

ТАТЬЯНА  
ЧЕРНИГОВСКАЯ

ЧЕШИРСКАЯ  
УЛЫБКА КОТА  
ШРЁДИНГЕРА

МОЗГ, ЯЗЫК  
И СОЗНАНИЕ



**Татьяна Владимировна Черниговская**  
**Чеширская улыбка**  
**кота Шрёдингера:**  
**МОЗГ, ЯЗЫК И СОЗНАНИЕ**  
**Серия «Звезда лекций»**

*Издательский текст*

*[http://www.litres.ru/pages/biblio\\_book/?art=64360651](http://www.litres.ru/pages/biblio_book/?art=64360651)*

*Чеширская улыбка кота Шрёдингера. Мозг, язык и сознание:*

*Издательство АСТ; М.; 2021*

*ISBN 978-5-17-134201-2*

### **Аннотация**

Книга представляет собой серию исследований автора, начавшихся с сенсорной физиологии и постепенно перешедших в область нейронаук, лингвистики, психологии, искусственного интеллекта, семиотики и философии – теперь все это называется когнитивными исследованиями и представляет собой пример конвергентного и трансдисциплинарного развития науки. Исходная гипотеза совпадает с названием одного из разделов книги – язык как интерфейс между мозгом, сознанием и миром, и это отражает позицию автора и его взгляд на эволюцию и природу вербального языка и других высших функций, их фило- и онтогенез, на генетические и кросс-культурные аспекты развития

сознания и языка и их мозговых коррелятов, на возможности межвидовой коммуникации и моделирования человеческих когнитивных процессов. Книга рассчитана на интеллектуального читателя, интересующегося природой человека и его местом в мире.

В формате PDF A4 сохранен издательский макет книги.

# Содержание

От автора	7
Введение	8
Глядя на кота...	24
Мозг человека и породивший его язык (шепот прежде губ...)1	24
Что делает нас людьми: почему непременно рекурсивные правила? (Взгляд лингвиста и биолога)	41
Нить Ариадны, или Пирожные «Мадлен»	67
Nature vs. Nurture в усвоении языка2	79
Мозг и язык: врожденные модули или обучающаяся сеть?	102
P. S. Сколько лет человеку?	121
Что рассказал нам кот...	126
...Об эволюции	126
Общие черты эволюции функций гомеостатических и информационных систем3	126
Эволюция функций на клеточном уровне	137
Эволюция функций фонемы	140
Эволюция идентификаторов	142
Эволюция функций нефронов	143

Эволюция функций морфемы	145
Эволюция функций операторов	147
Эволюция функций почки	149
Эволюция функций слова	152
Эволюция процедур	154
Эволюция системы водно-солевого равновесия	156
Эволюция функций предложений	158
Эволюция программ как единого целого	160
Заключение	161
Распознавание человеком разных типов звуковых сигналов, издаваемых обезьянами ( <i>Cebus capucinus</i> ) <sup>4</sup>	162
Методика	165
Результаты исследования	170
Обсуждение результатов	189
Заключение	190
Изучение восприятия внутри- и межвидовой знаковой информации (обзор и возможные направления сравнительно- физиологических исследований) <sup>5</sup>	192
Конец ознакомительного фрагмента.	194

**Татьяна Владимировна  
Черниговская  
Чеширская улыбка  
кота Шрёдингера.  
Мозг, язык и сознание**

*Памяти моих родителей и бабушки*

© Черниговская Т. В., 2021

© Оформление. ООО «Издательство АСТ», 2021

# От автора

Статьи, которые я выбрала для этой книги, представляют работы в области гуманитарных и естественных наук, которыми я занимаюсь почти полвека. Они были написаны в разных стилях и с позиций, неизбежно изменившихся за эти годы.

Мои интересы также менялись, как менялась и сама наука, ныне объединившая лингвистику, нейрофизиологию, психологию и проблемы искусственного интеллекта под одним зонтиком когнитивных исследований. Я решила не редактировать статьи и не приводить их к какому-то единому стилю. Вместо этого я написала введение и небольшие комментарии к разделам книги – взгляд из нашего времени.

# Введение

*Старайся наблюдать различные приметы...*  
*А. Пушкин. Приметы*

Я решилась назвать книгу о языке и сознании «*Чеширская улыбка кота Шрёдингера*» потому, что именно эта формула более всего, как мне представляется, отражает состояние исследований лучших из умений *Homo sapiens*. Улыбкой кота книга и заканчивается – к этому я пришла, пробираясь по дорогам разных наук, начав с лингвистики и сенсорной физиологии и постепенно перейдя в область нейронаук, психологии, искусственного интеллекта, семиотики и философии; теперь все это называется когнитивными исследованиями и представляет собой пример конвергентного и трансдисциплинарного знания. Исходная гипотеза – язык как интерфейс между мозгом, сознанием и миром – отражает мой взгляд на эволюцию и природу вербального языка и других высших функций, их фило- и онтогенез, на генетические и кросс-культурные аспекты развития сознания и языка и их мозговых коррелятов, на возможности межвидовой коммуникации и перспективы моделирования человеческих когнитивных процессов.

Напомню, что мысленный эксперимент Эрвина Шрёдингера (одного из создателей квантовой механики и лауреата

Нобелевской премии по физике 1933 года), получивший известность как парадокс кота Шрёдингера, состоит в том, что неопределенность на атомном уровне способна привести к неопределенности в макроскопическом масштабе («смесь» живого и мертвого кота). «Эксперимент» заключается в следующем: в закрытый ящик, содержащий радиоактивное ядро и емкость с ядовитым газом, помещен кот. Если ядро распадется (вероятность 50 %), емкость откроется и кот погибнет. По законам квантовой механики, если за ядром никто не наблюдает, то его состояние описывается смешением двух состояний – распавшегося ядра и нераспавшегося ядра; следовательно, кот, сидящий в ящике, и жив, и мертв одновременно. Если ящик открыть, то увидеть можно только одно состояние: ядро распалось – кот погиб или ядро не распалось – кот жив. Вопрос в том, когда система перестает существовать как смешение двух состояний и выбирается какое-то одно.

Шрёдингер известен не только как физик: к середине 1920-х годов он приобрел репутацию одного из ведущих специалистов по теории цвета и эволюции цветного зрения [Schrödinger, 2000, 2009], однако в последующие годы больше к этой тематике не возвращался, хотя интерес к биологии не терял, пытаясь сформулировать единую картину мира, и в 1944 году написал книгу *What is life? The Physical Aspect of the Living Cell*, первые несколько глав которой посвящены механизмам наследственности и мутаций, в том числе и раз-

бору взглядов Тимофеева-Ресовского [Schrödinger, 1944].

Шрёдингер провидчески констатирует, что «умеренно удовлетворительная» картина мира была достигнута высокой ценой: за счет удаления из нее нас и занятия нами позиции стороннего наблюдателя. Модель мира, из которого удалено сознание, холодна, бесцветна и нема. Цвет и звук, тепло и холод (иными словами – *qualia*) являются нашими непосредственными ощущениями, наш мир таков, и модель мира без них неадекватна. Шрёдингер, ссылаясь на работы знаменитого физиолога Шеррингтона, подчеркивает бесплодность поисков «места», где разум действует на материю или наоборот, и констатирует, что построение физической картины мира возможно только ценой изъятия из него сознания.

Язык, разум, сознание и порождающий их мозг – сложнейшие из известных нам систем. Как же их изучать «изнутри»? Еще Гёдель *советовал этого не делать...* Напомню его знаменитую теорему: логическая полнота (или неполнота) любой системы аксиом не может быть доказана в рамках этой системы; иными словами, метод дедуктивных выводов недостаточно мощен, чтобы описывать сложные системы, не говоря о такой сверхсложной, как человеческий мозг.

Приближаясь к изучению таких систем с максимально возможной аккуратностью и напряжением мысли, мы видим, что они мерцают, трансформируются, обманывают и чуть ли не исчезают, оставляя разве что улыбку (хотелось бы знать – чью?). Как справедливо подчеркивает Манин [1975,

2008], Гёдель внес серьезный вклад и в гуманитарное знание: «принципы запрета» относятся только к знакомым нам по макромиру детерминированным процессам рассуждений, тогда как после работ Бора и Шрёдингера мы знаем, что есть и другие пространства, где действуют иные законы. Работа мозга в таком случае может проходить вне гёделевских запретов.

Размышление над этим и анализ стремительно растущих гор эмпирических сведений временами вызывают вопросы, к которым физики как-то смогли приспособиться со времен Шрёдингера и его кота: можем ли мы вообще увидеть настоящее положение дел или сам факт вторжения выбирает некий вариант, и погляди мы под другим углом, в другой день или час или глазами других людей или иных соседей по планете – картина поменяется. Как быть с каузальностью и свободой воли на фоне появляющихся данных функционального мозгового картирования и иных фиксаций неосознаваемого поведения? Да и вообще, сложный мозг порождает сознание и семиотические системы высокого ранга, или напротив – они его формируют, реализуя эпигенетический сценарий? Что такое язык в конечном счете (не останавливаясь на очевидном ответе из учебника, что язык – система знаков)? Он возник как средство коммуникации или как инструмент мышления? Как с ним справляется мозг, учитывая, что в человеческом языке, в отличие от компьютерных,  $1 \neq 1$  и все определяется контекстом?

Не только язык, но и сам мир всегда разный и зависит, как известно из основ семиотики, от интерпретатора (*читатель – соавтор*, замечала Цветаева), что ставит нас почти в агностическую позицию: можем ли мы вообще узнать про него что-то, можем ли мы доверять нашему мозгу и его языкам – от математики до искусства, включая, конечно, и язык вербальный? Почему мы должны считать, что математика универсальна и объективна? Последнее время говорят даже не только о языковом «инстинкте» (то есть врожденности), но об «инстинктах» математики [Devlin, 2006] и музыки [Patel, 2008]... Может быть, у *Homo sapiens* просто голова так устроена, а какой математике на самом деле подчиняется Вселенная – мы не знаем (мысль еретическая, но не абсурдная: другого кандидата на алгоритм управления Вселенной со времен Галилея – *Книга Природы написана языком математики* – у нас нет). Однако зачем бы эволюции понадобилось закреплять в геноме способность к математике, не отражающей законы Природы?.. Вспомним Пуанкаре:

*...та гармония, которую человеческий разум полагает открыть в природе, существует ли она вне человеческого разума... в силу естественного отбора наш ум приспособился к условиям внешнего мира, усвоил себе геометрию, наиболее выгодную для вида или, другими словами, наиболее удобную* [Пуанкаре, 1990].

Вопрос о том, как соотносится Мир Платона с физической картиной мира, остается важнейшим и предельно слож-

ным в современной когнитивной науке: многие ученые снова и снова возвращаются к обсуждению того, не надо ли для понимания процессов мышления, восприятия, памяти, наконец, самой причинности обратиться к законам квантового мира (в противоположность традиционному представлению, согласно которому к макромиру эти законы неприменимы) (см., например, [Penrose, 1994; Penrose, Shimony, Cartwright, Hawking, 1997; Наточин, 2010; Пенроуз, 2011; Анохин, 2013]).

Ясно, что для человека и других обитателей планеты простейший путь ухватить реальность и хоть как-то организовать ее для внутреннего употребления – это оперировать множествами, формируемыми разными видами существ по законам своего мира и мозга. Об этом писал еще Икскуль [Uexküll, 1928], подчеркивая, что все существа живут в своих мирах – *Umwelt*. Это отчетливо формулировали Ницше («Мы устроили себе мир, в котором можем жить, – предпослав ему тела, линии, поверхности, причины и следствия, движение и покой, форму и содержание: без догматов веры в это никто не смог бы прожить и мгновения! Но тем самым догматы эти еще отнюдь не доказаны. Жизнь вовсе не аргумент; в числе условий жизни могло бы оказаться и заблуждение») и Кант («Рассудок не черпает свои законы *a priori* из природы, а предписывает их ей»).

Человек постоянно сталкивается с неопределенной и многозначной информацией. Тем не менее он должен принимать

решения, декодируя ее релевантно ситуации. Такая неопределенность касается всех модальностей восприятия, недаром идея размытых множеств уже давно завоевала пространство описания этих феноменов (*fuzzy sets – Zadeh*). Особенно очевидно это на примере вербального языка. Улыбка Чеширского кота служит тому хорошей метафорой: смыслы словам приписываются конвенционально, могут и исчезать, видоизменяться или до поры вообще не иметь подходящих обозначений. Такая неопределенность и даже зыбкость наименований вполне близка и Кэрроллу, и творцам квантовой теории.

Казалось бы, если основная функция языка – коммуникация, то неопределенность должна была бы быть вытеснена из такого кода максимально быстро. Возможно, стоит еще раз прислушаться к Хомскому, считающему, что язык для коммуникации не так уж хорошо приспособлен, а сформировался главным образом для структурирования мышления, то есть для процессов «внутренних»; коммуникативная функция в этом случае является как бы побочным продуктом. Вербальный язык обеспечивает номинацию ментальных репрезентаций сенсорного инпута и, таким образом, «объективизирует» индивидуальный опыт. Но в работах по теории коммуникации давно обсуждаются *коммуникативные ямы*, провалы в понимании, образующиеся весьма часто, несмотря на правильность построения сообщения.

Таким образом, неопределенность и многозначность, ка-

залось бы, должны при коммуникации любого типа стремиться к нулю, чтобы в идеале каждое слово или конструкция имели одно значение. Было бы разумно ожидать, что, эволюционируя, языки будут от неопределенности избавляться, но это противоречит фактам. К примеру, корпусные исследования по нескольким языкам показывают, что более короткие и более частотные слова как раз и являются самыми многозначными, что подтверждает идею экономности лексикона; таким образом, неопределенность информации в вербальном языке – его преимущество и средство экономии, так как одни и те же слова могут быть использованы в разных ситуациях и с разными значениями, а ситуация разрешается с помощью контекста [Piantadosi, Tily, Gibson, 2012].

Есть и психологическое объяснение: вместо того, чтобы анализировать композиционно и синтаксически сложные конструкции, говорящему когнитивно «выгоднее» передавать большее количество информации меньшими средствами, а слушающему тоже «выгоднее» включать все виды контекстов, чтобы декодировать компактное сообщение правильно.

