, прежде

всего Бэр, можно связать с распространенным среди французских биологов настороженным отношением к эволюционным теориям, даже ламаркистским. Т. Юнкер и У. Хоссфельд замечают: «Интересно, что ламаркизм как альтернатива дарвинизму (особенно, как психоламаркизм) в XIX и XX вв. получила наибольшее развитие не во Франции, а в Германии и Англии» [Юнкер, Хоссфельд 2007: 77]. Заметим, однако, что через три десятилетия во французском переводе 6-го английского издания «Происхождения видов» [Darwin 1873] выявлено только два случая прямого избегания применения термина «дифференциация» из семи возможных. Например, фраза из оригинала (впервые введенная Дарвином в 3-е издание 1861 г.): «It is, however, probable that the two sorts of flowers borne by the same plant were originally differentiated by finely graduated steps» [Darwin 1872: 147] («Тем не менее, вероятно, что оба эти сорта цветов, развивающиеся на одном и том же растении, первоначально дифференцировались путем последовательных тонко градуированных шагов», перевод из [Дарвин 1991: 156]), передана так: «On peut aussi montrer la formation de deux sortes de fleurs sur une même plante s'est effectuée par gradations insensibles» («Можно также обнаружить формирование двух сортов цветов на одном и том же растении, совершающееся незаметными градациями», перевод авторов) [Darwin 1873]. В предыдущих французских изданиях замен термина «differentiation» и его производных было больше. Современный французский термин «différenciation», вполне соответствующий терминам конца первой половины XIX в. — английскому «differentiation», немецким «Differentiation» и «Differenzierung /Differenzierung», появился в обиходе французских исследователей именно в начале 70-х годов XIX в., но даже в весьма полном словаре французского языка [Littré 1883: 1159] слово «différenciation» (sic!) определяется только как математический термин.

**3.4.** Какова роль философско-логического учения Гегеля в возникновении концепции дифференциации? Прямых отсылок на труды Гегеля в рассмотренных работах не обнаружено. Можно отметить лишь упоминание «так называемой диалектики» в «методологической» части 1-го тома «Die Physiologie als Erfahrungswissenschaft», отредактированного Бэр, и приведенный выше фрагмент из этой же книги, возможно отсылающий к Гегелю. В предисловии к английскому изданию книги Окена [Oken 1847] переводчик А. Талк заметил, что эта работа стоит особняком в Германии как наиболее практическое приложение принципов, разработанных Ф. В. Й. Шеллингом, она представляет собой доступное введение в разработки этой темы Лукрецием, Гегелем

и другими авторами. О Карпентере, активном участнике создания концепции дифференциации, известно, что «у него не было философской подготовки, ... пытаюсь овладеть принципами Канта или Гегеля, он чувствовал себя как в чужой стране, среди людей, говорящих на чужом языке, который он неспособен выучить» (*перевод авторов*) [Carpenter 1889: 117].

В оригинале трех частей «Науки логики» и «Феноменологии духа» Гегеля не встречается ни одного применения термина «дифференциация» вне математического контекста. Этот термин отсутствует и в русском переводе его работ, появляясь лишь в комментариях. Интересно, что английское издание этих работ содержит множество употреблений слова «differentiation»; переводчик, по-видимому, ввел их «по смыслу». Представляется, что в философско-логическом учении Гегеля о развитии понятий, «порядка познания», как движении из общего, всеобщего, абстрактного к частному, особенному, конкретному, можно найти соответствие только самым начальным формам идеи дифференциации. Логические основы конструкции Гегеля — операция дедукции и разделительное (дизъюнктивное) суждение. Дедукция представляет собой правило вычленения из antecedента содержания, уже предсуществующего в нем, преформированного<sup>4</sup>. Как и дизъюнкция, дедукция не порождает новообразование и не объясняет его генерацию. Важно, что логическая операция дедукции эксплицитно не предполагает порождение *множества* различных консеквентов. Так, в полуторавековом применении гипотетико-дедуктивного метода к организации эмпирического исследования только в последние 40—50 лет появляется требование обязательного формирования альтернативных гипотез (см. [Александров, Максимова 2006]).

**3.5.** Если идея дифференциации действительно коренится в учении Гегеля, то применить ее как концепцию естествознания мог именно *натурфилософ* Окен, а не «конкретно-научные» биологи, эмбриологи и физиологи. Если учение Гегеля действительно было легко преобразуемо в форму, приемлемую для методологии конкретных научных исследований, то, по крайней мере, для историков такое нововведение было бы логичным, но этого не произошло. Заметим, что первая работа Окена, в которой появляются признаки нового понятия, появилась

---

<sup>4</sup> Этому свойству дедукции соответствует понимание дифференциации Бэром ср. его суждение, уже приведенное выше: «Не существует нигде новообразований, а лишь преобразования» («Nirgends ist Neubildung, sondern nur Umbildung») [Бэр 1950: 229; Ваер 1828: 156].

именно в Германии, причем через два года после опубликования «Феноменологии духа» (1807 г.). То, что идея дифференциации реализована Океном как общенаучная, наддисциплинарная, не в полной мере конкретизированная, указывает на правдоподобие гипотезы о выведении им представления о дифференциации из логико-философского учения Гегеля. Именно в подаче Окена концепция дифференциации могла быть воспринята Бэрром. Действительно, в книге Бэра [Бэр 1950] нет ни одного упоминания Гегеля, но присутствует подробное разъяснение отношения к работам Окена. Заметим, что начало формирования идеи дифференциации, как и многих других теорий развития («овизма», «сперматизма», эпигенеза — и в XVII в., и в работах К. Уоддингтона [Waddington 1956]), связано с эмбриологией, даже теория системогенеза П. К. Анохина [Анохин 1975б] использовала материал эмбриологических исследований.

Распространение концепции дифференциации в группе эмбриологов и биологов, прошедших школу Бурдаха и работавших с ним, заняло несколько лет, так что уже в 1831 г. концепт «дифференциация» появляется в работах биологов, не входящих в это сообщество, а к 1854 г. он введен в обиход британских физиологов [Carpenter 1854].

В начальный период становления концепция дифференциации развивалась в группах предшественников эволюционизма, сторонников преформизма, инструктивизма (который генетически восходит к представлениям «*tabula rasa*») и эпигенетиков. Введение Дарвином идеи дифференциации в эволюционную теорию, по-видимому, привело к сведению множества возможных траекторий развития концепции дифференциации к двум доминирующим. Первая из них — эволюционная, она преобразовала концепцию дифференциации в неотъемлемую часть теории эволюции и рассматривает ее как объяснение порождения новообразований. Вторая траектория — ортогенетическая (см. раздел 2.3), которая в своих истоках противостоит эволюционным концепциям, производным от дарвинизма [Попов 2005]; эта траектория подчеркивает аспект «расщепления», разделения исходных форм, не указывает на порождение нового как на основной атрибут процесса дифференциации. «Эпигенетическая» траектория представляется весьма эклектичной, она разделяет как многие положения синтетической теории эволюции (селекционизма), так и ортогенетических теорий [Александров 2006; Попов 2005]. Противостояние этих траекторий хорошо описано уже в словаре [Baldwin 1901], его можно видеть и в современной литературе (см. разделы 2.2 и 2.3).

**3.6.** Реконструированная история образования концепта «дифференциация» представляет собой процесс формирования современного множества разных концептов, обозначаемых одним термином «дифференциация». Этот процесс относится к классу эволюционных, он является монофилетическим, т. е. обладает единым корнем, ветвлением, соответствующим приданию дифференциации новых свойств, и разветвленной кроной разнообразных продуктов эволюции протоформы.

В качестве протоформы концепта дифференциации послужило положение классической немецкой философии (И. Г. Фихте, Г. Гегель) о движении развития от неопределенных форм ко все более определенным. В начале XIX в. эта идея широко обсуждалась в кругах интеллектуалов и получила в одной из не относящихся к «мейнстриму» популяций натурфилософов (Окен и, возможно, авторы «Энциклопедической газеты “Isis”») новое применение для объяснения широкого круга трансформационных процессов в геологии, планетологии, ботанике, физиологии, эмбриологии. Широкий спектр объяснительных возможностей концепт «дифференциация» сохраняет до нашего времени. В новом, натурфилософском применении дифференциация приобрела два новых свойства. К движению от неопределенного к определенному добавляются свойства расщепления дифференцируемого объекта на части и трансформации свойств частей при разделении. В этой начальной форме концепт стал применяться в одной группе специалистов (сначала Бэр, а затем другими сотрудниками Бурдаха), затем его стали использовать биологи и эмбриологи в Германии и Британии, например, К. Б. Райхерт (1811—1883), В. Карпентер (1813—1885).

В ветвящемся процессе формирования концепта можно указать и тупиковые ветви. Французский перевод немецкого термина «Differenzierung» сохранил только одно свойство процесса дифференциации — расщепление, разделение исходного объекта, но утратил указание на трансформацию его свойств в образовавшихся продуктах-потомках (см. раздел 3.3), что надолго задержало применение концепта в его полном виде в исследованиях французских специалистов. Следующее событие в эволюции концепта связано с приданием дифференциации важного свойства — *образовывать новые специализации* потомков дифференцирующихся объектов и использованием концепта для объяснения процесса новообразования в работах Дарвина. Эти нововведения определили селективистскую ветвь развития представлений о дифференциации. В настоящее время эти свойства процесса дифференциации входят как важная составляющая в синтетическую теорию эволюции, в теорию системогенеза, клонально-

селекционную теорию научения [Анохин 1975б; Воронцов 1999; Швырков 2006; Edelman 1989]. Альтернативные ветви, основанные на идеях преформизма, продолжают развитие в рамках неоламаркистских представлений, сложившихся в додарвиновский период и несовместимых с селекционизмом (см. оценку словарей [Harriman 1947; Colman 2001] в разделе 2.2) и ориентированных на ортогенез. В соответствии с принципами «сетевой» (ретикулярной) эволюции и с явлениями «горизонтального переноса» продуктов (см. об этом явлении в [Конашев 2011; Makarenkov, Legendre 2004]), они заимствуют положения из селекционистской и ортогенетической ветвей, образуя размытую, эклектичную траекторию, построенную на идеях эпигенеза. Можно полагать, что противоречия в содержании концепта «дифференциация», отмеченные в разделе 2.3, объясняются, главным образом, смешением сосуществующих в настоящее время различных по происхождению вариантов этого концепта.