Трудно спорить с тем, что интуитивные, метафорические, инологические когнитивные средства не менее мощны, чем классическая логика и ее следствия:

*При переходе от интуитивного к логическому происходит процесс переливания информации из одной тары в другую, менее емкую и более жесткую. Часть информации при этом*

*теряется. Ценность потерянной информации зависит от целей, с которыми она могла бы использоваться. Согласно теореме Гёделя, найдется ситуация, в которой окажется, что потерянная информация является ценной, и логический алгоритм откажет [Чернавский и др., 2004].*

Нельзя не согласиться, что логическое описание мира может становиться препятствием для получения новых знаний, и приходится прибегать к совсем другим языкам, что блестяще сформулировал Бродский:

*Поэзия не развлечение и даже не форма искусства, но скорее наша видовая цель. Если то, что отличает нас от остального животного царства – речь, то поэзия – высшая форма речи, наше, так сказать, генетическое отличие от зверей. Отказываясь от нее, мы обрекаем себя на низшие формы общения... Это колоссальный ускоритель сознания и для пишущего, и для читающего. Вы обнаруживаете связи и зависимости, о существовании которых и не подозревали, данные в языке, в речи. Это уникальный инструмент познания [Бродский, 2008].*

В самом деле, особый интерес имеет исследование механизмов неоднозначности и неопределенности в произведениях искусства, где стоит совершенно противоположная задача – не уменьшить, а увеличить количество вариантов осмысления и прочтения. Эта область в рамках когнитивной науки разработана явно недостаточно.

Конечно, логика как дисциплина развивалась, приближа-

ьясь все более в разных своих ипостасях к тому, что мы привыкли считать реальным миром, и наиболее эффективной на этом пути, конечно, оказывается нечеткая логика [Манин, 2008; Финн, 2009]. Тем более это очевидно для искусства: Альфред Шнитке говорил, что *для образования жемчужины в раковине, лежащей на дне океана, нужна песчинка – что-то «неправильное», инородное. Совсем как в искусстве, где истинно великое часто рождается «не по правилам»*.

Исследование неопределенности, с которой имеет дело любая когнитивная система, покрывает большое пространство – от сенсорной физиологии до когнитивной психологии (восприятие звуковой, зрительной и особенно тактильной и ольфакторной информации), изучение процессов обработки естественного языка человеком и при автоматическом его анализе, проблемы эффективности систем «человек – компьютер» [Hollan et al., 2000]. Отдельный интерес вызывают вопросы моделирования алгоритмов разрешения неопределенности в искусственных нейронных сетях, обучаемых воспроизводить реальные ментальные процедуры.

Надежда на то, что когнитивные характеристики искусственных систем приблизятся к уровню человеческих или даже превзойдут их, неоправданно растет. Вероятнее всего, это вызвано тем, что растет и скорость обработки информации, что, казалось бы, должно обеспечить успех. При этом относительно мало обсуждается вопрос о том, какое именно общение с антропоморфными системами мы будем считать

адекватным, чего мы от этого ждем? Это вызывает целый ряд вопросов, не только научных, но и экзистенциальных и этических.

Спор о том, что в природе человека появилось раньше – сложное мышление или язык и насколько они автономны, – продолжается десятилетиями. А это вызывает и более фундаментальные вопросы, среди которых не последний – *что считать языком и какова его роль?* Является ли он существенным для потенциального взаимодействия человека с искусственными системами и даже шире – с другими существами, обитающими в принципиально иных средах?

Язык многомерен, подвижен, динамичен и чрезвычайно разнообразен (на планете около шести тысяч языков), он принципиально не настроен на жесткость значений и формулировок, и это может быть объяснено только запросами самого когнитивного ментального пространства, если не сказать – самого мира. Почему это важно осознавать не только специалистам? Потому что *мозг говорит с нами* не языком биоэлектрической активности и химических реакций, что весьма трудно свести к смыслам, а вербальным языком. Именно так он показывает нам, как структурирован мир в сознании, как *оттуда* (с точки зрения кота Шрёдингера) видится пространство и время, законы и явления природы, вкусы, запахи, звуки, температуры и текстуры, формы и абстракции.

Для того чтобы общение было возможно, мы должны не

только естественным или искусственным путем быть обучены конвенциональной системе знаков, но и разделять общие представления о ментальном и физическом мире. В философии это называется проблемой *Других Сознаний* и связывается, в частности, с обсуждением проблемы *qualia*, или восприятия от первого лица, то есть с тем, что не измеряется децибелами или граммами, а описывается словами естественного языка – «кислое», «приятное», «теплое», «громкое» и т. д. Можно было бы возразить, что к этому можно подойти с позиций психофизиологии, отталкиваясь от сенсорных порогов, но это не так, поскольку лишь дает параллельную словам и *qualia* шкалу (более подробно см. [Дубровский, 2007; Иванов, 2013] и мои статьи в этой книге).

Вышесказанное ставит проблему телесности на одно из центральных мест при обсуждении возможностей эффективного взаимодействия с системами высокой степени сложности, неважно – живыми или силиконовыми. Конечно, если речь идет о роботах-помощниках, выполняющих простые команды, этим можно пренебречь, но если планируется создание интеллекта, сопоставимого с человеческим, тогда стоит вспомнить, что наше мышление обеспечивается не только вычислениями и что человека делает человеком гораздо более сложное когнитивное пространство, включающее искусство, духовную жизнь и основанное в большой мере на той телесности, в которой мы существуем.

Клод Леви-Стросс писал, что ХХI век будет веком гума-

нитарной мысли или его не будет вообще. Все мы помним, что XX век – век физики, XXI – век нейробиологии... Но ясно, что не будет вообще ничего, если мы не очнемся и не осознаем, куда мы попали. А попали мы в цивилизационный слом, в ситуацию, когда разруха в головах настолько перекрыла все остальные проблемы, что является едва ли не самым главным фактором, определяющим наше существование. Знание о мозге, о том, как и зачем он порождает сознание, как связан с био- и социосферой и что такое ноосфера сегодня, – все это крайне важно сейчас, на сломе. Мозг нужно стараться узнать, потому что именно он обеспечивает наше представление о мире. Он определяет и наше поведение, хотя не хотелось бы обнаружить, что *Nature* победила *Nurture* и все развитие человеческих цивилизаций оказалось бы насмешкой и «цирком зверей».

На что могли бы – и должны – влиять такие знания? На то, например, каким образом должно быть организовано образование. Мы должны понять, как учить людей учиться, как научить извлекать информацию из быстро меняющегося внешнего мира. Этой информации такое количество, что на самом деле почти все равно, есть она или нет... Мы понимаем, что невозможно прочитать все статьи, которые выходят по твоей «узкой» специальности, нужны кроме того и комбинированные, конвергентные знания. Количество «фактов» растет стремительно, а понимание – гораздо, несопоставимо медленнее. С. П. Капица говорил, что надо перейти *от*

*образования знания к образованию понимания*. Как научиться правильно классифицировать и «упаковывать» информацию? Как мобилизовывать свое внимание, организовывать память?..

Возможен, конечно, и сценарий, описанный в романах Умберто Эко: *знания – посвященным*. Иными словами, некий набор практически полезных навыков предоставляется всем, а доступ к *серьезным вещам* – только избранным (по разным возможным критериям). Идея не новая, и социальные последствия ее предсказуемы. Совершенно понятно, тем не менее, что образование *уже* распадается на общее и элитарное.

Встают все острее и этические вопросы. Очень «модной» становится идея *«это сделал не я, это – мой мозг»*. В конце концов, человек вроде бы не виноват в том, что родился с таким мозгом, с такой генетикой, но тогда несет ли он ответственность за то, что происходит? Это непростой вопрос в том случае, если речь идет не о грубой патологии или о неочевидных девиациях. Вскоре теоретически и даже практически станет возможной ситуация, когда нейронауки определят, к примеру, что у такого-то человека мозг потенциального преступника. Тема эта тоже не нова, но возможности нейронаук стали несопоставимо более мощными. Что мы будем с этим делать? Общество не может изолировать человека, который ничего преступного еще не совершил, а возможно и не совершит (презумпция невиновности). Мы не

можем и просто отмахнуться от данных нейронаук, и сейчас, как никогда раньше, они должны стать объектом аналитической философии. Значит, и вопросы нейроэтики становятся не только социально, но и цивилизационно значимыми.

Как изменится наш мир и как изменимся мы сами? Появляются роботы с более сильным, чем у нас, интеллектом. Компьютеры работают в миллионы раз быстрее, все ускоряясь. А тем не менее мы пока еще не видели искусственный интеллект, который был бы Моцартом или Шекспиром. Когда идет речь о триллионах операций в секунду, то понятно, что теперь это уже нечеловеческое временное пространство. Наш мозг устроен иначе, чем современные компьютерные системы, но с появлением компьютеров, работающих на других принципах, мы окажемся в совсем другом мире.

Если сознание, как бы мы его ни определяли, функция сложности, то в обозримом будущем на арену выйдет искусственный интеллект, у которого будут цели, планы, эмоции, в том числе эгоизм. Срастание людей с компьютерами – бесспорное настоящее: чипы, искусственные органы – это уже есть и будет лишь нарастать. Значит, встанет вопрос: *что во мне моего, то есть где я заканчиваюсь?*

Наконец, угроза исходит от наших каламбурных игр с «ящиком Пандоры» – речь идет о персональной геномике, развитие которой идет огромными темпами. Пользу для медицины трудно переоценить, но не надо забывать, что те же отверточки, которые нам откроют, что в данном геноме есть

опасность болезни Альцгеймера или Паркинсона, подкручивают и другие гаечки. И это реальная опасность. Например, хотите ли вы лично, чтобы ваш персональный генетический портрет стал достоянием кого бы то ни было? И удастся ли эту ситуацию удержать под контролем?

Проблемы, с которыми мы сталкиваемся, сводятся, помимо того, что я уже сказала, к следующему.

Во-первых, общество в целом не осознало себя единой семьей, которая живет в общем доме с ограниченными ресурсами и нарастающими угрозами. Никаких границ между государствами в этом смысле нет, но мы продолжаем жить, как безумцы, словно у нас есть запасная планета.

- Во-вторых, общество, принимая решения, мало учитывает уже полученные наукой знания. Наука и общество как бы две разные сферы: одни *играют в свой «бисер»*, а другие за игрой не следят.

- Конечно, остановить науку невозможно, но стоит помнить, что чем глубже мы погружаемся в океан знаний о мире, тем опаснее становится это путешествие и тем больше *ответственность за звездное небо над головой и нравственный закон внутри нас*.

# **Глядя на кота...**

## **Эволюция сигналов и умений или грамматический взрыв?**

*ПОДАЙТЕ ЗЕРКАЛО,  
Я В НЕМ ХОЧУ ПРОЧЕСТЬ...*  
*Шекспир. Ричард II*

## **Мозг человека и породивший его язык (шепот прежде губ...) <sup>1</sup>**

Проблема соотношения сознания, языка и иных когнитивных процессов и их материального субстрата остается по-прежнему одной из «предельных». Свойства мозга настолько многомерны и диффузны, что по мере усложнения техники визуализации мозговой активности это парадоксально дает основания для некоего «локального агностицизма». То, что казалось твердо установленным – локализованность основных сенсорных и когнитивных функций, – вызывает теперь серьезные сомнения, основанные на современных данных мозгового картирования, показывающих не только участие многих зон мозга в любой серьезной когнитивной рабо-

те, но и статистическую неоднозначность, индивидуальную вариативность и нестабильность.

Несмотря на огромный прогресс когнитивных исследований, психофизическая проблема по-прежнему вызывает горячие споры. Идеальное и субъективное в контексте категории психического, соотношение осознаваемых и неосознаваемых процессов, сложность нейрофизиологической интерпретации чувственного образа, проблема изоморфизма между субъективными явлениями и их нейродинамическими носителями – все эти темы не потеряли актуальности, и даже напротив – стали обсуждаться с новой силой.

По-прежнему при описании *субъективной реальности* имеет место «провал в объяснении», ибо соотношения сознания – не физические, а значит, не могут быть прямо сведены к пространственно-временным координатам [Нагель, 2001]. Параллельное описание нейрофизиологических процессов и ментальных состояний никак не помогает ответить на вопрос, как поведение нейронной сети порождает субъективные состояния, чувства, рефлексии и другие феномены высокого порядка. Без смены фундаментальных представлений о сознании такой «провал в объяснении» преодолеть не может, и здесь решающая роль аналитической философии беспорна.

Субъективная реальность, *qualia*, или феноменальное сознание едва ли не центральная проблема в клубке этих сложнейших вопросов. На это указывает, в частности, Эдельман

[Edelman, 2004], подчеркивающий, что эволюция закрепляла способность порождать субъективные феномены, имеющие кардинальное значение для процессов высокого порядка. Тем не менее классическая когнитивная наука пока не может найти для *qualia* адекватные координаты. Об этом уже написано и еще будет написано огромное количество статей и книг (см., например, [Дубровский, 2011; Лекторский, 2011; Финн, 2009; Редько, 2011; Черниговская, 2008b, 2012a]).

По-прежнему при описании сознания используются разнообразные и противоречивые признаки, вплоть до радикальных: например, Аллахвердов в своей *психологии* рассматривает психику как логическую систему; все обнаруживаемые в экспериментах границы участия сознания по переработке информации признаются фактически не связанными со структурой мозга. Процессы автоматического создания «догадок о мире» он считает протосознательными и указывает на необходимость специального механизма, проверяющего правильность этих догадок. Этот механизм и объявляется сознанием [Аллахвердов, 2000].

Но если сознание – это «счетная палата», «ревизор», то тогда разговоры о его видах (силлогистическом, мифологическом, архаическом, синкретическом и т. д.) вообще теряют смысл, ибо нерелевантны по определению.

Какую бы позицию в определении основных свойств сознания мы ни занимали, важнейшим является поиск адек-

ватного кода – кандидата на расшифровку. Не вижу более сильного кандидата, чем вербальный язык, с помощью которого, как я все более убеждаюсь, мозг и разговаривает с нами, с его помощью у нас есть надежда хоть как-то добраться до смыслов и структур, знаков и инструментов, которыми *на самом деле* пользуется мозг.