#### **4. ПРОЦЕССЫ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ В ФОРМИРОВАНИИ СТРУКТУРЫ ЗНАНИЯ**

**4.1.** Проведенный анализ показал, что теоретическая абстрактная конструкция «дифференциация» формировалась в рамках различных сообществ и в настоящее время существует во множестве вариантов (см. разделы 3.5, 3.6). Для всех вариантов представлений о дифференциации могут быть даны качественно специфичные определения. С нашей точки зрения, версия с наименьшими логическими противоречиями сложилась в эволюционной селективистской методологии. Основа исследований, результаты которых использованы для анализа процессов дифференциации при формировании СЗ в данной работе, — системно-эволюционный подход [Анохин 1975а; Швырков 1988]. Важно, что положения системно-эволюционного подхода согласуются с постулатами синтетической теории эволюции, центральной современной версией селективизма (см. [Александров 2006; Воронцов 1999]), принципами взаимодействия-развития и активности [Пономарев 1983], системной версией принципа целостности [Анохин 1975а; Швырков 2006; Пономарев 1983; 2006], концепцией системогенеза [Анохин 1975б]. Следует заметить, что с позиций системно-эволюционного подхода предложено методологически непротиворечивое решение психофизиологической проблемы, которое основано на концепции специализации нейронов относительно поведенческих актов как циклов информационного взаимодействия индивида с окружением и открывает возможность содержательного сопоставления активности нейронов с процессами

формирования и реализации компетенции в различных предметных областях, а также с индивидуально-психологическими характеристиками [Александров 2006; Александров и др. 1999; Александров Ю. И. 2005; Швырков 2006].

Системно-эволюционный подход дает также теоретическое обоснование возможностей, принципиально важных для изучения процессов коммуникации (коммуникационных взаимодействий) в дифференцирующихся группах объектов, поскольку разделяет положения селективистских эволюционных концепций о том, что эволюирующей единицей является популяция, что именно популяции или группы, а не единичные особи должны приниматься в качестве объектов исследования (см. раздел 1.2).

Принимая во внимание результаты анализа концепта «дифференциация», можно модифицировать пробное определение (см. раздел 2.3) и представить его в виде перечня атрибутов процесса дифференциации как предмета исследования.

1) Дифференциация — неустраимая составляющая процесса развития, ответственная за порождение новообразований.

2) В основе дифференциации лежат эволюционные закономерности селектогенеза: она разворачивается в популяциях объектов, которые выполняют роль предковых форм, порождая многообразия качественно специфичных дочерних образований, на которых совершается процесс селекции. В результате селекции члены дочерней популяции оказываются на одной из трех траекторий: (1) формирование новой специализации с возможностью дальнейшего ее уточнения, (2) достижение окончательной («терминальной», «детерминированной») специализации, (3) элиминация. Вариант (3) прерывает данную траекторию дифференциации и реализуется по сценарию апоптоза<sup>5</sup>.

3) Разделение (дивергенция) объекта или популяции на две группы является процессом дифференциации только в том случае, если при этом происходит порождение качественно новых дочерних форм (специализаций). В силу того, что событию дифференциации соответствует бифуркация траектории

---

<sup>5</sup> См. [Александров Ю. И. 2004].

развития, дифференциация может реализовываться в (1) асимметричной форме (как отделение нового дочернего образования от сохраняющего свою специфику предка), (2) в симметричном варианте (как образование пары дочерних специфичных новообразований, при этом предковая форма не сохраняется), (3) как прямое перерождение предка в дочернее новообразование (без ветвления). В приведенных сценариях дифференциации предковая форма может либо исчерпываться, порождая новообразования, либо сохраняться и после события дифференциации.

4) Типы возможных в популяции дифференциаций и разнообразие специализаций, в том числе и терминальных, определяются в процессе коммуникации между членами популяции как множество аттракторов траекторий развития популяции<sup>6</sup>. Возможность коммуникационных взаимодействий между членами популяции — продукт процесса дифференциации. В популяции могут сосуществовать различные формы коммуникации между ее членами.

5) Морфологическая специализация конечна (она завершается при достижении «детерминированного состояния»), но функциональная специализация может продолжаться и для морфологически детерминированных членов популяции.

6) В результате процесса дифференциации в дочерней популяции порождается множество сосуществующих специализированных новообразованных членов, способных к усложняющейся коммуникации. Способность к многообразным формам коммуникации ведет к усложнению организации популяции, возрастанию ее связности и выделению специфических групп ее членов, что проявляется как интеграция дифференцированной популяции.

В приведенном перечислении атрибутов утверждения, выделенные разрядкой, представляют собой гипотетические положения, правдоподобие которых будет оценено на основе результатов эмпирических исследований.

---

<sup>6</sup> Ср. с описанным И. Пригожиным увеличением корреляции поведения членов популяции, предвещающем бифуркацию [Пригожин, Кондепуди 2002].

**4.2.** Методические приемы, которые использованы для изучения процессов формирования СЗ в предметной области стратегической игры двух партнеров (диады) в крестики-нолики на поле  $15 \times 15$  подробно описаны в [Александров 2006; Александров и др. 1999]. Следует разъяснить особо важную для достижения цели данного исследования процедуру реконструкции, устанавливающую соответствие между атрибутами предмета исследования, которые сформулированы в терминах теоретических конструктов, и свойствами объекта исследования, которые могут быть измерены в значениях переменных; таким образом, процедура реконструкции составляет основу операционализации атрибутов предмета исследования [Александров, Максимова 2006].

Выделим положения, ключевые для процедуры реконструкции СЗ.

1) Формирование компетенции совершается во взаимодействии членов диады (как партнеров по игре) с предметной областью.

2) Предметная область игры задана членам диады через правила, определяющие цели игры и ограничения способов их достижения. Процесс игры совершается как трансформация игроками положения на игровом поле в результате их поочередных ходов.

3) Ситуация на игровом поле характеризуется формально через количество цепочек из двух, трех, четырех и пяти знаков (крестиков или ноликов), которые возможно построить, развивая игровую ситуацию на следующем ходе. Акт игры (для каждого игрока) однозначно описывается последовательностью (1) исходной для хода игрока ситуации, (2) изменения исходной ситуации игроком, (3) изменением ситуации после ответного действия оппонента. Акты игры с одинаковыми количественными оценками трех последовательных ситуаций относятся к одному и тому же типу.

4) Процесс формирования компетенции для каждого игрока может быть охарактеризован в терминах репертуара актов игры определенных типов, вероятностей перехода от актов определенного типа к другим актам, запретов на некоторые переходы и обязательность других переходов, перечисление вариантов строго фиксированных воспроизводящихся последовательностей актов игры. Для акта каждого типа могут быть указаны момент его первого появления в репертуаре игрока, частота использования, временные характеристики, даны оценки двигательной активности в интервале принятия решения (выбора хода).

Перечисленные параметры процесса формирования компетенции могут быть измерены для каждого члена диады и представляют собой свойства объекта исследования (см. раздел 1.2), которые необходимо поставить в соответствие атрибутам предмета исследования.

5) Взаимодействие с предметной областью и партнером организуется как **циклы взаимодействия**, которым соответствуют акты игры, направленные на достижение определенных результатов. Продукты взаимодействия — на «полюсе объекта» — «модификация окружения», на «полюсе субъекта» — информационные модели взаимодействия [Пономарев 1983], которые фиксируются в активности групп специализированных нейронов [Александров Ю. И. 2004; 2005; Горкин 1987; Швырков 2006], представляющих компоненты структуры знания, релевантной данной предметной области [Александров 2006; Александров и др. 1999]. Гипотетическая организация совокупности моделей взаимодействия каждого игрока как члена диады с определенной предметной областью — **структура знания**, описанная в терминах компонентов, их отношений, групп компонентов, релевантная данной предметной области, построена на основании базовых теоретических положений СЭП и результатов эмпирических оценок правдоподобия этих положений, представляет собой предмет исследования (см. раздел 1.2).

6) Гипотетические соотношения между (1) репертуаром актов игры игрока и совокупностью компонентов СЗ и их генетических предшественников (протокомпонентов), (2) вероятностями переходов от одного акта к другому и степенью актуализации компонентов СЗ, соответствующих этим актам, (3) совместимостью актов игры как альтернатив выбора и отношениями между компонентами, соответствующими этим актам, (4) устойчивыми последовательностями актов игры, способствующими улучшению позиции игрока на поле, с гипотетическими группами компонентов СЗ, соответствующие этим последовательностям (стратегии), и т. п., и представляют собой *реконструкцию СЗ*. Правдоподобие пробных, альтернативных гипотетических вариантов реконструкции, построенных с использованием средств теории множеств, теории графов, теории информации, представлений о семантических сетях, фрактальных структурах, может быть оценено на основе эмпирических оценок процесса формирования компетенции.

### 4.3. Формирование протокомпонентов и компонентов СЗ.

Эта часть работы направлена на проверку предположения, что компоненты СЗ формируются группами, члены которых дифференцируются из общего «протокомпонента», представленного множеством преспециализированных нейронов, потенциальных предшественников специализированных нейронов [Александров 2006; Александров Ю. И. 2004; 2005], или «нейронов запаса» [Горкин 1987; Горкин, Шевченко 1995; Швырков 2006]. Состояние преспециализации характеризует

нейроны, морфологически детерминированные, но еще не прошедшие специализации относительно каких-либо актов поведения. Преспециализированным нейронам можно поставить в соответствие нейроны, отнесенные Дж. Эделменом к первичному ассортименту, который в результате селекции преобразуется во «вторичные ассортименты функционально эквивалентных единиц» [Эделмен 1981: 69].

Согласно представлениям, рассмотренным в разделе 2.4, преспециализированные нейроны связаны процессами коммуникации. По нашему предположению, разнообразие коммуникации должно вести к образованию неоднородностей в популяциях преспециализированных нейронов, выделению в них относительно однородных групп, связанных общностью возможных траекторий дальнейшего развития, то есть к дифференциации этих популяций на протокомпоненты. Анализ результатов реконструкции СЗ показал правдоподобие предположения, что компоненты, дифференцировавшиеся из одного протокомпонента, представляют акты игры с общностью по исходной ситуации и действию игрока и различаются по результирующей ситуации [Александров 2006; Александров и др. 1999]. Такие группы компонентов, согласно ранее опубликованным результатам, являются непосредственными продуктами дифференциации протокомпонентов. Процедуры реконструкции позволяют идентифицировать группы компонентов, связанных родством по предковому протокомпоненту, и, следовательно, оценивать количество протокомпонентов, породивших хотя бы один компонент СЗ.

**4.3.1.** Предполагали, что дифференциация протокомпонента и порождение нового компонента занимает интервал времени, непосредственно предшествующий первой актуализации компонента, связанной с реализацией нового акта игры. Чтобы установить характеристики латентного этапа формирования нового компонента СЗ — длительности, условий его инициации, особенностей стадий этого процесса, динамики состава актуализированного набора составляющих СЗ на его протяжении, анализировали последовательности из семи актов игры, включающие реализацию нового акта, пять предшествующих и один последующий. Эту последовательность обозначали:

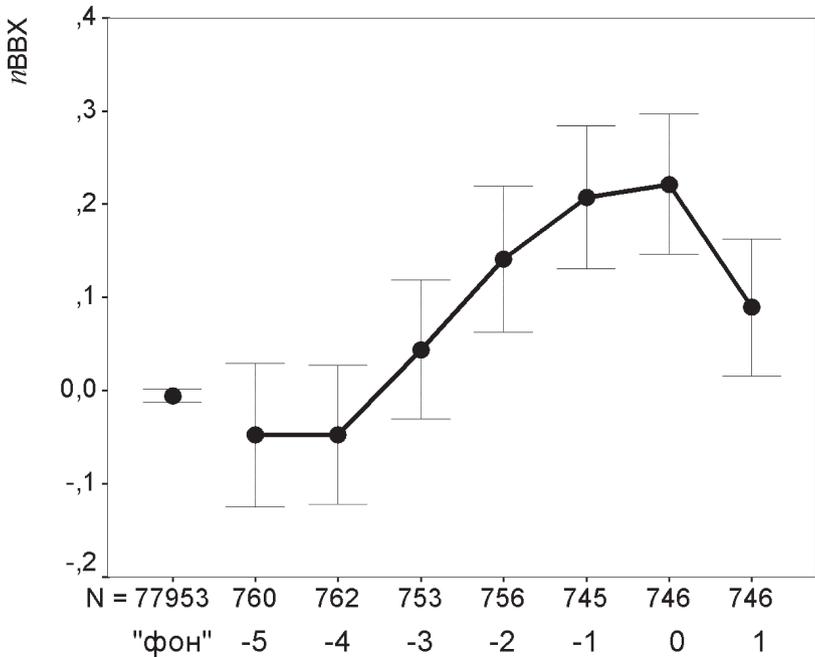
–5, –4, –3, –2, –1, 0, 1, где

«0» обозначает новый акт, символом «–» помечены акты, предшествующие новому, а «1» — акт, следующий за новым. У 256 испытуемых семи возрастных групп (медианы возрастов составили 7.0, 8.8, 10.3, 16.1, 17.4, 19.0, 22.0 лет) было выделено 783 таких последовательности (от 1 до 10 у каждого).

Основной прием, который использовали для оценки правдоподобия предположения — построение регрессионных моделей значений времени выбора хода (ВВХ) нормализованных по алгоритму Тьюки (зависимая переменная,  $n$ ВВХ); в качестве независимых переменных использовали факторные оценки, полученные при анализе характеристик СЗ, описывающих количество актуализированных компонентов, отношения на их множестве, состав и характеристики групп компонентов, представляющих конкретные игровые стратегии, энтропию распределений этих величин. Регрессионные модели строили для последовательности актов (-5, -4, -3, -2, -1, 0, 1); независимые переменные корректировали, вводя в состав переменных гипотетические формирующиеся латентные новые компоненты СЗ. Сравнивали модели  $n$ ВВХ с различными вариантами коррекции, соответствующие различной предполагаемой динамике формирования компонента на интервале, продолжающемся от акта «-5» до акта «0». Полагали, что наилучшая модель с наибольшим приближением к измеренным величинам описывает динамику формирования компонента перед его первой актуализацией. Выполнен полный перебор возможных вариантов регрессионных моделей (34 основные модели и 11, уточняющих коэффициенты). Подробнее см. в [Александров, Максимова 2003].

Установлено, что ВВХ градуально возрастает на интервале, начинающемся за три акта игры до реализации нового акта, достигает максимума в акте «-1» и при реализации нового акта, а после этого снижается до исходного уровня (см. рис. 1). Дисперсионный анализ показал значимую связь значений  $n$ ВВХ и положения акта в последовательности:  $F = 8.22$ ;  $df = 6$ ;  $p = 7.05 \times 10^{-9}$ . Динамика  $n$ ВВХ в последовательности актов показана на рис. 3. Множественные сравнения по Шеффе показали, что минимальные значения  $n$ ВВХ соответствуют «фону» и актам «-5» и «-4», а максимальные — актам «-1» и «0», для этих сопоставлений  $p < .001$ . Разница медианных оценок ненормализованных значений 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.

Лучшие регрессионные модели  $n$ ВВХ были получены в случае введения в состав реконструированного набора компонентов СЗ дополнительного компонента, причем именно на интервале от акта «-3» до акта «0». Качество модели достигало максимума в том случае, если вводили вероятность формирования на этом интервале более чем одного компонента СЗ. Эти результаты означают, что на протяжении трех актов игры, предшествующих первой реализации нового



**Рис. 1.** Изменение времени выбора хода ( $nBBX$ ) 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:*  $nBBX$  (среднее и стандартная ошибка среднего) в единицах дисперсии.

акта, ранее не содержащегося в индивидуальном репертуаре игрока, происходит формирование, по крайней мере, одного компонента СЗ. Включение формирующихся компонентов СЗ в состав совокупности актуализированных «старых» компонентов проявляется в закономерном изменении ВВХ, что, собственно, и выявило сравнение регрессионных моделей, учитывающих или не учитывающих эти гипотетические компоненты.

Заметим, что в изменении временных характеристик поведения при выборе хода проявляются не сами формирующиеся компоненты, а «следы» их взаимодействий, коммуникаций с другими компонентами (см. раздел 2.4), изменения характеристик организации всей совокупности актуализированных компонентов. Такие изменения отмечены еще до начала достоверного нарастания ВВХ — при реализации

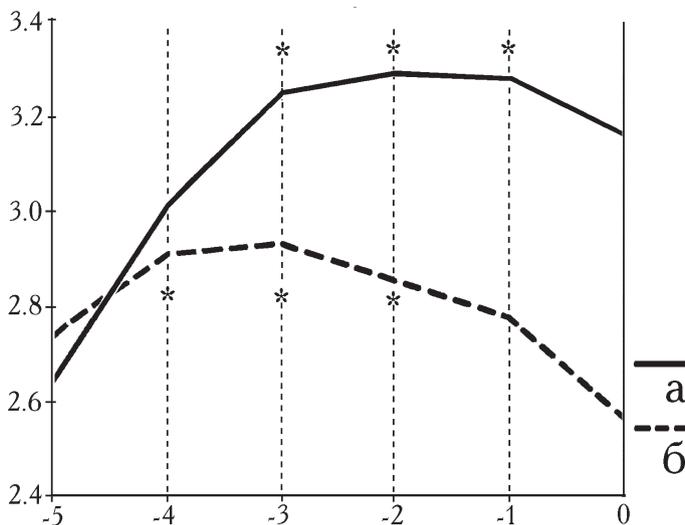
акта «-4»: к акту «-3» по сравнению с «-5» происходит увеличение количества актуализированных компонентов СЗ, конкурирующих в принятии решения ( $\chi^2 = 58.27$ ;  $df = 1$ ;  $p = 2.27 \times 10^{-14}$ ), количества компонентов СЗ, включенных в стратегии ( $\chi^2 = 14.87$ ;  $df = 1$ ;  $p = 0.0001$ ); при этом снижается длина актуализированных стратегий ( $\chi^2 = 18.49$ ;  $df = 1$ ;  $p = 1.7 \times 10^{-5}$ ).

На протяжении последующих актов («-2» и «-1») наблюдается снижение количества компонентов СЗ, включенных в стратегии ( $\chi^2 = 49.45$ ;  $df = 1$ ;  $p = 2.02 \times 10^{-12}$ ), длины всего набора стратегий, на котором совершается выбор ( $\chi^2 = 13.56$ ;  $df = 1$ ;  $p = 0.0002$ ), а особенно — стратегий, реализованных после принятия решения ( $\chi^2 = 569.9$ ;  $df = 1$ ;  $p < 10^{-10}$ ).

На протяжении последующих актов («-2» и «-1») наблюдается снижение количества компонентов СЗ, включенных в стратегии ( $\chi^2 = 49.45$ ;  $df = 1$ ;  $p = 2.02 \times 10^{-12}$ ), особенно — в стратегии, реализованных после принятия решения ( $\chi^2 = 569.9$ ;  $df = 1$ ;  $p < 10^{-10}$ ).

Эти оценки показывают, что уже в окрестностях акта «-4» начинается развитие локальной проблемной ситуации, поскольку стратегии, содержащиеся в репертуаре игрока, неприменимы к разрешению положения, складывающегося на игровом поле. Чтобы охарактеризовать динамику собственно организации актуализированной совокупности компонентов СЗ, анализировали оценки энтропии распределений количества компонентов, представляющих альтернативы принятия решения, и компонентов, включенных в стратегии (рис. 2). В первом случае энтропия достигает максимума в актах «-3» : «-1», а во втором — в актах «-4» : «-2» (критерий Джонкхира-Терпстры; во всех случаях  $p \leq 0.018$ ). Совпадение максимумов оценок энтропии распределений для этих показателей СЗ соответствует актам «-3» и «-2».