Роль языка огромна, ибо именно он показывает нам, как мир членится и формируется *для человека*. Не думаю, что здесь перепутана причина со следствием (напомню, что, по Дикону, язык оккупировал мозг, которому и пришлось приспособляться к новым условиям [Deason, 2003, 2006]; см. также [Бикертон, 2012]). На самом-то деле речь идет об эпигенетических процессах [Анохин, 2009].

Но как преодолеть пропасть, которая отделяет наше сознание и все, что ему сопутствует, включая и специфические коды, от иных языков, которыми обеспечивается наше бытование в мире? И как устроены «словари» в мозгу? Мы почему-то *a priori* считаем, что там все разложено «по порядку» – по типам: скажем, слова вербального языка сгруппированы по частям речи или более прихотливо – собраны морфемы, леммы, лексемы. И/или по частотности употребления... Или по противопоставлению конкретности – абстрактности. Или по алфавиту. Или по звуковому подобию, включая рифму.

Ясно, что простейший путь ухватить реальность и хоть как-то ее организовать для *внутреннего употребления* – это оперировать множествами. Для *человеческого (NB!)* упо-

требления. Это отчетливо формулировали Кант: «Рассудок не черпает свои законы (*a priori*) из природы, а предписывает их ей» [Кант, 1965] и Ницше: «Мы устроили себе мир, в котором можем жить, – предпослав ему тела, линии, поверхности, причины и следствия, движение и покой, форму и содержание: без догматов веры в это никто не смог бы прожить и мгновения! Но тем самым догматы эти еще отнюдь не доказаны. Жизнь вовсе не аргумент; в числе условий жизни могло бы оказаться и заблуждение» [Nietzsche, 1882].

Как пишет Руднев, «феноменологическому сознанию человека конца XX века трудно представить, что нечто может существовать помимо чьего-либо сознания (тогда кто же засвидетельствует, что это нечто существует?)» [Руднев, 2000].

Для всего этого у нас есть способность к категоризации и классификации, но она есть и у других существ. Только категоризируется ими что-то другое, даже если в эксперименте мы вынуждаем животное поддаться нашим схемам, то есть обучаем его, навязывая наши координаты. Что в этом случае мы проверяем? Способность овладеть и другими, не их, *принципами и параметрами* (используя терминологию Хомского в более широком, почти метафорическом, смысле).

Или *принципы*, понимаемые как некие базовые алгоритмы, есть у нас всех – что-то типа *подбери подобное*. Зато *параметры* у всех разные, и они обеспечивают *Umwelt* – свой для каждого биологического вида, если не сказать – индивида [Uexküll, 1928]. Уместно вспомнить похожий жесткий

приговор Витгенштейна: *мир не имеет по отношению к нам никаких намерений*.

Однако нельзя не согласиться, что, «видимо, гигантский авторитет Н. Хомского заставил многих исследователей забыть о достижениях палеоневрологии и нижнепалеолитической археологии и увлечься поисками соответствий между гипотетической “рекурсионной мутацией” и чрезвычайно поздно появляющимися свидетельствами комбинирования понятий. Противоположная крайность – свойственная приматологам склонность к нивелировке различий между общением людей и обезьян – кажется столь же неприемлемой» [Козинцев, 2010].

Существенные сведения и их обсуждение можно найти в ряде работ [Fitch, 2000; Lieberman, 2002; Панов, 2005, 2008; Черниговская, 2006b; Пинкер, Джекендофф, 2008; Read, 2009; Botha, Knight (ed.), 2009; Резникова, 2011; Томаселло, 2011; Барулин, 2012].

Как говорилось выше, разрешение психофизической проблемы возможно именно в нахождении ключей к разным кодам, в переводе с кода на код. Именно отсутствие такого инструмента, как вербальный язык, а не отсутствие технологических возможностей не позволяет нам увидеть ментальное пространство других животных.

Очень вероятно, что идея неких врожденных концептов [Fodor, 2009] не так уж экстравагантна, хотя за ней и тянется длинный шлейф скандалов. Возможно также, что ней-

рон (все еще основной игрок в нервной системе) и правда устройство для совершения логических операций типа *или*, *и*, *не*, *если и только если* и пр., а события в нейронной сети и их взаимосвязь могут описываться с помощью пропозициональной логики [McCulloch, Pitts, 1943].

И все же мозг, генетически обладая способностью к порождению мандельштамовского «шепота прежде губ», следует Локку: *ум приобретает идеи, когда начинает воспринимать*. Это справедливо и по отношению к человеческому языку, потенция к овладению которым врожденная, но проявляться она начинает, только эмпирически столкнувшись с языковым опытом.

На то, как происходит это поразительное овладение знанием сложнейшего кода, по-прежнему существуют две диаметрально противоположные точки зрения:

- 1) язык разворачивается и растет, как организм (то есть он *уже* присутствует в зародыше), и
- 2) язык приобретается с опытом, формируясь его характеристиками (пресловутая *tabula rasa* при рождении).

Обучаясь чему бы то ни было, человек учится *понимать и интерпретировать*, а не просто наполняет память фактами. Это значит – работать со знаками [Лотман, 1965; Пятигорский, Мамардашвили, 1982]. Противоречивые факты о деятельности мозга становятся несколько более понятны, когда мы переходим к нейросемиотическому рассмотрению разных способов обработки информации [Chernigovskaya,

1994, 1996, 1999; Черниговская, 2008b, 2010a, 2010c; Финн, 2009].

Понятно, что язык живого – физико-химический, но это не та информация, которая нам поможет справиться с вышеозначенными проблемами: ведь текст, написанный на этом языке, надо «перевести»! Даже при «переводе» с человеческого на человеческий требуются знания и учет всех пластов, ассоциаций и контекстов.

В случае с дешифровкой мозговых кодов, как это формулирует Дубровский, ситуация пока не оптимистична: языков и инструментов у мозга много, и все действует одновременно на разных уровнях и с разными адресатами.

К примеру, натрий-калиевый баланс необходим животным клеткам для поддержания осморегуляции, для транспорта некоторых веществ, например сахаров и аминокислот. Это очень важный язык – один из языков клеточного уровня. Важен ли он для когнитивной деятельности – ведь это несопоставимо более высокий и интегративный пласт? Разумеется! Не будут работать клетки – исчезнет та внутренняя среда, которая создает целое *milieu intérieur*, как это определял Клод Бернар [Бернар, 1878].

Свойства таких специальных языков вырабатывались физико-химическими факторами эволюции функций, обеспечивших формирование взаимосвязи функциональных систем, гомеостаз, становление целостности организма и развитие механизмов адаптации.

Возможно, эволюционные процессы вообще универсальны. Можно ли найти их признаки не только в биологических, но и иных, в том числе информационных, системах, в частности в вербальном языке?

Это интересно не только в связи с существенным различием объектов, но и в связи с огромной разницей в скорости становления рассматриваемых процессов: сотни миллионов лет для формирования гомеостатических систем и максимум десятки тысяч лет развития вербального языка [Наточин, Меншуткин, Черниговская, 1992; Natochin, Chernigovskaya, 1997; Chernigovskaya, Natochin, Menshutkin, 2000].

Если эволюция имеет некие универсальные векторы, инструменты и даже цели, то должен быть способ взаимного перевода языков, которыми написана жизнь. По крайней мере, хотелось бы на это надеяться. Не совмещения на временной оси *on-line*, что делается почти повсеместно при анализе поведения и его физиологических механизмов, а перевода в самом прямом смысле. Переводчики художественной литературы знают, что точный перевод невозможен, это всегда более или менее успешное «переложение» оригинала. Да и декодирование самого произведения требует специальной подготовки (см., например, [Мамардашвили, 1997; Николаева, 2012]).

Даже когда речь идет о гораздо более привычных вещах и анализируются дискретные и гештальтные языки левого и

правого полушарий мозга, при всей метафоричности формулировок, эти языки оказываются непереводаемыми, но обеспечивающими полноценное многомерное мышление [Манин, 2009, 2013].

Логика развивалась, все более приближаясь в разных своих ипостасях к тому, что мы привыкли считать реальным миром, и наиболее эффективной на этом пути оказывается нечеткая логика, которую я бы соотносила уже не с привычными традиционно левополушарными механизмами, а с их зеркальными соседями [Финн, 2009; Манин, 2013].

В некотором смысле само дихотомическое описание основных мыслительных процессов размылось, подобно номенклатуре наук: после появления квантовой механики нечеткость, если не сказать – артистичность, подходов к со- всем, казалось бы, нехудожественному объекту никого не смущает. Похожим образом размылось и представление о функционально двуполушарной структуре мозга. И в каком-то смысле это больше соответствует современному состоянию знаний в данной области: нет того, что раньше называлось «правый мозг vs. левый мозг», нет и самих списков бинарных оппозиций их функций [Черниговская, 2006b, 2010b].

Различные типы человеческого сознания, основанного на знаниях, можно классифицировать в терминах процедур базы знаний. Научное знание – это динамическая база, ориентированная на истинность. Процедуры научного знания ос-

нованы на законах логики (вопрос – какой именно?), как принято думать, общих для всех наук, и методах верификации фактов и гипотез, специфических для конкретных наук (ясно, что принципы доказательств в гуманитарных и естественных науках различны). Обыденное мышление опирается не только на истину, но и на устойчивые, «центрированные» структуры. Типичная для обыденного мышления тенденция к упрощению – проявление того, что ощущение устойчивости (когнитивный консонанс), легче достигаемое в простых структурах, оказывается предпочтительнее логической обоснованности: принятое однажды суждение в дальнейшем защищается от опровержения, в том числе простым игнорированием суждений, его опровергающих [Кузнецов, 2006].

Мозг, стало быть, не только использует разные языки для общения с разными адресатами внутри себя и целого организма на физико-химическом уровне, но и выбирает разные модусы для контактов и осмысления макроуровней – от научного до ритуального и бытового. Он также переходит с языка на язык в случае опасности или дефицита возможностей, как в случае, подробно и замечательно описанном Ю. Маниным, когда временная утрата «левополушарной» способности читать и писать *сама* компенсировалась «правополушарной» живописью и рисунком [Манин, 2012]. Чрезвычайно интересно его замечание, что язык (*в целях самосохранения*) использовал мифологически-фольклорные средства,

чтобы ими как красивой приманкой соблазнять поколения людей и жить в устной традиции, ожидая появления письменности... Стоит еще раз отметить, что кодирование, «упаковка» знаний о мире, к тому же в художественной форме, гораздо полнее и экономичнее, чем в научной.

В этой связи стоит вспомнить пионерские исследования И. Г. Франк-Каменецкого, О. М. Фрейденберг и С. С. Аверинцева [Аверинцев, Франк-Каменецкий, Фрейденберг, 2001], в частности философско-культурологическую теорию взаимосвязи языка и сознания, образа и понятия Фрейденберг, раскрывшую архаические истоки формирования человеческой рациональности на основе понятий мифа и фольклора [Фрейденберг, 1998]: «Перевести язык образа на язык понятий невозможно» и «История сознания – это история освобождения от давления внешнего мира и ход в направлении к миру внутреннему».

Позднее Лакофф во многом повторит Фрейденберг (вряд ли слышав о теории последней): кинестетические схемы предваряют последующие концептуальные формы выражения, чему соответствуют образно-кинестетические концепты, на основе которых формируются метафоры, воспроизводящие телесный опыт и т. д. [Lakoff, 1987].

Франк-Каменецкий осуществлял реконструкцию первобытного мышления, исторических фаз мифологического творчества и ясно показал, что палеосемантическое изучение мифологических сюжетов и образов устанавливает соот-

ветствия «между сочетаниями представлений, лежащими в основе мифического мышления, с одной стороны, и первично-языковых понятий – с другой, именно архаическое сознание стало источником не только мифологических сюжетов и образов, но и полисемии слов». Синкретизм мифологических представлений и лексического состава древних языков, по Франк-Каменецкому, является производным от синкретизма самого архаического сознания [Франк-Каменецкий, 1929].

Иные, кроме классических, логики, метафорические инструменты описания, синкретизм – не прошлое развития культуры, а все более активно захватывающая интеллектуальное пространство сила. История цивилизаций говорит нам, что искусство часто (и неосознанно) делает когнитивные прорывы, которые через десятилетия догоняют своими методами точные и естественные науки. Имя таким примерам – легион (см. среди многого [Lehrer, 2007]).

Но было бы наивно, как еще недавно, проводить водораздел по линии *рациональная наука vs. иррациональное искусство* – поразительно диаметрально ожидаемым описанием мы видим в автоотчетах и воспоминаниях как ученых, так и художников; не следует забывать и о разной роли подсознательной, неосознаваемой интеллектуальной работы у художников и мыслителей разного типа (например, [Адамар, 1970; Зинченко, 2010]).

Приведу пару примеров. Клод Моне (импрессионист!) пи-

шет, *анализируя* творческий процесс: «Я опять взялся за невозможное: воду с травой, которая колеблется в ее глубине. Когда смотришь – чудесное зрелище, но можно сойти с ума, когда пытаешься написать. Но ведь я всегда берусь за такие вещи... Мне не везет как никогда: ни разу не было подряд трех дней хорошей погоды, и мне приходится все время переделывать свои этюды, ведь все растет и зеленеет. Короче говоря, я гонюсь за природой и не могу ее настичь. Вода в реке то прибывает, то убывает, один день она зеленая, другой – желтая, иногда река почти совсем пересыхает, а завтра, после сегодняшнего ливня, это будет целый поток! Одним словом, я в большом беспокойстве» [Моне, 1969]. Альфред Шнитке: «Музыка – искусственный язык, дистиллированный музыкальный язык, подчиненный строжайшей рациональной регламентации, но как бы совсем внесемантический (а музыка все-таки свою семантику имеет, хотя и не сюжетную). То ли это язык, где семантика вся случайная и осколочная. Как будто человек управляет силами, которые ему не подчиняются. Ну, скажем, как ученик чародея, как человек, который использует магические формулы, не владея силами, которые приходят по этим заклинаниям, не в состоянии с ними справиться» [Шнитке, 1994].