Процесс порождения нового компонента можно локализовать во времени. Он инициируется развитием локальной проблемной ситуации в предметной области и завершается актуализацией нового сформированного компонента СЗ в совокупности составляющих СЗ при первой реализации нового акта игры. Этот процесс занимает около четырех актов игры. Динамика энтропии популяции компонентов СЗ, актуализированной на этом интервале, проявляет развитие неустойчивости, неравновесности, характерной для ситуации порождения нового [Пригожин 2001; Пригожин, Кондепуди 2002]. Связь порождения нового компонента с возникновением и разрешением проблемной ситуации, а также с развитием и разрешением неопределенности можно логически сопоставить с инициальным неспециализированным



**Рис. 2.** Энтропийные оценки разнообразия компонентов СЗ

По оси абсцисс — последовательность актов, обозначения как на рис. 1. По оси ординат — энтропия (медианы). Звездочками помечены максимальные значения оценок энтропии (критерий Джонкхира-Терпстры). Компоненты СЗ, представляющие альтернативы принятия решения — а, включенные в состав стратегий — б.

состоянием образующегося компонента и интенсивной его специализацией, необходимой для включения в совокупность актуализирующихся компонентов СЗ, а также для достижения содержательного соответствия проблемной ситуации, требующей разрешения.

Какова связь формирования нового компонента с гипотетической дифференциацией протокомпонента? Существование протокомпонентов проявляется через общность групп компонентов по их содержательному соответствию группе актов игры, сходных по двум из трех ситуаций, позволяющих однозначно идентифицировать тип акта игры. Среди аргументов, указывающих на протокомпонент как предковую форму, дифференциация которой образует новые компоненты СЗ, отметим следующие:

(1) Количество протокомпонентов, которые дифференцируются из популяции преспециализированных нейронов, ограничено. Для выборки 390 игроков оценка количества протокомпонентов, сформированных на протяжении формирования компетенции (256 ходов игры), распределена на интервале от 68 до 160. Важно, что у игроков младших

возрастных групп (до 14 лет) образуется достоверно большее количество протокомпонентов (медиана = 128 протокомпонентов), чем у лиц старшего возраста (медиана = 106). По нашему предположению, протокомпоненты — группы преспециализированных нейронов, сложившиеся в процессах дифференциационных нейрогенетических процессов, и в выявленных возрастных ограничениях ресурса формирования компонентов СЗ проявляется снижение темпа неонейрогенеза, многократно показанное в исследованиях [Barnea, Nottebohm 1994; Gould et al. 1999].

(2) Каждый протокомпонент имеет ограниченный потенциал дифференциации в компоненты СЗ, который определяется количеством преспециализированных нейронов, для которых при вхождении в состав протокомпонента набор возможных специализаций был ограничен. Количество компонентов, дифференцирующихся из одного протокомпонента, не превышает семи, причем процесс этой дифференциации у игроков старших групп протекает более интенсивно, чем у младших [Александров 2006].

(3) Каждая группа компонентов СЗ, дифференцировавшаяся из одного протокомпонента, связана взаимодействием, которое описывается логически как отношение эквивалентности (обозначим его «EQV»), оно рефлексивно, симметрично и транзитивно (см. [Осипов 1997]). Можно предположить, что это отношение между компонентами, имеющими в качестве предковой формы один и тот же протокомпонент, воспроизводит коммуникационное взаимодействие, образовавшее протокомпонент и поддерживающий его существование. В таком случае это отношение — наиболее «первоначальное» проявление дифференциации компонентов. Новообразованные компоненты связаны этим отношением исходно, его формирование не занимает специального интервала времени. Модели взаимодействий между компонентами СЗ, формирующиеся позже, описываются логически такими отношениями, как «AND», определяющим обязательную одновременную актуализацию компонентов, «IOR» (Inclusive OR), допускающим необязательную совместную актуализацию компонентов и «XOR» (eXclusive OR), запрещающим одновременную актуализацию. Временные затраты на формирование моделей, реализующих перечисленные отношения, возрастают от AND к XOR и IOR [Александров 2006]. Эта закономерность объясняется тем, что модели отношений XOR и IOR, дифференцирующихся позже, чем «первичная» модель отношения EQV и AND, обладают большей сложностью организации. Можно предполагать, что отношение EQV является протоформой, из которой через ограничения степеней свободы

формируются другие типы отношений между компонентами. Например, модель отношения EQV, обладающего свойством *рефлексивности*, дифференцируясь, порождает модель *нерефлексивного* отношения следования, а в последующих дифференциациях — модели *антирефлексивного*, *нетранзитивного*, *симметричного* отношения XOR и *антирефлексивного*, *нетранзитивного* и *несимметричного* отношения IOR. Заметим, что отношение AND, в соответствии с этим предположением, представляет собой непосредственный продукт дифференциации отношения EQV, утратившего при этом лишь свойство рефлексивности, что проявляется в сходстве свойств этих отношений (см. [Александров и др. 1999]); при этом отношение AND принципиально более избирательно, чем EQV, связывая компоненты в группы не по их родству, а в соответствии с историей их совместной актуализации. Таким образом, поскольку организация группы компонентов, непосредственного потомка протокомпонента, характеризуется наименьшей степенью сложности, по сравнению с организационными формами, образующимися на их основе, то популяцию протокомпонентов можно рассматривать как наиболее первичный (*primordial*) базис, из которого дифференцируется целостная структура знания, релевантная конкретной предметной области.

**4.3.2.** Порождение новых протокомпонентов происходит по сценарию дифференциации.

Предковая форма для формирования СЗ как целостной организации, компоненты которой фиксируют множество информационных моделей взаимодействия индивида как члена диады с предметной областью, — популяция преспециализированных нейронов, продуктов неонейрогенеза, сопоставимых с нейронами первичного ассортимента [Александров Ю. И. 2005; Эделмен 1981]. Непосредственные предки преспециализированных нейронов — клетки, завершившие дифференциации по траектории на древе стволовых клеток, «морфологически детерминированные» клетки; их потомки — продукты последующих качественно иных дифференциаций, образующих специализации относительно взаимодействий с предметной областью — «поведенческие специализации», в терминологии Эделмена — нейроны «вторичного ассортимента» [Александров Ю. И. 2005; Эделмен 1981]. Коммуникационные процессы в популяции преспециализированных нейронов, то есть их взаимодействия между собой, а также с нейронами, уже начавшими процессы специализации относительно информационных моделей, фиксирующих взаимодействия индивида с данной предметной областью, ведут к дифференциации этой

популяции, к образованию в ней неоднородностей, формированию групп с различными свойствами, с разными возможностями будущих специализаций относительно взаимодействий (1) и (2). Такие группы нейронов приобретают статус протокомпонентов формирующейся СЗ. Процесс порождения из популяции преспециализированных нейронов протокомпонентов представляет собой наиболее ранний тип дифференциации в процессах формирования СЗ, инициирующийся при вхождении в новую предметную область. Обозначим его «*дифференциация-I*». В последующих дифференциациях протокомпоненты могут далее достичь какой-либо степени специализации в СЗ или быть элиминированными по сценарию апоптоза.

Интенсивность дифференциации-I непосредственно связана с продуктивностью неонейрогенеза, что проявляется в снижении темпа порождения протокомпонентов с возрастом (см. выше, а также [Александров 2006]). Заметим, однако, что эта связь может существенно модифицироваться у некоторых индивидов, например у лиц, сохраняющих мотивацию к обучению в течение длительного времени [Александров и др. 2012]. Важно, что сам эффект столь длительного сохранения мотивации в этом случае можно связать с гипотезой «мотивирующей роли прасистем» [Швырков 2006]. Если взаимодействия, сформированные протокомпонентом до его включения в состав формирующейся СЗ с другими протокомпонентами, могут воспроизводиться после дифференциации протокомпонентов в компоненты СЗ, то эти взаимодействия можно рассматривать как феномен влияния «древних систем» [Александров Ю. И. 1989; Швырков 2006], даже если объем протокомпонента (то есть количество преспециализированных нейронов, прошедших дифференциацию-I, в его составе) в результате дифференциации в компоненты СЗ будет исчерпан, и протокомпонент перестанет существовать. Заметим, что в этом случае иерархических отношений между «исчерпанным» протокомпонентом и компонентами СЗ, как его потомками, не может быть в принципе.

**4.3.3.** Процесс порождения компонентов СЗ, предковой формой которых являются протокомпоненты, также представляет собой дифференциацию. Это событие инициируется возникновением локальной проблемной ситуации на игровом поле, признаком которой служит недостаточность репертуара игровых стратегий, пригодных для создания помехи действиям оппонента. Судя по характеристикам актуализированных наборов составляющих СЗ, признаки возникающей проблемы становятся обнаружимыми за 4 хода до первой реализации нового акта игры и соответствующей ему первой актуализации новообразованного

компонента СЗ. Во время этих актов игры происходят основные события дифференциации. В интервале, ближайшем к инициации процесса дифференциации, происходит интенсивное возрастание энтропии наборов актуализированных «старых» компонентов СЗ (см. рис. 2), что указывает на неравновесное состояние СЗ при прохождении бифуркации траектории развития.