Все это попытки понять другие языки и их правила. Однако, как говорил Феллини в ответ на вопрос, о чем его фильмы, *«мог бы сказать – написал бы роман»*. Не переводятся языки поэзии, живописи, музыки и танца на линей-

ный вербальный язык «простой» прозы... Как не переводятся сны, тонкие и смутные состояния, бессознательные процессы, вкусы и особенно запахи, медитации и настроения. Огромные пласты так называемого чувственного опыта, которые и пытается описать искусство и которые пока нет надежды соотнести с мозговыми кодами, с однозначным научным «переводом», также представляют серьезные трудности как для нейрофизиологических исследований, так и для моделирования: ведь речь идет не о порогах, а о *qualia*! (См. в связи с этим [Chernigovskaya, Arshavsky, 2007; Черниговская, 2004d].)

Джекендофф [Jackendoff, 2003] предложил перекинуть мост между вычисляющим и самодостаточным мозгом и внешним миром, вводя концепт *f-mind*, который можно понимать как способность средствами естественного языка кодировать определенные комбинации в нейронных сетях в релевантных контексту отделах мозга.

У каждого из нас в памяти есть вехи – чтобы не затеряться в своем ментальном пространстве. Вроде пирожных «Мадлен», которые Пруст виртуозно использует в романе «В поисках утраченного времени»; его герой вспомнил детство в Нормандии (Комбре), когда съел это пирожное в Париже: «Я так часто видел, но не пробовал больше эти мадленки, и их образ давно разошелся с воспоминаниями о днях в Комбре». Эти изумительные пирожные пекла маленькому Марселю его тетя Леони, их вкус закодировал для него детство, ко-

гда он хотел вырваться из этой провинции, ставшей позже для него потерянным раем (напишет потом, что рай только и может быть потерянным). «И поэтому какой-то нравственный долг, долг *человеческой связности* налагается на нас – чем? Впечатлениями. Таким впечатлением у Пруста оказалось пирожное “Мадлен”. Толстые, пухленькие пирожные. И Пруст имел смелость и отвагу души услышать этот голос, остановиться и, не переставая работать, не откладывая на завтра, вытащить все свое прошлое из этого пирожного. Из его голоса, из того, как пирожное его окликнуло» [Мамардашвили, 1997].

Вербальный язык «объективизирует» индивидуальный опыт, обеспечивая описание мира и коммуникацию. Это значит, что именно и только язык, будучи культурным феноменом, хотя и базирующимся на генетически обусловленных алгоритмах, соединяет объекты внешнего мира с нейрофизиологическими феноменами, используя конвенциональные семиотические механизмы.

Наше восприятие может быть описано как относительно объективное только благодаря конвенциональности номинации – договору о том, в какие ячейки мы будем «упаковывать» наши ощущения. Элегантность, размер и качество этих ячеек варьируется от языка к языку и от индивидуума к индивидууму. Более того, мы сталкиваемся с нарушенным или даже иллюзорным и галлюцинаторным восприятием, но язык и мозг справляются и с этим.

Мы должны соединять *слова с событиями и вещами*, и в каких-то случаях это удастся лучше (как с цветами и линиями), а в каких-то – хуже (как с запахами и вкусами). Мы можем столкнуться и с синестезией – сенсорной или когнитивной, – когда разные модальности восприятия могут обмениваться «опытом и инвентарем».

Известно, что многие творческие люди обладали такими способностями и активно ими пользовались, и это является одним из главных инструментов искусства: Аристотель, Ньютон, Гёте, Гельмгольц, Скрябин, Кандинский, Шерешевский... [Cytowic, 1989; Engen, 1991; Emrich, 2002; Черниговская, 2004d, 2012b].

Мамардашвили настаивал, что сознание – это парадоксальность, к которой невозможно привыкнуть. Но если раньше, продолжал он, это было предметом прежде всего философии, то сегодня ситуация иная, и не занимается ли естественнонаучный подход препарированием «трупa сознания»? Добавлю: похоже, что без кота Шрёдингера и здесь не обошлось... Жаль, что он не владеет человеческим языком, который и есть доступный нам *язык сознания*.

# Что делает нас людьми: почему непременно рекурсивные правила? (Взгляд лингвиста и биолога)

*Human language is an embarrassment for evolutionary theory.*

*D. Premack*

Проклятое в позапрошлом веке изучение происхождения языка не только возродилось, но и становится все более интересным широкому спектру дисциплин, включающему не только лингвистику, но и антропологию, археологию, когнитивную науку, психологию, эволюционную теорию, биохимию, генетику, палеогеографию...

Бесконечные споры о научении и генетических механизмах формирования языковой способности человека показывают чуть ли не цеховые приоритеты: биологи и психологи в основном склоняются к превалирующей роли среды, а лингвисты – чем более формальные, тем в большей мере – к специфическим наследственным механизмам. Примечательно, что интерес к прочтению генетического кода как текста заинтересовал уже Р. О. Якобсона: «Из последних трудов, посвященных ДНК-коду, и в особенности из работ Крика и Яновского о “четырёхбуквенном языке, вложенном в молекулы нуклеиновой кислоты”, мы узнаем, что вся детализация и

специфическая генетическая информация содержится в сообщениях, закодированных в молекулах, а именно в линейной упорядоченности “кодовых слов”, или “кодонов”. Каждое слово состоит из трех единиц, называемых “нуклеотидными основами” или “буквами” кодового “алфавита”. Этот алфавит состоит из четырех различных букв, “используемых для записи генетического сообщения”. “Словарь” генетического кода содержит шестьдесят четыре различных слова, которые определяются как “триплеты”, поскольку каждое из них строится как последовательность трех букв. Шестьдесят одно слово имеет индивидуальное значение, три оставшихся слова служат сигналами конца генетических сообщений» [Якобсон, 1985].

С нарастающей активностью ищут – и «находят» – специфически человеческие гены (*FOXP2*, *HAR1F*, *ASPM*...). Люди ищут свои корни, эти поиски начались задолго до Дарвина. Обнаруживаются весьма экзотические сюжеты: род *Homo* предлагается подразделить на *Homo sapiens* и *Homo troglodytes* (человек-животное) [Linnaei, 1766], проводятся замечательные сравнительно-анатомические исследования обезьян и людей [Huxley, 1864]; реконструируются существа, которые *телом* – человек, *умом* – обезьяна (*Corpore homo, intellectu simian*) – *Mikrocephalen* или *Affen-Menschen* [Vogt, 1867], *Pithecanthropus alalus* (человек неговорящий) [Hackel, 1899]... Все это – предыстория нынешних споров о статусе человека на эволюционной лестнице и о том, что

именно отделяет нас столь кардинально от остального мира существ, населяющих планету. Конечно, сверхсложный и мощный мозг и обеспечиваемый им язык как средство мышления и коммуникации, способность строить модели мира и выводить его законы, наконец, способность постигать самих себя.

Каким образом мог возникнуть мозг, давший человеку разум? Рассматриваются как минимум два возможных сценария (см. [Анохин, Черниговская, 2008]). Согласно первому из них, это могло произойти в результате серии генетических изменений, приведших к некоему «взрыву»; это серия мутаций, процесс, некий толчок, когда могло произойти что-то, изменившее свойство мозга, нервной системы и оказавшееся эволюционно адаптивным. Впоследствии на эту «взрывную» мутацию могли наслаиваться иные изменения, и то, что мы видим сегодня, это уже не та одна «главная» мутация, а тысячи, которые были после. Но есть и другой серьезный сценарий, согласно которому все началось с неких изменений в адаптивности, пластичности мозга, который, попадая в несколько измененную эволюционную нишу, начинал реализовывать новые возможности: стали накапливаться генетические вариации, делающие такое развитие предпочтительным. Накапливаясь, эти вариации и привели к формированию человеческого мозга в его нынешнем виде. Этот сценарий исключает наличие начального «ключевого гена», вызвавшего толчок. В этой связи стоит вспом-

нить Б. Поршнева: «Становление человека – это нарастание человеческого в обезьяньем» [Поршнева, 2007].

Однако недавно было показано, что примерно 22 % всех видовых отличий генетически фиксируется в «моменты» внезапных изменений, то есть развитие вполне может происходить «рывками», о чем и свидетельствует противопоставление градуального и точечного сценариев эволюции [Pagel et al., 2006].

Если первый сценарий можно назвать генетическим, то второй сценарий – эпигенетический; кстати, именно его многие генетики и эволюционисты все больше и больше начинают рассматривать в качестве основного. Эти теории одним из первых в мире развил И. И. Шмальгаузен, считавший, что эволюция начинается вовсе не с изменений генотипа, а наоборот – изменение фенотипа, постепенно фиксируясь, оформляется в изменение генотипа [Шмальгаузен, 1946].

Возможны, разумеется, и иные взгляды на эволюцию. Вспомним в этой связи блестящий доклад Дж. Фодора *Why Pigs Don't Have Wings*, с которым он выступил в октябре 2007 года в Мэрилендском университете США и который был вскоре опубликован в *The London Review of Books* [Fodor, 2007] и вполне отражает пафос книги об эволюции без естественного отбора [Fodor, Piattelli-Palamarini, 2010]. Ответ на вопрос «почему у свиней нет крыльев» обсуждается со свойственными Фодору экстравагантностью и блеском, начиная с резкого «The received view ever since Hume taught that *ought*

doesn't come from *is*» и далее в том же духе: «What's wrong with us is that the kind of mind we have wasn't evolved to cope with the kind of world that we live in... That kind of mind doesn't work very well in third millennium Lower Manhattan». Фодор согласен, что идея Дарвина о филогенезе действительно не имеет серьезных альтернатив, но скептически относится к идее естественного отбора и, соответственно, адаптации, подчеркивая необязательность жесткой связи между ними, утверждая, что несостоятельность роли адаптации не рушит идею филогенеза. Главная его претензия к естественному отбору – логическая несостоятельность и, стало быть, недоказуемость, то, что он называет *методологическим трюизмом* и подвергает, например, таким испытаниям: «Were polar bears selected for being white or for matching their environment?» У свиней нет крыльев потому, что это такие животные, вот и все – заключает Фодор. У нас есть язык потому, что мы такой биологический вид. Не потому, что так удобнее жить и эффективнее выживать в конкурентной эволюционной борьбе, ибо иначе надо объяснить, почему прекрасно выживают тысячи биологических видов, не обладающих таким совершенным механизмом. Нигде никогда не были найдены и описаны крылатые свиньи, от которых естественный отбор помог природе отказаться. Возможно, все еще впереди...

В этой связи вспомним Т. Дикона, согласно которому язык «оккупировал» мозг и адаптировался к нему в гораз-

до большей мере, нежели мозг эволюционировал в сторону языка. Мозг и язык коэволюционируют, но главную адаптационную работу, по Дикону, делает язык [Deacon, 1997]. Дети, таким образом, уже рождаются с мозгом, готовым к синтаксическим процедурам именно из-за развития языка в сторону наиболее вероятностных характеристик, что и фиксируется генетически. Книга Дикона – одно из первых изложений гипотезы о том, что не генетические изменения лежали в основе появления языка, даже если мы их сегодня видим, а наоборот (появился целый ряд замечательных работ в этой области, например [Berwick et al., 2013; Bishop, 2013; Bolhuis, Everaert (eds.), 2013; Козинцев, 2013]).

Эволюция сделала рывок, приведший к обретению мозгом способности к вычислению, использованию рекурсивных правил и ментальных репрезентаций, создав тем самым основу для мышления и языка в человеческом смысле. Новая «грамматическая машина», как это называет Джекендофф [Jackendoff, 2002], позволила наращивать языковые структуры для организации (мышление) и передачи (коммуникация) все усложняющихся концептов. А возможно, наоборот; не думаю, что мы готовы установить правильные причинно-следственные отношения. Как формулирует это Дж. Фодор, «A 'theory of causation' is exactly what a 'theory of natural selection' *isn't*».

В результате поиска участков ДНК, где за пять миллионов лет должны были произойти значительные изменения,

которые и отделяют нас от шимпанзе, было обнаружено сорок девять участков, где темпы таких изменений были существенно выше, чем в среднем по геному, в некоторых из них – в семьдесят раз! Был выделен ген *HARI*, кодирующий маленький участок, но содержащий сто восемнадцать различий между человеком и шимпанзе (для сравнения: между шимпанзе и птицами таких различий всего два) [Pollard et al., 2006]. Это ген, который работает в коре головного мозга с седьмой по девятнадцатую неделю развития плода, когда закладываются верхние эволюционно поздно возникшие слои коры головного мозга, отличающие мозг человека от мозга других приматов. Бесспорно, что разговор о специфически человеческих генах, обеспечивших нашу эволюцию и феноменальную скорость последующего развития цивилизации, нужно вести крайне аккуратно и не ждать сенсаций. Пройдут многие годы тщательной работы и обдумывания результатов, прежде чем мы сможем (если сможем) уверенно описать генетические механизмы, сыгравшие ключевую роль в нашей биологической эволюции. Не стоит обольщаться идеей долгожданной находки «гена разума», ибо претендентов на эту особую роль есть не менее десяти... К тому же сейчас становится ясно, что сами когнитивные процессы влияют на процессы генетические, что заставляет многое увидеть в совершенно новом ракурсе.

Антропологические определения и радиометрические оценки возраста *Homo sapiens sapiens*, подтверждающиеся

данными молекулярной генетики, говорят о том, что все популяции современных людей генетически восходят к сравнительно немногочисленной предковой группе, локализуемой в Африке к югу от Сахары и датируемой возрастом сто – сто пятьдесят тысяч лет. Выявлена значительная близость гаплогрупп митохондриальных ДНК Ближнего Востока и Европы. Наиболее ранняя европейская гаплогруппа имеет ближневосточное происхождение, а время ее распространения в Европу оценивается в пятьдесят тысяч лет. Вероятность множественности центров возникновения *Homo sapiens* считается крайне малой (см. обзор [Долуханов, 2007]). Вопрос о моно- или полигенезе человеческого языка уже давно является предметом дискуссий при явном приоритете идеи моногенеза (существования «протобашенного» языка) для большинства лингвистов (см. [Барулин, 2007]).

Человек современного типа уже на ранней стадии существования обладал когнитивной системой, позволявшей ему концептуализировать пространство и время в знаковых символах. Это вполне соотносится с обсуждаемым в последние годы грамматическим взрывом, обеспечившим формирование психических функций, необходимых для синтаксического языка, планирования логических операций, изобретения игр на основе конвенциональных правил, способность к изобразительному и музыкальному творчеству [Козинцев, 2004; Черниговская, 2004, 2006]. Обсуждается *грамматический взрыв* и в языковом развитии детей (см. статьи

[Сергиенко, 2008; Кошелев, 2008]. Грамматический взрыв, сопровождавшийся формированием основных когнитивных функций, был одним из основных компонентов процесса антропогенеза, приведшего к формированию *Homo sapiens* в области африканских саванн около ста пятидесяти тысяч лет назад. Можно предположить, что уже на ранних стадиях человек современного типа обладал «когнитивной гибкостью», синтаксическим языком и способностью к абстрактному мышлению. Это определило эволюционные и адаптивные преимущества, обеспечившие повышение численности популяций, что вызвало широкое расселение *Homo sapiens* в тропической Африке и выход в муссонные области Ближнего Востока. Уже на ранней стадии расселения сложилась адаптационная модель социума с ритуализированными социальными функциями.

Установлено, что на протяжении продолжительного времени артефакты мустьерского типа изготавливались как неандертальцами, так и расселяющимися группами людей современного типа, и, скорее всего, на начальном этапе современные люди копировали мустьерскую технику неандертальцев в районах их совместного обитания. Окончательное исчезновение неандертальцев с исторической арены, несмотря на высокий уровень их интеллектуального и физического развития, было вызвано их немногочисленностью и географической изоляцией, а значит, инбридингом и распространением генетических заболеваний [Долуханов,

2007].

Несмотря на растущую мультидисциплинарность таких исследований, все же остается не вполне осознанной необходимость проработки фундаментальных теоретических оснований для поиска как специфичных генов, так и свойств человеческого языка в иных коммуникационных системах. Мысль очевидная до банальности, что не меняет дела.

Еще Дарвин говорил, что разница между нами и другими видами, особенно близкими, в степени, а не в качестве: основные принципы должны быть едины. И. И. Шмальгаузен писал, что все биологические системы характеризуются способностью к саморегуляции, и среди факторов саморегулирования в онтогенезе нужно отметить три главных:

- 1) развитие по генетической программе;
- 2) развитие в зависимости от воздействия внешней среды (например, отрицательное воздействие сенсорной депривации ведет к недоразвитию мозга, отсутствие речевого окружения – к неразвитию языка и т. д.);
- 3) собственная сознательная саморегуляция – свойство, нарастающее с повышением ранга биологических объектов на эволюционной лестнице как результата возрастающей роли индивидуального, а не группового поведения.

Признак эволюции – рост независимости от внешней среды. И конечно, такая нарастающая относительная независимость видна уже и внутри сообщества людей по мере развития человечества в целом, и совершенствования отдель-

ных индивидуумов в результате кропотливой собственной работы и воспитывающих = образующих его людей. Нет сомнений, что внешнее поведение организма определяется сложно организованным механизмом, сформировавшимися *компетентными* структурами, реальные функции которых зависят от опыта в данной среде. Поразительным образом некоторые общие принципы эволюции (как мы их сейчас понимаем) описывают столь разные процессы, как эволюция живых систем, естественных и искусственных языков [Наточин, Меншуткин, Черниговская, 1992; Chernigovskaya, Natochin, Menshutkin, 2000].

Поражает гибкость поведения и широта *когнитивных* возможностей практически всех видов, от беспозвоночных до высших приматов. У всех это память, способность менять поведение в зависимости от ситуации, читать языки врагов, жертв и друзей, выводить правила, даже вычислять. Нельзя не согласиться с К. В. Анохиным, что эволюция – это нейроэволюция, пробующая разные сценарии, не имеющая примитивного вектора: сосуществуют и в разных вариантах повторяются очень различающиеся решения одних и тех же типовых задач. Эволюция не торопится! Вопрос «кто победил?» не надо ставить. Потому что варианты ответов малопривлекательны: «вирусы», «насекомые». Судя по всему, человечество – если будет продолжать в том же духе – вполне может себя уничтожить вместе со всеми своими достижениями – и Галереей Уффици, и музыкой Моцарта, и достижениями мате-

матической и философской мысли. А простейшие останутся себе жить-поживать, как, например, организмы на дне океана, живущие при температуре +400 °С и обходящиеся без фотосинтеза. Есть над чем подумать...

Однако никто все же не сомневается в чрезвычайной роли человека на планете, и в абсолютно особой роли в нашем развитии специфического семиозиса и языка. Семиотическое поведение есть у всех, даже у беспозвоночных. Обычно, когда речь идет о высокоразвитых видах, обсуждают метакогнитивные возможности и способность к метарепрезентации, и считается, что у животных (возможно, за исключением приматов и дельфинов) рефлексии и концепта «себя» нет, как и возможности мысленного «путешествия во времени», ибо для этого нужен символический язык, способный представлять будущие события и задачи, нужна способность выйти за пределы своего мира и себя как его центра (если не сказать – основного наполнения). Для представления индивидуумов в их отсутствие нужны слова, для адекватного поведения – конвенции... С этим связана и дискуссия о способности строить модель сознания Другого (*Theory of Mind*), и также еще недавно считалось, что этого нет не только у животных, но и у детей моложе трех-четырёх лет (см. статью [Сергиенко, 2007]). Тем не менее, в отличие от роботов, действующих (пока) как «зомби», у животных есть «субъективная реальность» – «феноменальное», или *qualia* [Дубровский, 2006, 2008]. И хотя вопросы «зачем субъективная ре-

альность», «почему она возникла в ходе биологической эволюции» по-прежнему крайне трудны, мы не можем обойти их, равно как и вопрос о появлении и сути семиозиса вообще (то есть появлении необходимости и возможности кодировать информацию), когда анализируем различие психики и языков животных и человека.

Объяснение субъективного опыта – главный вопрос проблемы сознания. Мы можем функционально объяснить информационные процессы, связанные с восприятием, мышлением, поведением, но остается непонятным, почему эти информационные процессы «аккомпанируются субъективным опытом» [Chalmers, 1996, 2002]. Почему все эти информационные процессы не проходят независимо от какого-либо внутреннего чувства? Возможно, это обеспечивает целостность, понимание границ Я, независимость от внешней среды и ее обитателей.

Открытие М. Арбибом и Г. Риццолатти так называемых зеркальных систем мозга показало, что такие нейронные системы осуществляют синтез информации, отображающей не только внешние стимулы, вызванные действиями других существ, но и собственные реакции и действия, обеспечивая связь между подсистемами мозга, ответственными за перцепцию, память, мотивацию и моторику, картируют субъектно-объектные отношения и формируют механизмы самоидентификации. Зеркальные системы связаны и с производством и пониманием речи, и с ориентировкой в сложном со-

циуме. Риццолатти и Арбиб рассматривают язык (продукцию и восприятие) как способ соединения когнитивной, семантической и фонологической форм, релевантный как для звукового, так и для жестового языка. Активность зеркальных нейронов в зоне *F5* интерпретируется как *часть* кода, которая должна соединиться с нейронной активностью в какой-то другой зоне мозга и завершить тем самым формирование *целого* кода указанием на объект и/или субъект. Эта гипотеза имеет первостепенное значение как для объяснения организации языковых функций, в частности для лингвистической дифференциации субъекта и объекта, так и для научения вообще, поскольку позволяет связать в оперативной памяти *агенса* (деятель), *пациенса* (объект действия) и *инструмента* (способ или орудие) [Rizzolatti, Arbib, 1998; Arbib, 2003].

Открытие Риццолатти и Арбиба обсуждается не только биологами, но и психологами, лингвистами и философами и расценивается как одно из крупнейших открытий конца XX века в области эволюции сложного поведения и происхождения языка [Черниговская, 2006]. Исследование нейрофизиологических механизмов таких сложных процессов, как метарепрезентация и субъективная реальность, пока не представляется адекватным и интерпретируемым не только у животных, но и у человека, из чего следует мало обнадеживающий прогноз «объективного» изучения структуры и уровня психической организации иных биологических видов: пове-

денческие исследования лишь кажутся нам инструментом, делающим стену между «нами» и «ими» более прозрачной.

Тот же вектор дают нам и отмеченные среди важнейших достижений за 2007 год исследования [Miller, 2007; Hassabis et al., 2007]: память имеет ту же природу и «адрес» в мозгу, что и воображение, фантазии; если нарушен гиппокамп, то страдает не только сама память (то есть прошлое), но и способность представлять и описывать воображаемые события, создавать сюжеты (будущее или возможное). Иными словами, память – мать воображения. Эти исследования, как и открытие зеркальных систем, показывают, по сути дела, то, что так прозорливо уловил И. М. Сеченов более века тому назад: «Нет никакой разницы в процессах, обеспечивающих в мозгу реальные события, их последствия или воспоминания о них». Вот она, основа семиозиса высокого порядка...

Актуальными и обсуждаемыми являются темы об истоках и специфике человеческого языка. Приведем примеры. Нейроанатомический субстрат человеческого языка сформировался два миллиона лет назад у *Homo habilis* [Wilkins, Wakefield, 1995]. Некий протоязык возник примерно один миллион лет назад у *Homo erectus* и уже обладал специфическими чертами (порядок элементов, аргументы глаголов, грамматичность и пр.) [Bickerton, 1990, 2003, 2007]. «Полноценный» язык возник между ста и ста пятьюдесятью тысячами лет назад у *Homo sapiens sapiens* [Aitchison, 2000]. Независимый от зрительной модальности акустический язык

мог возникнуть в Африке как результат мутации [Corballis, 2003]. Полностью сформированный синтаксически язык как необходимое условие обмена и передачи символической информации может косвенно быть датирован на основе сопоставления с абстрактными наскальными изображениями, датируемыми примерно семьюдесятью пятью тысячами лет назад [Henshilwood et al., 2004]. Артефакты, найденные в пещерах Южной Африки на реке Клазиес (Klasies), свидетельствуют о том, что по крайней мере сто пятнадцать тысяч лет назад люди были способны мыслить символами и говорить [Wurz, 2000]. Акустические сигналы птиц эволюционировали в пение человека [Masataka, 2007]. Рекурсия в человеческом языке может рассматриваться в сопоставлении с рекурсией в акустическом поведении у птиц [Margoliash, 2003; Reuland, 2005; Gentner et al., 2006]. Возможность «фонологии» у животных [Yip, 2006]. Синтаксис, имитация, «цитация» и ментальная репрезентация. Способность сознания отражать сознание (*minds within minds*) [Chomsky, 2002; Fitch, 2007].

Конечно, одной из кардинальных является дискуссия вокруг статьи *The Language Faculty: What is it, who has it, and how did it evolve?* [Hauser, Chomsky, Fitch, 2002]. Чрезвычайно важны для обсуждения этого вопроса работы Джекендоффа и Пинкера. Основная идея их сводится к спору со сторонниками генеративной грамматики, для которых центром языка, его комбинаторных возможностей являются синтак-

сис и способность к рекурсии. Джекендофф считает, что более обоснована предлагаемая им и вызывающая горячие споры концепция параллельной архитектуры, где фонология, синтаксис, лексикон и семантика являются независимыми генеративными системами, связанными друг с другом интерфейсами. Эта концепция гораздо более совместима как с данными нейронуок и менталистской теорией семантики, так и с более правдоподобными, чем идея единичной мутации, гипотезами эволюции языковой способности человека [Jackendoff, 2002].

В работах Хомского с соавторами [Hauser, Chomsky, Fitch, 2002] показано, что часть вычислительных и сенсорных способностей разделяется нами с другими млекопитающими, и научение, в том числе и языковое, включает в себя семантический компонент. По Джекендоффу, именно *значение* (а не синтаксические структуры) должно было быть первым генеративным компонентом, вызвавшим возникновение и дальнейшее развитие языка. Первая стадия была, скорее всего, выражена символическим использованием простейших вокализаций (или жестов) без какой-либо грамматической организации, на этой стадии нет синтаксиса, но это уже палеолексикон, отражающий концепты-примитивы. Далее начинает появляться первичный синтаксис, и только потом возникают синтаксические структуры. Такой подход, конечно, в гораздо большей мере, чем предшествующие, открывает путь к интеграции различных областей знаний для построе-

ния непротиворечивой теории.

Позиция Джекендоффа вызвала резкую критику сторонников генеративистской парадигмы, помещающих синтаксис на привилегированное место и настаивающих на внезапном, а не эволюционном возникновении языка. К примеру, Бикертон не видит объяснений тому, что постепенно развивающийся язык не вызывал никаких изменений в других видах когнитивной эволюции, словно застывшей на сотни тысяч лет. Он также не видит причин дополнять сформулированные им еще в 1990 году две стадии возникновения языка: асинтаксический протоязык и основанный на синтаксисе язык современных людей [Bickerton, 1990, 2003, 2007].

Основным формальным отличием человеческого языка от языков иных видов является все же открытость и продуктивность, способность к использованию рекурсивных правил. То есть наш язык *принципиально по-другому устроен*. Если продолжать дискуссию о специфичности коммуникационных систем и особенностях интеллекта, то прежде всего нужно точно определить координаты, чтобы не происходило того, с чем мы встречаемся сплошь и рядом, к примеру в трактовке достижений «говорящих обезьян». Стоит также напомнить, что эволюция пробовала и продолжает пробовать *разные* инструменты для достижения своих целей, и многие из них могут сосуществовать в пространстве и времени. Успешность коммуникации достигается не только за счет удачных языковых алгоритмов! Не стоит также исклю-

чать из обсуждения тот общеизвестный факт, что язык обслуживает не только коммуникацию, но и мышление. И существенно важна коэволюция коммуникации разных видов, закрепляемая генетически.

Приведем несколько обескураживающих (если трактовка не тенденциозна) примеров «компетентности» иных биологических видов, отнюдь не только приматов или иных млекопитающих, а птиц, муравьев и пчел (подробно см. [Резникова, 2005; Reznikova, 2007; Панов, 2011]).

*Способность к межвидовой коммуникации* (в отличие от нас). Способность выучить язык другого вида, общаться на нем, мимикрируя (шпиона, становясь резидентом и желая иметь взаимовыгодные отношения). Понимание языка других выгодно; например, использование обезьяны в качестве защитника других видов, использование чужих сигналов не только уберегает от опасности целую группу, но и позволяет сэкономить энергию и время.

*Способность к генерализации сигналов (!)* – использование примерно одинаковой частоты акустических сигналов тревоги разными, но живущими вместе видами. Подражание сигналам другого вида, например при выпрашивании пищи.