Количественные результаты математико-статистического моделирования этого процесса показали, что при возникновении и разрешении локальной проблемной ситуации из протокомпонента дифференцируется один или два новых потенциальных компонента, причем только один из них может реализоваться как компонент в ближайшем новом акте игры. Остается неясным, элиминируется ли второй возможный компонент после того, как он оказался «лишним», или он может войти в состав СЗ при разрешении следующих проблемных ситуаций. Моделирование показало также, что вхождение нового компонента в СЗ на протяжении актов игры, предшествующих его актуализации в новом акте, происходит градуально, в чем, возможно, проявляется процесс формирования у дифференцирующегося компонента свойств, необходимых для разрешения еще не наступившей, но ожидаемой проблемной ситуации: *специализации компонента относительно информационной модели взаимодействия индивида с предметной областью*. Результат дифференциации компонента — формирование соответствующей специализации у каждого из группы нейронов, реализующих его. Возможно, что на данном кратком интервале нейроны проходят лишь начальные этапы длительного процесса специализации. Продолжение и завершение специализации связано с экспрессией поздних генов, с развертыванием аккомодационной реконсолидации [Александров Ю. И. 2004]. Те нейроны, метаболические потребности которых вступают в неустрашимое противоречие с новыми способами согласования с другими нейронами, оказываются на траектории «альтруистического суицида» и элиминируются [Александров Ю. И. 2005].

Можно полагать, что градуальный процесс специализации компонента регулируется формирующимся *ex tempore* в актуализированной популяции компонентов аттрактором, как «образом» необходимого компонента. Действительно, до того, как проблемная ситуация становится обнаружимой, необходимые свойства компонента не могут быть определены, а к началу актуализации нового компонента в новом акте игры и завершению дифференциации, он ими уже обладает. Хотя точность соответствия свойств нового компонента требованиям ситуации может быть и не достигнута, но новый компонент уже

введен в состав СЗ. На протяжении нескольких актов игры дифференцирующийся компонент с необходимостью должен сформировать взаимодействие, которое логически описывается как отношение следования, с компонентом(ами), чья актуализация предшествует его первой реализации, а также с компонентом(ами), которые могут быть актуализированы после него. Экстремальные значения времени выбора нового акта игры и его предшественника (см. рис. 1), возможно, служат проявлением этих сторон процесса дифференциации.

Компоненты СЗ, являющиеся потомками одного и того же протокомпонента, связаны взаимодействиями, логически описываемыми отношением EQV (см. раздел 4.3.1, (3)), и их связная группа может сохранять положение в СЗ, замещающее «израсходованный» в последовательных дифференциациях протокомпонент и выполняющее роль прасистемы.

После прохождения каждого события дифференциации протокомпонент утрачивает часть объема и, согласно нашим оценкам, может породить не более семи компонентов, прошедших траекторию этой дифференциации до включения в состав СЗ, не считая те компоненты, которые, возможно, не прошли селекцию и были элиминированы.

Варианты дифференциации протокомпонента в компоненты описываются с помощью теории графов. Так, для дифференциации с четырьмя конечными продуктами существует 15 возможных корневых деревьев [Вейр 1995]. Из теоретически возможных вариантов наиболее правдоподобно «тангенциальное» [Лэмб 1980: 151] или асимметричное деление (см. раздел 2.3), при котором протокомпонент последовательно порождает дочерние компоненты, сохраняя свой статус. Эта версия не противоречит ограниченному количеству возможных дифференциаций протокомпонента. Против вариантов, которые предполагают изменение свойств протокомпонента после каждого порождения нового компонента СЗ, говорит результат, полученный в работе [Александров, Максимова 2003]: первая и последующие дифференциации протокомпонента неразличимы ни по условиям порождения, ни по временным характеристикам процесса, ни по свойствам формирующихся компонентов.

Дифференциация компонентов СЗ из протокомпонентов (обозначим ее как *дифференциация-II*) радикально отличается от дифференциации-I тем, что ее интенсивность возрастает в возрастном ряду [Александров 2006]. Можно предположить, что эта форма дифференциации в меньшей степени связана с процессами нейрогенеза,

чем дифференциация-I, но ведущим фактором, определяющим свойства продуктов дифференциации-II, представляется степень сложности СЗ как среды, во взаимодействии с которой протекает процесс дифференциации новых компонентов (см. раздел 2.4). Сходное предположение о возможных модификациях нейронов «резерва» (преспециализированных нейронов) в процессе научения, не вовлекающего эти нейроны (используя терминологию настоящей работы, — еще проходящих дифференциацию-I), было высказано Ю. И. Александровым [Александров Ю. И. 2005: 857].

Важная общая черта дифференциаций I и II проявляется в том, что процессы формирования популяций протокомпонентов и компонентов аппроксимируются степенными функциями. Это означает, что протокомпоненты и компоненты порождаются непосредственно из предковых форм, без промежуточных образований [Варфоломеев, Гуревич 1999].

**4.3.4.** Единство и целостность СЗ, связность компонентов и возможность их *взаимоС<sub>О</sub>действия* в достижении целей игры, важнейшего свойства организации СЗ, основы ее системной организации [Анохин 1975a], обеспечивают взаимодействия между компонентами. Именно взаимодействия между компонентами соотносят во времени снижение эффективности стратегий и начало процесса формирования нового компонента при зарождении проблемной ситуации в предметной области (см. раздел 4.3.1).

Взаимодействия компонентов СЗ могут быть логически представлены как отношения разных типов (см. раздел 4.3.1 (3)). Более полный анализ организации СЗ показывает, что существует по крайней мере 8 типов отношений между компонентами. «Прототипическое» отношение EQV, которое образуется в рамках протокомпонентов, продолжает связывать группу компонентов и после их дифференциации из одного общего для них протокомпонента. Отношения четырех типов относятся к диахроническим, они организуют СЗ как пропозициональную семантическую сеть, обеспечивают последовательность актуализации компонентов, ветвление сети, связывают компоненты в группы, представляющие стратегии двух типов — линейные (не допускающие повторной реализации актов игры) и циклические (допускающие повторы и изменения порядка реализации актов игры). Три типа синхронических отношений придают СЗ свойства ассоциативной семантической сети, определяя согласованность одновременной актуализации или налагая запрет на нее для групп компонентов СЗ, связывая компоненты в группы, соответствующие какой-либо

из сторон взаимодействия игрока с предметной областью (домены). Различные типы отношений требуют разных временных затрат на формирование, темп их формирования изменяется с возрастом испытуемых [Александров 2006; Максимова и др. 2001].

Возможность воспроизведения взаимодействий между компонентами СЗ обеспечивает фиксация специфической для каждого типа взаимодействия информационной модели в организации компонентов. Принципиально важно, что каждый компонент СЗ (по определению, см. раздел 4.2, п. 5) является носителем информационной модели взаимодействия с предметной областью, это — его специализация (см. раздел 4.3.3), и одновременно — носителем множества моделей взаимодействий различного типа с другими компонентами, которым соответствуют дополнительные специализации.

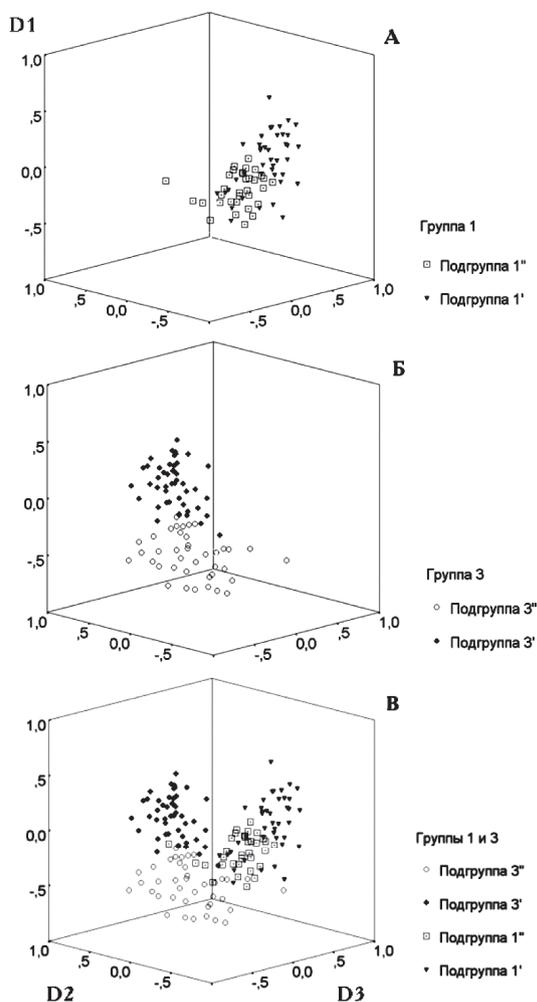
Таким образом, уже на самых ранних стадиях формирования компонента должна происходить дифференциация внутренней структуры компонента, образование его суборганизации, фиксирующей множество моделей взаимодействия данного компонента с другими компонентами СЗ.

Чтобы описать суборганизацию компонента и ее роль во взаимодействиях с другими компонентами, анализировали формы специализации корковых нейронов, зарегистрированных в исследованиях, которые были проведены А. Г. Горкиным и Д. Г. Шевченко [Горкин, Шевченко 1990; 1995], у животных, выполняющих сложное пищеводобывательное поведение в клетке, у противоположных стенок которой располагались связанные друг с другом педаль и кормушка. Кролики последовательно выполняли циклы поведенческих актов «нажатие на педаль (P1) — подход к кормушке (P2) — захват пищи (P3) — поворот от кормушки к педали (P4) — подход к педали (P5)»; с правой (P1—P5) — цикл Ц, и левой стороны (P1' — P5') — цикл Ц'. У животных трех групп (3, 3 и 4 кролика) формировали одно и то же дефинитивное поведение, применяя при обучении в разных группах разный порядок актов. У 10 животных, обученных тремя разными способами, регистрировали активность нейронов лимбической коры при реализации дефинитивного поведения. См. подробное описание методики [Горкин, Шевченко 1990]. Рассмотрена активность 483 нейронов. Нейрон считали специализированным относительно акта, в котором активация наблюдалась с вероятностью 100%. Поскольку поведенческие акты — реализация целостных циклов взаимодействия индивида с предметной областью, на основании анализа типов поведенческих специализаций нейронов выделяли *компоненты* структуры

опыта (СО, аналог СЗ в применении к анализу поведения животных), представляющие акты репертуара. Отношения между компонентами оценивали по знаку и величине коэффициентов корреляции между значениями активности нейронов в разных поведенческих актах. Положительные значения коэффициентов корреляции рассматривали как проявление отношений *синергии*, а отрицательные — как отношений *оппонентности* между компонентами СО. Для анализа организации групп специализированных нейронов, представляющих компоненты СО, использовали иерархический кластерный анализ (переменные — отношение частоты спайковой активности в каждом из 10 актов к максимальной частоте для каждого нейрона). Каждый выделенный кластер характеризовали по связи активаций с различными актами циклов Ц и Ц'. Для построения геометрической модели разнообразия специализаций групп нейронов и субструктуры этих групп применяли многомерное шкалирование (процедура *PROXSCAL*). Шкалировали вектора, представляющие активность нейронов в 10 актах двух циклов [Александров 2006].

Кластерный анализ активности нейронов выделил группы нейронов, каждая из которых точно соответствует специализации относительно одного из 10 поведенческих актов, которым были обучены животные. Поскольку поведенческие акты реализуют циклы взаимодействия индивида с предметной областью, то специализацию нейронов относительно поведенческого акта можно рассматривать как проявление фиксированной в свойствах нейронов этой группы модели определенного взаимодействия с предметной областью. Это означает также, что такая группа нейронов соответствует компоненту СО.

Установлено, что группы специализированных нейронов, соответствующие компонентам СО, имеют сложную организацию. В группах нейронов с общей специализацией относительно определенного поведенческого акта выделяются подгруппы, имеющие дополнительные специализации (относительно от одного до пяти других актов). Таким образом, все нейроны каждой группы эквивалентны по их общей специализации, но некоторые их подгруппы могут различаться по дополнительным специализациям. В свою очередь группы нейронов с различными основными специализациями могут содержать подгруппы, сходные по дополнительным специализациям. На рис. 3 показана геометрическая модель организации групп специализированных нейронов, построенная при помощи процедуры многомерного шкалирования. Нейроны группы 1 имеют общую специализацию относительно



**Рис. 3.** Суборганизация групп специализированных нейронов

D1, D2, D3 — оси пространства.

На А — суборганизация группы 1. Подгруппы нейронов 1' (▼) и 1'' (□) специализированы относительно акта P3 (основная специализация), но подгруппа 1'' (□) также имеет дополнительную специализацию относительно акта P4.

На Б — суборганизация группы 3. Основная специализация подгрупп 3' (■) и 3'' (○) — акт P3', у подгруппы 3'' (○) — дополнительная специализация относительно акта P4.

На В — взаимное расположение этих групп нейронов.

акта подхода к педали, расположенной на левой стороне клетки (P3), а группы 3 — подхода к педали на правой стороне (P3'). Часть нейронов этих групп имеет дополнительную специализацию — относительно акта нажатия на педаль: соответственно, для подгруппы 1" — левую (P4) или для подгруппы 3" — правую (P4').

Показано, что компоненты, начавшие формироваться на ранних стадиях обучения, обладают более сложной суборганизацией, чем сформированные на поздних стадиях. Показано также, что у животных, обученных разными способами, суборганизация компонентов, аналогичных по основной специализации, может различаться. Эти результаты соответствуют предположению, что суборганизация компонентов СО фиксирует историю взаимодействий индивида с предметной областью.

При помощи частных корреляций между оценками уровня активности нейронов в различных поведенческих актах, кластерного анализа и результатов многомерного шкалирования показано соответствие отношений между компонентами СО и дополнительными специализациями в группах нейронов, представляющих эти компоненты. Это соответствие выявлено для диахронического отношения следования (определяющего порядок актуализации компонентов), синхронических отношений оппонентности (запрещающего одновременную актуализацию компонентов) и синергии (разрешающего одновременную актуализацию). Показана тенденция увеличения количества отношений, связывающих компонент с другими компонентами, при усложнении его суборганизации.

Таким образом, в основе формирования взаимодействий между компонентами СЗ (в логическом описании — отношений между ними) лежит порождение новообразований — выделение в группе нейронов, реализующих компонент СЗ, подгрупп нейронов с дополнительными специализациями относительно информационных моделей для каждого типа взаимодействий. При формировании на множестве нейронов с одинаковой общей специализацией (относительно модели взаимодействия с предметной областью) множества новообразований с необходимостью возникают конкуренция и метаболические противоречия, разрешение которых может происходить по сценарию селекции с возможностью либо их разрешения в процессе аккомодационной реконсолидации [Александров Ю. И. 2004], либо через «альтруистический суицид» [Александров Ю. И. 2005]. Приведенные характеристики — порождение множественных новообразований и их селекция — достаточны, чтобы рассматривать процесс формирования

суборганизации компонентов СЗ как их дифференциацию. Обозначим этот процесс *«дифференциация-III»*.

Порождение у компонента СЗ суборганизации по сценарию дифференциации-III реализуется в асимметричной форме, при этом предковая форма новообразования сохраняется после завершения дифференциации.

Дифференциация-III, как и другие типы дифференциации, реализуется в рамках коммуникации дифференцирующегося компонента СЗ с другими членами популяции компонентов и создает качественно новое обеспечение коммуникации в СЗ. Рассмотрение взаимодействий между компонентами как логических отношений показывает, что некоторые типы взаимодействий можно причислить к средствам коммуникации, но они не являются интегрирующими взаимодействиями. Таково отношение XOR (исключительное ИЛИ, его аналог в СО животных — отношение оппонентности), которое определяет запрет на одновременную актуализацию для двух компонентов или групп компонентов СЗ. Это отношение рассекает популяцию компонентов СЗ на несовместимые подмножества, оно реализуется как взаимодействие, является актом коммуникации, но не интегрирует популяцию компонентов, прошедшую дифференциацию-III. Поэтому, по нашему мнению, для характеристики последствий дифференциации следует использовать не термин «интеграция», представляется, что понятие «коммуникация» обладает большим потенциалом обобщения. Например, отношение AND между компонентами СЗ связывает их в группы с обязательной одновременной актуализацией, «интегрирует» их, но это — частный случай для всего разнообразия отношений между компонентами. Заметим, что «разделение» популяции компонентов на подмножества с несовместимой актуализацией отношением XOR не является дифференциацией популяции, поскольку не ведет к порождению новообразований, дочерних по отношению к исходной популяции. Это иная форма развития СЗ.

По нашим оценкам, компоненты СЗ вступают во взаимодействия различных типов со многими другими компонентами, но даже после формирования большого количества информационных моделей в последовательных шагах дифференциации не исчерпывают своего потенциала дифференциации (по крайней мере, у взрослых индивидов). Возможно, что дифференциация-III не является терминальной и не приближает компонент СЗ к детерминированному состоянию.

Важно, что процесс формирования наиболее сложных отношений, образующихся после завершения дифференциации компонентов из протокомпонентов, аппроксимируются кривыми S-образной формы [Александров 2006]. Это указывает на своеобразие процесса дифференциации-III, в нем выделяется «этап индукции процесса преобразования», возможно, связанный с образованием промежуточных продуктов [Варфоломеев, Гуревич 1999: 17], и отсутствующий в процессах дифференциации-I и II (см. раздел 4.3.2).

**4.3.5.** Можно ли рассматривать выделение трех вариантов дифференциации как построение классификации? Если это — классификация, то является ли она собственно типологией? Типология, в строгом значении термина, — классификационная структура, представленная непересекающимися классами эквивалентности. Для выделения классов эквивалентности («типов») может быть использован только общий для них набор критериев — либо одних и тех же атрибутов, разные варианты которых характеризуют предметы исследования, принадлежащие разным типам, либо переменных, принимающих различные (дискретные) значения для каждого из классов эквивалентных объектов. Важная характеристика типологии, как шкалы наименований, — отношения между классами. В том случае, *если отношения между классами эквивалентности определены, вся структура может считаться классификационной*, представляя собой, в соответствии с видом отношений между классами, *таксономию* (иерархическую классификационную структуру), *типологию* (классификацию, основанную на соотношении значений признаков объектов, без учета их истории) или *эволюционную кладистику* [Павлинов 2005] (классификацию по группам, имеющим общего предка, и отношениям между дочерними (сестринскими) новообразованиями).

Мы априори обозначили построенные описания различных вариантов дифференциации как «типы», отдавая дань термину общепонятному и общепотребительному в психологии. Однако, установить, является ли эта конструкция классификацией и относится ли она к типологии, возможно только учитывая результаты проведенного исследования.

1. Два из атрибутов процесса дифференциации, перечисленных в определении (см. раздел 4.1), содержат критерии, которые могут разделить варианты дифференциации как непересекающиеся классы эквивалентности. Первый из них (сохранение предковой формы после дифференциации или ее исчерпывание, см. п. 3 определения дифференциации) только частично решает задачу. Этот критерий надежно

отделяет дифференциацию-III от не различающихся по этому признаку дифференциации-I и дифференциации-II: компонент в процессе порождения суборганизации сохраняет свою специфику (см. раздел 4.3.4), в то время как ресурс популяции преспециализированных нейронов («нейронов запаса»), предковой формы протокомпонентов, принципиально исчерпаем (раздел 4.3.2), а из одного протокомпонента дифференцируется не более семи компонентов СЗ (раздел 4.3.3). Более мощный критерий — качественное своеобразие продуктов дифференциации (дочерних форм), см. определение дифференциации, п. 2. В дифференциации-I порождаются протокомпоненты, которые не специализированы относительно каких-либо определенных взаимодействий с предметной областью. Дифференциация-II порождает компоненты СЗ как носителей информационных моделей, фиксирующих взаимодействия с предметной областью. В дифференциации-III на компонентах СЗ порождаются качественно специфичные информационные модели, обеспечивающие взаимодействия между компонентами. Таким образом, хотя использование критерия «сохранения предковой формы после дифференциации» подчеркивает особенность дифференциации-III, критерий «специфики дочерних новообразований» (специализации дочерних форм) представляется достаточным в качестве основания для выделения непересекающихся групп эквивалентности.