*Способность к виртуозной и быстрой оценке текущей ситуации*, смене ролей, смене стратегий, даже вычислении энергозатратности усилий, к оценке риска, к макиавеллиевскому многоходовому планированию.

*Высокая специализация и точность ролей в социуме,*

регуляция отношений между социальными стратами, оценка места и глубины понятий *свой – чужой* в зависимости от многофакторного пространства.

*Использование языков разных модальностей одними и теми же особями*, например акустической, химической и тактильной (а ведь принято считать, что многоканальность – свойство человеческого языка).

*Разная степень владения символическим поведением* (одно из наивысших – язык танца пчел).

*Многочисленность вариантов социального устройства* не только у разных видов и групп, а у одного и того же вида, выбор поведения требует серьезных «вычислительных» усилий. Виртуозные ухищрения для овладения «чужим имуществом» с целью экономии энергии (еды, сил на строительство собственного дома): атака, выжидание, переодевание в чужие феромоны, притворство. Согласие кормить других в обмен на их услуги; «рабовладение», «скотоводство» и «земледелие» (доение тли и выращивание грибов), понимание меры дозволенности действий, прав разных членов сообщества...

*Способность к анализу ситуации и выбору средств ведения войн* – химическое оружие в том числе и вызывающее панику, оружие *массового психического поражения*, когда свои начинают уничтожать своих, а нападавшие тем временем уносят припасы и куколки, из которых потом появятся рабы или – если понадобится – еда; камикадзе; развед-

чки, действующие то в одиночку, то объединяясь в группы для выполнения конкретной стратегической задачи; пограничники, стоящие на охране рубежей в один ряд или в несколько в зависимости от оценки ситуации. Как они ее оценивают? Как договариваются? Где военачальники? Что за «распределенный мозг»?

Попытки расшифровать акустические сигналы животных, выделив из них некие дискретные значимые элементы типа фонем пока малоуспешны, однако такие исследования уже ведутся и результаты заставляют задуматься (например, исследования [Yip, 2006] о возможности «фонологии» животных и [Gentner et al., 2006] о рекурсивных возможностях европейских скворцов *Sturnus vulgaris*).

Принято считать, что сигналы животных имеют чисто эмоциональное и утилитарное значение, однако они могут обладать и сложной семантикой (информация о расстоянии, топографии, существуют мужской и женский языки, разные «слова» для разных объектов, вызывающих страх, и генерализованные сигналы «опасность вообще»). Не стоит, однако, забывать, что на формирование «слов» животных уходят миллионы лет генетического отбора, в то время как у человека лексикон приобретает в индивидуальном онтогенезе, и в отличие от таковых у животных слова человеческого языка многозначны и зависимы от меняющегося контекста.

Не менее обескураживающими выглядят обнаруживающиеся в языке «говорящих обезьян» свойства человеческого

языка (что подробно описано в книге Зориной и Смирновой и послесловиях к ней [Зорина, Смирнова, 2006]).

- Семантическая – присваивание значения определенному объекту или действию и использование его вместо действия или манипуляций с предметом.

- Признаки семантического синтаксиса (по Выготскому): тема – рема у детей – в однословных и двусловных высказываниях.

- Продуктивность – способность порождать новые сообщения по усвоенным правилам. Интересно отметить, что последовательность элементов может меняться и в долгих криках естественного языка шимпанзе.

- Перемещаемость – наименование находящегося вне поля зрения объекта, передача только с помощью знаков информации о прошлых и будущих событиях. Использование лексикограмм «сейчас» и «потом». Это отмечается и в природе (когнитивные карты шимпанзе, планирование маршрута и последующих действий).

- Культурная преемственность (знания передаются не за счет генетики) – способность и желание учить друг друга и детей, с исправлением ошибок, всегда считались привилегией людей. Возможность использовать язык амлен при коммуникации друг с другом, а не только с человеком.

- Узнавание себя в зеркале и в видеофильмах. Практически безошибочное употребление местоимений *я, твой, ты, мы*.

- Рассудочное поведение – умение планировать, предвидеть, выделять конечные и промежуточные цели. Умение манипулировать окружающими. Реконструкция намерений других.

- Метафорический перенос – использование слов в переносном смысле, шутливо или бранно, что показывает понимание обобщенного значения.

- Способность к диалогу и обмену ролями и очередностью.

- Восприятие устной речи и перевод на амслен – без участия самих объектов (референтов).

Таким образом, на вопрос, вынесенный в название (*что делает нас людьми*), можно ответить так: способность к семиозису высокого порядка, к абстрактному мышлению и формированию концептов, способность к рекурсивным синтаксическим процедурам, обеспечивающим открытость грамматической и семантической систем, что тесно связано и со способностью к построению высокого уровня модели сознания Другого и является серьезным шагом в эволюции когнитивных возможностей. Комбинирование слогов из фонем, слов из слогов, фраз из слов и т. д. может быть сопоставлено, к примеру, с построением сложных моторных актов из более простых, однако многоступенчатые моторные акты у приматов присутствуют, а «языковые» – нет. Языковые рекурсивные правила не распространяются на уровень «простейших» единиц – фонем и слогов (слоги не могут быть

вставлены в слоги) и не могут быть эволюционно выведены из моторных возможностей, потому что компоненты моторных актов выстраиваются последовательно, но нельзя представить себе включенность их в себя самих, подобно тому, что мы делаем в синтаксисе: *Маша удивилась, что Петя не знает, что Нина лгала Саше.*

Представление о сознании и состоянии Другого и планирование своих действий с оглядкой на это дает огромное поведенческое преимущество (если все же признавать пользу адаптивных процессов). Непонятно, однако, как и почему произошел скачок (или развитие) от закрытых систем коммуникации животных к открытым человека (см. разбор этой дискуссии в статье [Барулин, 2007]). В этой точке сходятся когнитивные возможности человека и инструментальные возможности языка. Экстраполяции и особенно синтаксические процедуры, их оформляющие, требуют хорошо развитой оперативной и долговременной памяти и мощного мозга для их осуществления. Важно отметить, что Джекендофф и Пинкер стоят на позициях медленного развития предшествующих языку систем на основе вполне дарвиновской адаптации, тогда как Хаузер, Хомский и Фитч склонны скорее к революционному сценарию, то есть появлению языка в результате некоего события – мутации.

Не менее серьезен и вопрос, поставленный Фодором: как язык мог дать нам эволюционное преимущество, если его еще не было? Вопрос сложный и требует мультидисципли-

нарного дискурса. Вспомним в связи с этим Мераба Мамардашвили, который считал синтез разных научных подходов критически важным для наступившего времени: «Пересечение гуманитарных и естественнонаучных исследований сознания носит серьезный, не внешний характер, напоминающий переключку двух соседей. Но связь здесь пролегает в другом, более существенном измерении, а именно в измерении места сознания в космических процессах, во Вселенной» [Мамардашвили, 2000]. Именно это констатирует и Вяч. Вс. Иванов: «Если успехи гуманитарного знания в наступившем веке будут зависеть (как предполагали многие) от соединения достижений естественных наук, прежде всего биологии, с еще мало изученным с этой точки зрения материалом наук о человеке, то нейролингвистика и психофонетика окажутся теми областями, где продвижение в этом направлении уже начинается» [Иванов, 2004].

Итак, наша видовая особенность как *Homo loquens* не рекурсивные правила в узком (синтаксическом) смысле, а открытость системы в целом, не пропасть между человеком и другими видами, а *почему-то* (не обязательно *зачем-то*) возникшая сложность системы иного порядка, обеспечивающая не только язык и семиозис, но и рефлексия, феноменологическое сознание, вторичные моделирующие системы и, соответственно, культуру, обеспечивающую нам дальнейшую эволюцию (см. в этой связи статью [Зинченко, 2008]). «Мы – не наблюдатели, а участники бытия. Наше поведе-

ние – труд... Природа наша делаема», – писал великий А. А. Ухтомский, опередивший свое время больше чем на век. Его слова можно рассматривать в том числе и в контексте дискуссий о сценариях и векторе эволюции человека.

## Нить Ариадны, или Пирожные «Мадлен»

Проблема сознания имеет на редкость консервативную судьбу длиной в тысячи лет: каждый человек интуитивно знает, что это такое, но не может дать определение или хотя бы описать. Мыслители многих эпох и цивилизаций, а потом и исследователи Нового времени пытались взять эту крепость с помощью разных когнитивных средств и все более усложняющихся экспериментальных методов, но продвижение неочевидно... Изящно описал сознание Джозеф Боген, американский нейрофизиолог, работавший в группе Роджера Сперри, получившего в 1981 году Нобелевскую премию по физиологии за исследования функциональной специализации полушарий (на пациентах с так называемым рассеченным мозгом). Боген сравнивает сознание с ветром: увидеть и поймать его нельзя, но очевидны результаты его деятельности – гнущиеся деревья, волны или даже цунами. Немаловажно, что эффект такой (природной) активности может проявляться на огромных временных и пространственных расстояниях от источника; так и с сознанием, когда причина и следствие могут быть чрезвычайно разнесены во всех смыслах. Боген задумался об этом, наблюдая пациентов, у которых фактически было не одно, а два сознания, если не сказать – две личности, отдельно координируемые правым

и левым полушариями.

Сознание подразумевает наличие так называемого *феноменального*, или *субъективного, опыта* – *qualia*. Оно влияет на поведение, но не жестко связано с вербальным языком (так как больные с афазией могут иметь сохранные ментальные функции и даже не потерять креативность). Сознание подразумевает способность выстраивать события во времени, выявлять причинно-следственные связи, дает возможность личности осознавать себя физически (схема тела) и психически (различение Я и не-Я), быть способной к ментальным операциям высокого порядка. Физиологически сознание может быть описано как некий координатор внимания и действия, что обеспечивается очень разветвленной нейронной сетью. Но это лишь одно из возможных описаний, как будет показано далее.

У сознания есть содержание и интенсивность, и на физиологическом языке это паттерны нейрональной активности, особенно в неокортексе, хотя и не только в нем. Особую роль играют интраламинарные ядра таламуса, хотя вообще проблема локализации крайне сложна: известны многие тысячи случаев, когда у пациентов были удалены значительные объемы коры, что не приводило к нарушениям и тем более утрате сознания. В то же время к драматическим последствиям приводят даже небольшие поражения бимедиальных таламических зон. Нужно заметить, что интраламинарные ядра имеют множество афферентных и эфферент-

ных связей.

Итак, сейчас как будто все согласны, что субъективные состояния и все психические феномены – сознательные и бессознательные – порождаются нейронными сетями, с очевидностью имеющими адресата, интерпретирующего их «тексты» или хотя бы просто считывающего их. Кто он, этот *читатель*? Мы сталкиваемся с парадоксом: мозг находится в мире, а мир – в мозгу и в большой степени им определяется. Можем ли мы доверять мозгу, учитывая возможность нарушений его адекватного (чему?) функционирования? Появления галлюцинаций, например, когда поставляемая нашему сознанию информация не приходит из органов чувств, а порождается самим мозгом, потому что произошел сбой программ нейронной сети.

Попробуем разобраться в определениях. Термин *сознание* используется как минимум в двух разных смыслах: как характеристика наличия такого свойства у живых существ и как наличие определенных *уровней* и *состояний* сознания. На самом деле существует много разных смыслов, которые вкладываются в это понятие. Основные контексты таковы.

- Сознанием обладает любое чувствующее и реагирующее существо. Тогда нужно признать, что им обладают рыбы, креветки и т. д.?
- Состояние проявляется не во сне и не в коме. Как тогда определять состояние во сне, под гипнозом и т. д.?
- Осознание: мы не только осознающие, рефлексирющие

существа, мы еще осознаем тот факт, что осознаем. Как тогда быть с маленькими детьми? С высокоразвитыми, но неговорящими существами? Когда в этом случае появляется сознание в фило- и онтогенезе?

- Так называемое *What is it...* (см. [Nagel, 1974]), когда предлагается представить, каков мир с точки зрения *другого сознания* – например, летучей мыши с ее эхолокацией или осьминога. В этом смысле виртуально мыслимые инопланетные существа немногим более непонятны, чем любое земное животное.

Субъективная реальность, *qualia*, или феноменальное сознание едва ли не центральная проблема в обсуждении этих сложнейших вопросов. Это подчеркивает и крупнейший современный нейрофизиолог Эдельман [Edelman, 2004]: центральная проблема сознания – как субъективные переживания порождаются физическими явлениями? Он считает, что эволюция закрепляла способность порождать субъективные феномены, имеющие кардинальное значение для процессов высокого порядка. Однако классическая когнитивная наука пока не может поместить *qualia* в свои парадигмы.

Мы видим только то, что знаем. Образы и представления не копия и даже не сумма физических сигналов, поступающих на наши рецепторы. Их *строит* наш мозг; иначе говоря, то, что видится, слышится и осязается, отличается не только у разных видов животных и у всех них от нас не потому, что у всех видов разные диапазоны зрения, слуха, обоняния и

т. д., а потому, что у всех живых существ разный мозг, который эти сенсорные сигналы обрабатывает, формируя *субъективные* (!) образы. Не только у разных видов, но и у разных людей, входящих в один вид, – разные *qualia*. Следует также подчеркнуть, что наличие субъективной реальности не выявляется бихевиористскими методиками, стало быть, экспериментальная проверка требует специальной ментальной проработки.

В связи с вышесказанным мы должны приучиться делать серьезные поправки на индивидуальные, этнические, конфессиональные, профессиональные и иные культурные отличия, строившие мозг и субъективные миры разных людей. Мозг не сумма миллиардов нейронов и их связей, а такая сумма плюс индивидуальный опыт, который сформировал этот инструмент – наш мозг – и настроил его. Восприятие – *активное* извлечение знаний и конструирование мира. Разные живые системы делают это по-разному, извлекая из мира разные характеристики (например, магнитные поля или поляризованный свет) и строя разные миры. Разные тела дают разные картины мира. Именно наличие субъективного мира и самого субъекта отличает человека от киборга. Пока... Отличие человека от других биологических видов, от компьютеров и «зомби» состоит и в обладании *arbitrium liberum* – свободой воли, способностью к добровольному и сознательному выбору и согласию с принимаемым решением – *voluntarius consensus* [Черниговская, 2008b].