2. Отношения между дифференциациями I, II и III определены достаточно полно, чтобы утверждать, что построенная классификация не является в строгом смысле ни таксономией (поскольку не является иерархической информационной схемой, см. раздел 2.3), ни типологией (поскольку представляет именно историю, точнее — эволюцию становления СЗ). Наиболее точно построенная классификация соответствует *эволюционной кладистике*<sup>7</sup>: в ней определено *отношение порождения между предковыми формами и дивергирующими дочерними группами*, каждая из которых является предком для следующего поколения (только для новообразований дифференциации-III этого не показано).

---

<sup>7</sup> Мы используем кладистику в качестве общенаучной классификационной процедуры, а не как один из разделов биологической филогенетической систематики (см. [Павлинов 2005]).

## 5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В работе на основании анализа современной литературы (раздел 2) выведено определение концепта «дифференциации» (раздел 2.3); показано, что оно содержит, по крайней мере, два противоречия. Поэтому данное определение может быть оценено как предварительное, «пробное».

Рассмотрение исторического контекста с начала XIX в. (раздел 3) позволило выделить три основные траектории формирования современных представлений о дифференциации. Понятие дифференциации впервые появляется в натурфилософии Окена и распространяется через работы Бэра и других сотрудников Бурдаха. В эволюционной теории Дарвина оно обогащается новым содержанием. Из работ Дарвина берет начало траектория селекционистской версии понимания дифференциации, развивающаяся в рамках постоянно модифицирующейся синтетической теории эволюции и системно-эволюционного подхода. Другая траектория, основанная на идее ортогенеза, формировалась в русле неоламаркистского представления об эволюции как оппозиция эволюционному селекционизму. Третья траектория, рассматривающая дифференциацию на основе концепции эпигенеза, стремится совместить положения селекционистского и ортогенетического вариантов понимания дифференциации и является в методологическом отношении эклектичной.

2. Предварительное («пробное») определение дифференциации было трансформировано на основе селекционистской эволюционной теории и системно-эволюционного подхода в новое определение (см. раздел 4.1) в терминах атрибутов дифференциации как предмета исследования (см. раздел 1.2). Важные составляющие этого определения сформулированы как проверяемые гипотетические положения, которые были операционализированы для изучения психологических структур.

3. В оригинальных эмпирических исследованиях (раздел 4) была показана высокая степень правдоподобия гипотетических конструкций, описывающих процессы дифференциации. Построена классификация вариантов дифференциации, которая соответствует положениям эволюционной кладистики. Выявлены три качественно специфичных класса дифференциации (три единицы кладистической классификации, т. е. три «клады») (см. разделы 4.3.2, 4.3.3, 4.3.4), которые определяют основные черты эволюционного процесса формирования психологических структур — от их зарождения до обеспечения

эффективного взаимодействия индивида с конкретной предметной областью на всем протяжении не завершающегося процесса овладения компетенцией.

Дано содержательное объяснение формирования свойств целостности, связности, внутренней координированности, интегрированности психологических структур, как необходимого следствия процессов взаимодействия (коммуникации) между составляющими дифференцирующегося объекта, причем коммуникативные взаимодействия участвуют в организации процессов дифференциации, а сама возможность такого рода коммуникации возникает в результате дифференциации.

4. Процессы дифференциации проходят протокомпоненты и компоненты психологических структур, представленные группами нейронов, находящихся на разных ветвях «древа специализации». Поскольку процессы дифференциации всех типов представляют собой преобразование предковых форм (групп нейронов со специализациями, исходными для данной дифференциации), обладающих онтологическим статусом, в дочерние формы (группы нейронов с измененными специализациями), онтологический статус которых также доказан, сами процессы дифференциации обладают статусом существования.

5. Поскольку определение дифференциации (раздел 4.1) дано в абстрактных терминах (без указания конкретного развивающегося объекта), то и само определение, и описания процесса дифференциации, построенные на его основе, могут быть применены для объяснения процессов развития весьма широкого круга объектов.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Александров 2006 — Александров И. О. Формирование структуры индивидуального знания. М.: ИП РАН, 2006.
- Александров и др. 1999 — Александров И. О., Максимова Н. Е., Горкин А. Г., Шевченко Д. Г., Тихомирова И. В., Филиппова Е. В., Никитин Ю. Б. Комплексное исследование структуры индивидуального знания // Психол. журнал. 20 (1). 1999. С. 49—69.
- Александров и др. 2008 — Александров И. О., Максимова Н. Е., Горкин А. Г. Компоненты структуры знания: их взаимодействия и суборганизация // 11-я Нац. конф. по искусственному интеллекту КИИ-2008. Т. 1. М.: ЛЕ-НАНД, 2008. С. 344—352.
- Александров и др. 2012 — Александров И. О., Максимова Н. Е., Балуева Т. В. Дифференциация психологических структур и овладение новыми предметными областями // Развитие психологии в системе комплексного чело-

- векознания / Отв. ред. А. Л. Журавлев, В. А. Кольцова. Ч. 2. М.: ИП РАН, 2012.
- Александров Ю. И. 1989 — *Александров Ю. И.* Психофизиологическое значение активности центральных и периферических нейронов в поведении. М.: Наука, 1989.
- Александров Ю. И. 2004 — *Александров Ю. И.* Системогенез и смерть нейронов // *Нейрохимия*. Т. 21. № 1. 2004. С. 5—14.
- Александров Ю. И. 2005 — *Александров Ю. И.* Научение и память: традиционный и системный подходы // *Журнал высшей нервной деятельности*. Т. 55. Вып. 62. 2005. С. 842—860.
- Александров, Максимова 2003 — *Александров И. О., Максимова Н. Е.* Закономерности формирования нового компонента структуры индивидуального знания // *Психол. журнал*. 24 (6). 2003. С. 55—76.
- Александров, Максимова 2006 — *Александров И. О., Максимова Н. Е.* Экспериментальная методология Я. А. Пономарева и принцип реконструкции // *Психология творчества: школа Я. А. Пономарева* / Под ред. Д. В. Ушакова. М.: ИП РАН, 2006. С. 329—351.
- Анохин 1975a — *Анохин П. К.* Принципиальные вопросы общей теории функциональных систем // *Очерки по физиологии функциональных систем*. М.: Медицина, 1975. С. 17—62.
- Анохин 1975b — *Анохин П. К.* Системогенез как общая закономерность развития мозга // *Очерки по физиологии функциональных систем*. М.: Медицина, 1975. С. 273—306.
- Ахманова 1966 — *Ахманова О. С.* Словарь лингвистических терминов. М.: Советская энциклопедия, 1966.
- Берг 1977 — *Берг Л. С.* Труды по теории эволюции. М.: Наука, 1977.
- Бэр 1950 — *Бэр К. М.* История развития животных. Наблюдения и размышления. Т. 1, 2. М.: Академия наук СССР, 1950.
- Варфоломеев, Гуревич 1999 — *Варфоломеев С. Д., Гуревич К. Г.* Биокинетика: Практический курс. М.: ФАИР: ПРЕСС, 1999.
- Вейр 1995 — *Вейр Б.* Анализ генетических данных. М.: Мир, 1995.
- Власенко и др. 1997 — *Власенко А. Г., Миловидов Ю. К., Борисенко В. В., Иллариошкин С. Н.* Англо-русский словарь по нейронаукам (с толкованиями). М.: Антидор, 1997
- Воронцов 1999 — *Воронцов Н. Н.* Развитие эволюционных идей в биологии. М.: Изд. отдел УНЦ ДО МГУ: Прогресс-Традиция: АБФ, 1999.
- Гиляров 1989 — *Биологический энциклопедический словарь* / М. С. Гиляров (ред.). М.: Советская энциклопедия, 1989.
- Годман, Пейн 1989 — *Годман А. Пейн Е. М. Ф.* Толковый словарь английской научной лексики. М.: Русский язык, 1989.
- Горкин 1987 — *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, Шевченко 1990 — *Горкин А. Г., Шевченко Д. Г.* Стабильность поведенческой специализации нейронов // Журн. высшей нервной деят. 40 (2). 1990. С. 291—300.
- Горкин, Шевченко 1995 — *Горкин А. Г., Шевченко Д. Г.* Различия в активности нейронов лимбической коры кроликов при разных стратегиях обучения // Журн. высш. нервной деят. 45 (1). 1995. С. 90—100.
- Дарвин 1896 — *Дарвин Ч.* Происхождение видовъ путемъ естественнаго отбора или сохраненіе избранныхъ породъ въ борьбѣ за жизнь. Переводъ (безъ пропусковъ) с шестого исправленнаго и дополненнаго англійскаго изданія профессора К. Тимирязева. СПб.: Типография И. Н. Скороходова, 1896.
- Дарвин 1991 — *Дарвин Ч.* Происхождение видов путем естественного отбора или сохранение благоприятных рас в борьбе за жизнь / Пер. с 6-го изд; отв. ред. А. Л. Тахтаджян. СПб.: Наука, 1991.
- Джонсон и др. 1987 — *Джонсон Т. В., Браун Р. Х., Содерблом Л. А.* Спутники Урана // В мире науки. № 6. 1987. С. 26—39.
- Зинченко, Мещеряков 1996 — Психологический словарь / В. П. Зинченко, Б. Г. Мещеряков (ред.). М.: Педагогика-Пресс, 1996.
- Кауфман 1982 — *Кауфман У.* Планеты и луны. М.: Мир, 1982.
- Конашев 2011 — *Конашев М. Б.* Становление эволюционной теории Ф. Г. Добрянского. СПб.: Нестор-История, 2011.
- Корочкин, Михайлов 2000 — *Корочкин Л. И., Михайлов А. Т.* Введение в нейрогенетику. М.: Наука, 2000.
- Корсини, Ауэрбах 2006 — Психологическая энциклопедия / Р. Корсини, А. Ауэрбах (ред.). СПб.: Питер, 2006.
- Криштофович 1955 — *Криштофович А. Н.* Геологический словарь. Т. 1. М.: Гос. научно-технич. изд-во лит-ры по геологии, 1955.
- Луман 2006 — *Луман Н.* Дифференциация. М.: Логос, 2006.
- Лэмб 1980 — *Лэмб М.* Биология старения. М.: Мир, 1980.
- Максимова и др. 2001 — *Максимова Н. Е., Александров И. О., Тихомирова И. В., Филиппова Е. В.* Типология интуитивного-рационального и формирование структуры индивидуального знания // Психол. журнал. 22 (1). 2001. С. 43—60.
- Назаров 2005 — *Назаров В. И.* Эволюция не по Дарвину: смена эволюционной модели. М.: КомКнига, 2005.
- Осипов 1997 — *Осипов Г. С.* Приобретение знаний интеллектуальными системами. М.: Наука, 1997.
- Павлинов 2005 — *Павлинов И. Я.* Введение в современную филогенетику (кладогенетический аспект). М.: КМК, 2005.
- Поддьяков 2007 — *Поддьяков А. Н.* Сравнительная психология развития Х. Вернера в современном контексте // Культурно-историческая психология. № 1. 2007. С. 63—71.
- Поддьяков 2009 — *Поддьяков А. Н.* Типы соотношений интеграции и дифференциации в развивающихся системах // Теория развития: Дифферен-

- ционно-интеграционная парадигма / Сост. Н. И. Чуприкова. М.: Языки славянских культур, 2009. С. 91—102.
- Пономарев 1983 — *Пономарев Я. А.* Методологическое введение в психологию. М.: Наука, 1983.
- Пономарев 2006 — *Пономарев Я. А.* О предмете системного подхода и степени его развития (на примере психологии творчества) // Психология творчества: Школа Я. А. Пономарева. М.: ИП РАН, 2006. С. 275—281.
- Попов 2005 — *Попов И. Ю.* Ортогенез против дарвинизма. Историко-научный анализ концепций направленной эволюции. СПб.: С-Пб. ун-т, 2005.
- Пригожин 2001 — *Пригожин И.* Конец определенности. Время, хаос и новые законы природы. Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2001.
- Пригожин, Кондепуди 2002 — *Пригожин И., Кондепуди Д.* Современная термодинамика. М.: Мир, 2002.
- Райков 1969 — *Райков Б. Е.* Германские биологи-эволюционисты до Дарвина. М.: Наука, 1969.
- Сивер 1983 — *Сивер Р.* Динамичная Земля // В мире науки. № 11. 1983. С. 4—15.
- Тимофеев-Ресовский и др. 1977 — *Тимофеев-Ресовский Н. В., Воронцов Н. Н., Яблоков А. В.* Краткий очерк теории эволюции. М.: Наука, 1977.
- Ферстер 1964 — *Ферстер Г.* О самоорганизующихся системах и их окружении // Самоорганизующиеся системы. М.: Мир, 1964. С. 113—127.
- Чуприкова 1997 — *Чуприкова Н. И.* Психология умственного развития: Принцип дифференциации. М.: Столетие, 1997.
- Чуприкова 2009 — Теория развития: Дифференционно-интеграционная парадигма / Н. И. Чуприкова (сост.). М.: Языки славянских культур, 2009.
- Швырков 1988 — *Швырков В. Б.* Системно-эволюционный подход к изучению мозга, психики и сознания // Психол. журн. 9 (4). 1988. С. 132—148.
- Швырков 2006 — *Швырков В. Б.* Введение в объективную психологию. Нейрональные основы психики. Избранные труды / Под ред. Ю. И. Александрова. М., 2006.
- Шмальгаузен 1968 — *Шмальгаузен И. И.* Факторы эволюции. М.: Наука, 1968.
- Эбелинг и др. 2001 — *Эбелинг В., Энгель А., Файстель Р.* Физика процессов эволюции. Синергетический подход. М.: Эдиториал УРСС, 2001.
- Эделмен 1981 — *Эделмен Дж.* Селекция групп и фазная повторная сигнализация; теория высших функций головного мозга // *Эделмен Дж., Маунт-касл В.* Разумный мозг. М.: Мир, 1981. С. 68—131.
- Юнкер, Хоссфельд 2007 — *Юнкер Т., Хоссфельд У.* Открытие эволюции: Революционная теория и ее история. СПб.: С-Пб. ун-т, 2007.
- Яблоков, Юсуфов 2006 — *Яблоков А. В., Юсуфов А. Г.* Эволюционное учение. М.: Высшая школа, 2006.
- Ярцева 1998 — Языкознание. Большой энциклопедический словарь. Большая Российская энциклопедия / В. Н. Ярцева (ред.). 1998.

- Baer 1828 — *Baer K. E. von*. Über Entwicklungsgeschichte der Thiere. Beobachtung und Reflexion. Erster Theil. Königsberg: Bei den Gebrüdern Bornträger, 1828.
- Baer 1853 — *Baer K. E. von*. Fragments relating to Philosophical Zoology. Selected from the Works of K. E. von Baer // Scientific memoirs, selected from the transactions of foreign academies of science, and from foreign journals. Natural history / A. Henfrey, Th. H. Huxley (eds). London: Taylor and Francis. 1853. Art. VI—VII. P. 176—238.
- Baldwin 1901 — Dictionary of Philosophy and Psychology / J. M. Baldwin (ed.). Vol. 1. London: MacMillan & Co, 1901.
- Barnea, Nottebohm 1994 — *Barnea A., Nottebohm F.* Seasonal recruitment of hippocampal neurons in adult free, ranging blackcapped chickadees // Proc. Natl. Acad. Sci. Vol. 91. USA, 1994. P. 11217—11221.
- Caplan 2002 — *Caplan A. I.* Physiological changes: stem cells // Encyclopedia of aging / D. J. Ekerdt (ed.). New York: Macmillan Reference USA; The Gale Group, Inc., 2002. P. 1100—1103.
- Carpenter 1854 — *Carpenter W. B.* Principles of comparative physiology. 4<sup>th</sup> ed. London: J. Churchill, 1854.
- Carpenter 1889 — *Carpenter W. B.* Nature and man. Essays scientific and philosophical. New York: D. Appleton and Company, 1889.
- Colman 2001 — *Colman A. M.* A Dictionary of Psychology. New York: Oxford University Press, 2001.
- Darwin 1854 — *Darwin Ch.* A monograph on the sub-class Cirripedia, with figures of all the species. Vol. 2. London: Printed for the Ray Society, 1854.
- Darwin 1861 — *Darwin Ch.* The origin of species by means of natural selection or the preservation of favored races in the struggle for life. 3<sup>rd</sup> ed. with additions and corrections. London: John Murray, 1861.
- Darwin 1867 — *Darwin Ch.* Über die Entstehung der Arten durch natürliche Zuchtwahl. Dritte Auflage. Stuttgart: E. Schweizerbart'sche Verlagshandlung und Druckerei, 1867.
- Darwin 1872 — *Darwin Ch.* The origin of species by means of natural selection or the preservation of favored races in the struggle for life. 6<sup>th</sup> ed. with additions and corrections. London: John Murray, 1872.
- Darwin 1873 — *Darwin Ch.* L'Origine des espèces au moyen de la sélection naturelle. Ou la lute pour l'existence dans la nature. 6<sup>th</sup> ed. Sur les cinquième et sixième editions Anglaises. Paris: C. Reinwald et C<sup>ie</sup>, 1873.
- Edelmen 1989 — *Edelmen G. M.* Neural Darwinism: The theory of neuronal group selection. New York: Oxford University Press, 1989.
- Furusava, Kaneko 1998 — *Furusava Ch., Kaneko K.* Emergence of Rules in Cell Society: Differentiation, Hierarchy, and Stability // Bulletin of Mathematical Biology. Vol. 60. 1998. P. 659—687.
- Furusava, Kaneko 2001 — *Furusava Ch., Kaneko K.* Theory of Robustness of Irreversible Differentiation in a Stem Cell System: Chaos Hypothesis // Bulletin of Mathematical Biology. Vol. 209. 2001. P. 395—416.

- Gould et al. 1999 — *Gould E., Reeves A. J., Fallah M., Tanapat P., Gross Ch. G., Fuchs E.* Hippocampal neurogenesis in adult Old World primates // *Proc. Natl. Acad. Sci.* Vol. 96. USA, 1999. P. 5263—5267.
- Harriman 1947 — *Harriman Ph. L.* The New Dictionary of psychology. New York: The Philosophical Library Inc., 1947.
- Koseska et al. 2010 — *Koseska A., Ullner E., Volkov E., Kurths J., Garcia-Ojalvo J.* Cooperative differentiation through clustering in multicellular populations // *Journal of Theoretical Biology.* Vol. 263. 2010. P. 189—202.
- Littré 1883 — *Littré É.* Dictionnaire de la langue française. T. 2. Paris: Librairie Hachette et C<sup>ie</sup>, 1883.
- Makarenkov, Legendre 2004 — *Makarenkov V., Legendre P.* From a Phylogenetic Tree to a Reticulated Network // *Journal of Computational Biology.* Vol. 11. № 1. 2004. P. 195—212.
- Oken 1847 — *Oken L.* Elements of physiophilosophy. London: Printed for the Ray Society, 1847.
- Ortoleva, Qu 2008 — *Ortoleva K., Qu P.* Understanding stem cell differentiation through self-organization theory // *Journal of Theoretical Biology.* Vol. 250. 2008. P. 606—620.
- Reber 1995 — *Reber A. S.* Dictionary of psychology. New York: Penguin, 1995.
- Siegler, Chen 2008 — *Siegler R. S., Chen Zh.* Differentiation and integration: guiding principles for analyzing cognitive change // *Developmental Science* Vol. 11. № 4. 2008. P. 433—453.
- Waddington 1956 — *Waddington C. H.* Principles of embryology. New York: The MacMillan Company, 1956.
- Werner 1957 — *Werner H.* Comparative psychology of mental development. New York: Percheron Press, 1957.
- Wilson, Frank 1999 — The MIT Encyclopedia of the Cognitive Sciences / R. A. Wilson, C. K. Frank (eds). Massachusetts; London: The MIT Press; Cambridge, 1999.