В. А. Лекторский [Дубровский, Лекторский (ред.), 2011] пишет, что все когнитивные процессы – это получение и обработка информации по определенным правилам и алгоритмам, и в мозгу есть ментальные репрезентации, обеспечивающие контакт с миром (см. в связи с этим провокационную статью [Fodor, 2009]). Это – гипотезы высшей степени абстракции, лежащие в основании картины мира, которую нельзя проверить эмпирически, потому что «объективной», «настоящей» картины мира просто нет или ее знает только Создатель. Сложение мнений статистически приемлемого количества людей ничего не добавляет, так как у всех них – мозг одного типа. Не удастся уклониться от опасного вопроса: почему формальное мышление применимо к реальному миру? Почему мы принимаем как аксиому, что хорошо организованное в рамках *наших* алгоритмов построение – истинное? Истинное – но в рамках *нашего* мышления.

Здесь мы и сталкиваемся с парадоксом: *мозг находится в мире, а мир находится в мозгу*. Поиск субъективного опыта в физическом мире (то есть в качестве и интенсивности сенсорных стимулов) абсурден: его там нет, так как он строится в мозгу, в *отдельном*, дополнительном пространстве мозга. Кто смотрит на ментальные репрезентации? Физические события отражаются в специфической нейронной активности головного мозга, но *кто их интерпретирует?*

Казалось бы, очевиден ответ: «я», но... как бы из иного измерения, из другого пространства, изнутри мозга, но

не как физического объекта, а как психического субъекта. И ведь мозг ведет (с кем-то) диалог... А кто с кем говорит (например, «не ходила бы ты туда»)? Раньше бы сказали – правое и левое полушария, как бы две разные личности (см. [Chernigovskaya, 1994, 1996, 1999]). Но теперь эта картина стала гораздо более пестрой, а мозг – гораздо «населенней».

Потенциальная способность мозга поставлять личности не только ложную сенсорную и семантическую информацию, но и неадекватную оценку принадлежности ощущений данному субъекту, хорошо известна из психической патологии. Исследования Рамачандрана с фантомными ощущениями [Ramachandran, 2008] показывают, что «убеждение сознания» может их уничтожить, стало быть, способы произвольного, сознательного воздействия даже на такие экстремально аномальные ощущения есть.

Вопрос о критериях наличия сознания и феноменального опыта вообще сверхсложен, и это притом, что можно говорить о разных его типах (к примеру, перцептивном, оперирующем сенсорными образами, и операциональном, обеспечивающем рассуждения). Критерием сознания может объявляться способность к символьной интерпретации, к семиозису, способность произвольно оперировать знаниями и передавать их другому (и себе). Иногда говорят о процессе представления внутренних знаний в явной форме, и в этом случае наличие сознания у креветок и устриц сомнительно, хотя наличие или отсутствие *qualia* можно обсуждать.

У высших животных сложность производства информации об информации гораздо ниже, чем у нас, им нельзя приписывать самосознание и свободу воли, но, как теперь совершенно ясно, они способны решать сложные когнитивные задачи, справляться с состояниями неопределенности и совершать выбор для достижения цели, что заставляет нас относиться к их психической деятельности менее высокомерно, хотя «вторичные моделирующие системы» им и не доступны (см. обзор [Черниговская, 2006а, 2008а]). Нарастает по мере приближения к человеку и количество степеней свободы психического – свобода воли. Чрезвычайно интересны в связи с этим исследования когнитивных возможностей других биологических видов [Резникова, 2011].

Вопрос, который по-прежнему встает, когда я думаю о специфически человеческих когнитивных «умениях», таков: наш мозг – реализация «множества всех множеств, не являющихся членами самих себя» Бертрана Рассела [Russell, 1946] или рекурсивный самодостаточный шедевр, находящийся в рекурсивных же отношениях с допускаемой в него личностью, в теле которой он размещен? И кто в чем размещен в таком случае?.. И прав ли Гёдель, сформулировавший «запрет» на изучение системой самой себя и тем более на изучение более сложной системы, каковой, бесспорно, является мозг (см. [Hutton, 1976])?

Мозг – сложнейшая из всех мыслимых структура. Вопрос о том, что именно в нем заложено генетически и в какой ме-

ре, а главное – как именно внешняя среда и опыт настраивают этот инструмент, остается по-прежнему открытым.

Что из того мира, который мы воспринимаем и к которому приспосабливаемся, принадлежит ему, а что порождает наш мозг, а значит, вопрос о разделении субъекта и объекта остается центральным.

Это было давно осознано крупнейшими умами, например гениальным Ухтомским, который говорил, что нет ни субъекта, ни объекта, что мы вовсе не зрители, а участники, и даже что природа наша делаема, то есть ее как бы и нет независимо от нас. В этой связи нужно вспомнить А. Пятигорского и М. Мамардашвили [Пятигорский, Мамардашвили, 1982], которые прямо говорили, что бытие и сознание представляют собой континуум и что мышление и существование совпадают.

Головокружительным вопросом о течении времени в субъективном пространстве задавались многие мыслители. Что такое «теперь»? Как мозг «выдерживает» разные временные шкалы одновременно – конвенционально объективное время, личную шкалу жизни, актуальное время, способность членить время по-разному (ср. [Varela, 1999])?

Не является ли время продукцией нашего сознания или даже хуже того – мозга? Можем ли мы в XXI веке все еще говорить о том, что время течет без перерывов и с одинаковой скоростью, само по себе, равномерно и однонаправленно? Похоже, что нет, и с ньютоновской метафорой време-

ни как текущей реки приходится распрощаться. Мозг должен все время определять, что, в каком порядке, когда и где происходит, сравнивать это и составлять насколько возможно адекватную картину мира. Не надо также забывать о временных иллюзиях, о зависимости оценки времени от эмоциональной ситуации – внешней и внутренней и т. д., что замечательно разработал Анри Бергсон [Бергсон, 2001].

К тому же разные процессы в самом мозгу протекают с разной скоростью и есть временные окна, которые позволяют классифицировать поступающую информацию. К счастью, наш мозг обладает системой фильтров, которые не пропускают разного рода «ненужную» информацию. Мало того, такие фильтры играют роль ускорителей или замедлителей воспринимаемых процессов, чтобы мы не сталкивались с ситуациями, когда мгновенные, с нашей точки зрения, события оказываются возможными для постепенного наблюдения [Eagleman, 2011]. В известных пределах это возможно при различных мозговых нарушениях. Иными словами, время, в котором мы существуем, продуцирует сам мозг, и это тоже вариант *qualia*.

Проблема *Nature vs. Nurture* – соотношения генетического и приобретенного – в строительстве нейронной сети, а значит и в формировании самой нашей личности (и даже культуры в целом), стара, как сама наука. Нить Ариадны, данная нам, чтобы не потеряться в этом постоянно меняющемся, мерцающем лабиринте, едва подвластном нашему созна-

нию, как бы его ни определять, свита в двойную спираль. Но мы можем вывязывать и свои узоры, не подчиняясь шаблонам, данным нам *a priori*; форма сети, ее плотность, изящество плетения, гибкость и упругость – живые.

У каждого из нас есть и собственные вехи, типа пирожных «Мадлен», которые Пруст виртуозно использует в романе «В поисках утраченного времени». Он вспомнил детство в Нормандии (Комбре), когда съел это пирожное в Париже: «Я так часто видел, но не пробовал больше эти мадленки, и их образ давно разошелся с воспоминаниями о днях в Комбре» – вкус этих изумительных пирожных закодировал для него детство, когда он только и хотел вырваться из этой провинции, ставшей потом для него *потерянным раем* (он пишет, что рай только и может быть потерянным).

Такие вехи – ключи к потайным дверям сознания и памяти, рассыпанные по лабиринтам нейронной сети, они, да еще нить Ариадны, дают нам шанс разглядывать гобелены своей и чужой жизни, узнавать картины человеческой цивилизации.

Необходимо сказать, что мировая наука отчетливо осознала, что изучение таких сложных проблем возможно только при конвергенции различных областей знания – гуманитарных, естественных и точных, при обязательном участии специалистов из нейронаук, лингвистики и психологии, аналитической философии, моделирования сложных процессов в системах искусственного интеллекта и т. д. Такая уникаль-

ная возможность стала реализовываться на базе Курчатовского НБИК-центра, когда нано-, био-, информационные и когнитивные технологии больше не живут в параллельных и непроницаемых друг для друга мирах, а представляют собой единое целое [Ковальчук, Нарайкин, Яцишина, 2013].

# Nature vs. Nurture в усвоении языка<sup>2</sup>

В 1623 году родился Блез Паскаль – не только великий мыслитель, но и человек, сконструировавший первый механический калькулятор, то есть начавший путь к цифровому компьютеру. И именно компьютер четыре века спустя является главной метафорой функционирования человеческого мозга: сторонники такого взгляда утверждают, что все интеллектуальные процедуры, не говоря о процессах более низких порядков, могут быть описаны как вычислительные, базирующиеся на переборе вариантов, вероятностных механизмах, а значит – на причинно-следственных зависимостях. По-прежнему большинство ученых считают, что бихевиористская (она же павловская) условно-рефлекторная парадигма вполне объясняет процессы научения и формирования поведения не только у животных, но и у людей. Это справедливо и в отношении дискуссий об усвоении первого языка детьми.

Стоит, однако, напомнить, что уже давно стала очевидна несводимость такой предельно сложной системы, как мозг, к перебору двоичных кодов, то есть к цифровым алгоритмам. Как минимум, наше сознание представляет собой более чем один способ обработки информации, вовсе не все они осознаваемы вполне (могут и не принадлежать сознанию) и не описываются вычислениями в традиционном смысле. Даже

сам Паскаль писал, что разум действует медленно, учитывая так много факторов и принципов, что поминутно устает и разбегается, не имея возможности одновременно удержать их. Чувство, пишет Паскаль, действует иначе: мгновенно и всегда. На самом деле, то, что он в своих «Мыслях» называл чувством, вдохновением, сердцем, «чутьем суждения», обозначало непосредственное познание действительности, живой реальности, в противоположность рассудочному знанию и рациональным выкладкам. Сейчас мы назвали бы это правополушарным сознанием или даже – после А. Бергсона – интуицией (он даже считал, что мозг – не что иное, как нечто вроде телефонной станции: его роль сводится к передаче и получению сообщений).

Но если наше поведение, даже самое сложное, несводимо к известным алгоритмам и в подавляющем большинстве ситуаций не подвластно сознательному контролю, то встанет очень тревожный вопрос о свободе воли, контролируемости поступков, а значит о соотношении *Nature vs. Nurture* – генетического и зависящего от окружающей среды. А что значит – *генетического*? В какой степени наше поведение, способности, особенности зависят от характеристик нашего мозга? Например, общеизвестно, что именно левое полушарие обеспечивает логическое мышление, и следовало бы ждать, что математические способности будут связаны именно с ним. Однако, если Лейбниц, бесспорно, может быть охарактеризован как логик (или алгебраист), то Ньютона с не

меньшей степенью определенности можно отнести к категории физиков (геометров), то есть людей, которым в высшей степени свойственно гештальтное и даже зрительное восприятие мира, стимулируемое деятельностью правого полушария головного мозга [Яглом, 1983; Bechtereva et al., 2004, Dietrich, 2007; Fink et al., 2009].

Повреждения мозга могут, как ни парадоксально, не ухудшать некоторые способности (как, например, левосторонний инсульт у выдающегося композитора Шнитке едва ли не усугубил его музыкальный талант) – Пастер, у которого после правостороннего инсульта фактически почти не было половины мозга, после этого повреждения сделал свои самые значительные открытия. Известны многочисленные свидетельства парциальных, но очень значительных способностей у людей с *Wiffiams*-синдромом, *Sturge-Weber*-синдромом, *Savant*-синдромом и т. д.

Не первое десятилетие (если не сказать – столетие) ведутся споры о том, каким образом в мозгу организован язык (см., например, [Loritz, 2001; Corballis, Lea, 1999]). Нейронауки обсуждают это с точки зрения того, как вообще происходит работа мозга – каждого из его отделов и нейронной сети в целом, как перераспределяется активность нейронных ансамблей, как и почему происходит формирование новых функциональных связей, как влияют на это поступающая извне информация и генетические факторы, лежащие в основе языковой компетенции человека. Лингвисты, с каж-

дым годом все более вовлекаясь в дискуссии такого рода, делают попытки с помощью теоретических исследований и специально разработанных экспериментов внутри своей науки, как и данных, полученных нейродисциплинами, выявить структуру человеческого языка, точнее говоря, его универсальных, базисных свойств, отличающих его от всех других известных нам систем коммуникаций и при этом характерных для всех национальных языков [Chomsky, 2002]. И те, и другие надеются в итоге описать сложнейшие языковые факты в терминах нейрональной активности (в широком понимании), иными словами, соотнести языковые процессы с физиологическими, протекающими в мозгу. В общий спор включились и генетики в связи с поисками языкового гена, или гена грамматики. В тесной связи с этим активизировались дискуссии о происхождении языка, а значит и об эволюции не только *Homo sapiens*, но *Homo loquens, legens* и *scribensque*.

Продолжаются поиски так называемого недостающего звена, и на эту роль выдвигаются по мере получения антропологического материала все новые претенденты. Что же привело к формированию того, что отличает человека от других населяющих нашу планету существ, – языка и чрезвычайно сложного мозга? Мутация, приведшая к особому переустройству мозга для обеспечения сложнейших и специальных, отличных от всех иных, операций, или континуальный отбор с постепенно усложнявшимися когнитивными

возможностями?

Ни у кого из специалистов не вызывает возражений положение о том, что мозг, обеспечивая высшие психические и особенно языковые функции, осуществляет некие математические операции. Очевидно, что мозг имеет дело с какими-то сформировавшимися в процессе естественного и специализированного обучения списками, с одной стороны, и с другой – с наборами разнообразных правил, часть из которых, наиболее универсальных, возможно, являются врожденными. Под такими правилами понимаются специфические алгоритмы, обеспечивающие *только языковые* процедуры.

Серьезные и часто бескомпромиссные дискуссии ведутся в связи с этим по вопросу о том, является ли языковая способность человека нейрофизиологически или даже анатомически отдельной от других когнитивных функций, а стало быть, о вероятности организации мозга по принципу модулярности; все больше исследуется манифестация постулируемых единых нейрональных механизмов в языках разных типов.

Общеизвестно, что представители генеративного направления в лингвистике настаивают на наличии у человека так называемого языкового органа, с помощью которого только и возможно формирование алгоритмов в языковом онтогенезе. Среди генеративистов, стоящих на позиции врожденных языковых механизмов, нет единого мнения по по-

воду происхождения последних: одни считают грамматический взрыв результатом макромутации, другие – результатом естественного отбора мелких мутаций, то есть гораздо более постепенного процесса. Последователи необихевиоризма в психологии и коннекционистского направления в лингвистике считают главным фактором усвоения и адекватного функционирования языковых процедур научение. Согласно бихевиоризму, как известно, ребенок – это *tabula rasa*, постепенно заполняемая разными схемами поведения, в том числе и вербального, по принципу «стимул – реакция», что по понятным причинам никак не согласуется с идеей врожденных символических правил [Pinker, 1991, 1994 и далее]. В этой связи следует обратить внимание на коллективную монографию «Психология интеллекта и творчества» (2010).

В разное время и с разных сторон предпринимались попытки обсуждения так называемой ментальной грамматики, по сути дела, врожденных априорных знаний: набора неосознаваемых правил, позволяющих формировать жизненный опыт в целом, а не только усваивать язык [Fodor, 2001, 2009]. Речь идет о некоем пре-знании, грамматике мышления вообще, являющейся базой и для языка (в первую очередь), и для невербального конструирования картины, более или менее изоморфной окружающему человеку и доступному ему миру.

Споры о том, покрывает ли грамматика мышления и спе-

цифически языковые универсалии, не утихают. Ясно, конечно, что конструировать некоторую «объективную» картину мира могут и другие существа (иначе они не могли бы выжить), и в этом смысле у нас и у них есть некая грамматика мышления, базирующаяся на закрепленных в геноме и приобретенных механизмах, но, по всей видимости, все же разная и пригодная для описания «отдельных миров». Однако в работе Джекендоффа [Jackendoff, 2002], адресованной междисциплинарной аудитории, делается попытка свести ментализм и нативизм базисных генеративистских парадигм и активно развиваемые теории семантики, в том числе формальной. Действительно, без такого моста между «компьютерно-организованным» и в этом смысле самодостаточным мозгом и внешним миром связь не устанавливается, а возможно, даже и не требуется. Для преодоления пропасти между миром и мозгом водится понятие *f-mind* – функциональное сознание, понимаемое как способность кодировать с помощью естественного языка определенные комбинации состояний нейронной сети в релевантных ситуации областях мозга. Дети уже рождаются с мозгом, готовым к синтаксическим процедурам.

Для включения в современную человеческую цивилизацию критичным является овладение знаковой грамотностью, и в частности чтением.

В 2010 году на территории ЮАР были обнаружены осколки скорлупы страусиных яиц возрастом около шестидесяти

тысяч лет с нанесенными на них абстрактными иллюстрациями. Это древнейший пример использования символов. Следующие из известных нам изображений датируются пятнадцатым – двенадцатым тысячелетиями до Р. Х. – это геометрические фигуры, обозначающие фазы луны. Далее появляются как бы скульптурные иероглифы-«фишки»-символы. К восьмому тысячелетию до Р. Х. они изготавливаются из глины и уже составляют систему. Эволюция этих первых символических систем свидетельствует о нарастающей потребности (и возможности) семиотического дублирования физического мира людьми. Это первые попытки человечества систематизировано обозначать объекты и абстракции, каталогизировать их и находить способы выразить отношения между объектами. Наряду с другими свидетельствами именно зрительные изображения в самых примитивных формах позволяют нам говорить о древних людях как о существах семиотических, имевших целью увеличение памяти за счет выноса ее за пределы индивидуального мозга.

Следует отметить три основных когнитивных прорыва на этом пути:

- замещение трехмерных изображений, «скульптур-иероглифов», двумерными пиктограммами,
- затем идеограммами,
- далее следует переход от мнемоники к собственно письму – логографическому, словесно-слоговому, силлабическому и алфавитам, восходящим к письму Финикии, Сирии и

Палестины.

Все это сложные системы знаков. Переход от этапа к этапу требовал от человека как вида огромных когнитивных затрат и долгого времени.

Нельзя не заметить, что эволюция этих видов когнитивной деятельности идет по пути все большего сворачивания, «конденсации» информации: трехмерные формы сворачиваются к двумерным изображениям, количества сворачиваются до более крупных, но более экономных разрядов. На все это ушло много тысячелетий.

Методы, которыми изучаются процессы письма и чтения и их нарушения, многочисленны (поведенческие методики, функциональное картирование мозга, фиксация движений глаз при чтении и т. д.), а научные парадигмы по-прежнему сводятся к традиционным для лингвистики и психологии бинарным оппозициям: то, с чем мы сталкиваемся в проблемных ситуациях, это – нарушения собственно лингвистических или более общих когнитивных процедур? Это нарушения высших когнитивных процессов или специфически зрительных? Это нарушения моторики (в случае письма)? Внимания? Кратковременной памяти? Это специфика индивидуальной организации мозга? Перед нами далеко не полный список исследуемых вопросов.

Мозг как биологический объект необходим для мышления, но недостаточен. Нужен опыт. Интеллект развивается: роль коры у новорожденных детей крайне мала (большая

часть нейронов формируется после рождения). Общеизвестно, что общая масса мозга менее важна, чем его внутренняя организация и богатство связей, которые, как теперь становится все более очевидным, в огромной мере зависят от того, какого типа и сложности задачи он решает. Потенциальная возможность говорить зависит от генетических факторов, а реальная речевая продукция – от опыта.

Обсуждая неутихающие споры нативистов и сторонников примата научения, полезно вспомнить Шмальгаузена [Шмальгаузен, 1946], который писал, что все биологические системы характеризуются способностью к саморегуляции, и среди факторов саморегулирования в онтогенезе нужно отметить три главных:

- 1) развитие по генетической программе;
- 2) развитие в зависимости от воздействия внешней среды (например, отрицательное воздействие сенсорной депривации ведет к недоразвитию мозга, отсутствие речевого окружения – к неразвитию языка и т. д.);
- 3) собственная сознательная саморегуляция – свойство, нарастающее с повышением ранга биологических объектов на эволюционной лестнице как результата возрастающей роли индивидуального, а не группового поведения. Признак эволюции – рост независимости от внешней среды.

Карл Прибрам [Прибрам, 1975] отмечал еще много лет назад, что внешнее поведение организма определяется сложно организованным механизмом, сформировавшимися ком-

петентными (как он это формулирует) структурами, функции которых зависят от опыта в данной внешней среде. Даже сам Хомский, главный из тех, кто настаивает на примате генетики для языка, подчеркивает различие между компетенцией (некоем врожденном знании мозга о языке вообще, не конкретном языке) и успешной речевой деятельностью – *Com pe ten ce vs. Performance*. Под компетенцией в теориях научения понимают сумму знаний, которые определяют пределы успешности выполнения задачи. Если компетенция, в том числе и генетическая, равна нулю, то никакие побуждения не могут вызвать выполнение данной задачи.

Важнейшими характеристиками человеческого языка являются его продуктивность (возможность создания и понимания абсолютно новых сообщений) и иерархическая структура, то есть наличие уровней – фонологического, морфологического, синтаксического и уровня дискурса. Все это пронизывается семантической осью. Такая структурная специфичность общепризнана как уникальная особенность данной системы. Поэтому и поиски правил, описывающих собственно лингвистические феномены, и поиски генетических основ языковой компетенции базируются прежде всего на анализе этих характеристик.

Сторонники классического модулярного подхода считают, что использование правил универсальной грамматики не только является главной характеристикой человека как вида, полученной в результате особой мутации и приведшей к

выделению его из мира других населяющих Землю существ, но и имеет особую локализацию в мозгу. Организация ментального лексикона, таким образом, описывается как два вида процессов:

1) функционирование символических универсальных правил, действующих в режиме реального времени и базирующихся на процедурах и врожденных механизмах, запускаемых в оперативной памяти, и

2) извлечение лексических и других гештальтно представленных единиц из долговременной ассоциативной памяти.

Они настаивают на том, что усвоение языка – это разворачивание его во времени, а не процесс обучения, и что применение символических правил не зависит от лингвистических вероятностей [Pinker, 1991, 1994; Pinker, Bloom, 1990, Pinker, Prince, 1998; Bloom, 2002].

Сторонники противоположного взгляда считают, что все процессы основываются на работе с ассоциативной памятью и мы имеем дело со сложной перестройкой всей нейронной сети, также происходящей по правилам, но иным и гораздо более сложным и трудно формализуемым [Gor, Chernigovskaya, 2001; Черниговская и пр., 2008;]. По мнению этой группы исследователей, язык – результат обучения; лингвистические процедуры не включают символические правила; все языковые процедуры опираются на ассоциативные связи в нейронных цепях и имеют вероятностный характер, а ассоциативные связи между словами в менталь-

ном лексиконе основаны на фонологическом и семантическом сходстве. Возможны и несовпадающие ни с одним из этих подходов гипотезы (см. обзоры [Черниговская, 2002; Черниговская и др., 2008; Свистунова и др., 2008, Черниговская, Ткаченко, 2010]).

Для проверки привлекается клинический материал, данные онтолингвистики, специально сконструированные эксперименты со взрослыми людьми, говорящими на разных языках, а также моделирование искусственных нейронных сетей, обучаемых по правилам, как надеются, имитирующим имплицитное овладение языком в детстве. Особые надежды возлагаются на данные функционального мозгового картирования у здоровых людей.

Все эти методы помимо бесспорных достоинств имеют и существенные недостатки. Например, очевидно, что даже самая лучшая компьютерная нейронная сеть, обученная по лучшим из известных правилам, ни в какой мере не может быть сопоставлена с реальными процессами, происходящими при овладении языком детьми, хотя бы потому, что никак не учитывается – и не может быть учтено – все многообразие языкового окружения ребенка, в первую очередь критическая для таких исследований характеристика – частотность употребления разных языковых единиц, не говоря уже о невербальных компонентах коммуникации, перераспределяющих веса компонентов научения.

Однако функциональное картирование мозговых функ-

ций дает нам все больше противоречивых данных, крайне трудно сводимых не только с парадигмами, но даже с результатами из других областей, казалось бы, общего научного объекта. Создается впечатление, что каждая из ветвей общего дерева научного знания о мозге и языке обладает своей собственной *правдой*: правы афазиологи, описывающие аграмматизм при нарушениях зоны Брока, но ни с какими общими представлениями никак не согласуется аграмматизм при нарушениях зоны Вернике; правы и исследователи языковых функций, соотносимых с полушариями головного мозга, – у них, как и у афазиологов, накоплен гигантский фактический материал, находящийся в резчайшем противоречии как с принципиально «левополушарной» афазиологией, так и с все нарастающим объемом данных мозгового картирования.

Необходимо заметить, что и сами функционально возникающие и когнитивно обусловленные ансамбли имеют иерархическую организацию, то есть могут быть подмножествами других. Допущение такой организации необходимо, например, для объяснения структуры соответствующих семантических репрезентаций (в частности, гипонимов и гиперонимов). Возможность такой «оркестровки» объясняет процессы языкового научения в раннем онтогенезе, примиря нативистов и коннекционистов. Она логичнее объясняет и данные афазиологии, например нарушения языковых процедур при любой модальности предъявления стиму-

ла (традиционные подходы сталкиваются со значительными трудностями при необходимости объяснить такую мульти-модальность).

В случае если модель динамичных и распределенных нейронных ансамблей верна, становится гораздо менее загадочной компенсаторная перестройка функций, особенно когда поражены или просто удалены основные речевые зоны.

В исследованиях К. В. Анохина показано, что во взрослой нервной системе, в отличие от эмбриональной, включены механизмы самоорганизации поведенческих функциональных систем, что ставит морфогенез в мозге при обучении под контроль системных, когнитивных процессов. Идея о том, что на молекулярно-генетическом уровне обучение продолжает процессы развития, составляя эпизоды дополнительного морфогенеза во взрослом мозге, имеет исключительные последствия для разработки моделей работы мозга, материалом для чего служат исследования нейрональной экспрессии генов при развитии и обучении. В результате реактивации во взрослом мозге морфорегуляторных молекул нервные клетки приобретают при обучении способность к перестройке своих синаптических связей в составе модифицирующихся или вновь образующихся функциональных систем. При этом основные молекулярно-генетические элементы и этапы этого молекулярного каскада оказываются весьма сходными при обучении и развитии [Анохин, 2001].

Особый поворот приобретает и столь кардинальный для

человека как вида вопрос латерализации высших функций, в первую очередь языковых [Davidson, Hugdahl, 1995; Балоннов и пр., 1985; Chernigovskaya, 1994; Chernigovskaya, 1996; Chernigovskaya, 1999; Pulvermuller, 1999; 2002; Crow, 2000]. Чем больше мы узнаем о гемисферных механизмах обеспечения когнитивных процессов, тем менее очевидна их латерализация в левом полушарии. Более того, все отчетливее видно, что речь вообще не идет о латерализации неких «объектов» (фонем, слов, грамматики, зрительных образов и т. д.). Противоречивые факты, ставившие в тупик многих исследователей и ломавшие привычные уже парадигмы полушарностной организации высших функций, вполне объяснимы, как только мы переходим к нейросемиотическому описанию и говорим о разных знаковых системах или о разных способах обработки информации (одной и той же!), о разных когнитивных стилях (см. в связи с этим [Манин, 2009; Финн, 2009]). А это значит, что мы говорим о динамической организации процесса, каждый раз новой или наиболее вероятной в зависимости от контекста. Речь идет не о бинарности, а о континууме между левополушарным и правополушарным полюсами, где доля участия латеральных ансамблей балансирует в зависимости от решаемой мозгом задачи. Вопрос о роли латерализации в развитии человека ставился многократно и в разных аспектах – роль генетических факторов и среды (например, типа обучения или культуры), половой диморфизм, разная скорость созревания гемисфер-

ных структур, разная скорость протекания нервных процессов (что могло, например, повлиять на особую роль левого полушария в анализе требующих большой скорости обработки фонематических процедур со всеми вытекающими из этого для языковой доминантности последствиями).

Мы сталкиваемся с оппозицией школ, сводимой к схеме детерминизм (= врожденность языка) против «хаоса», или идей научения на основе частотностей, прогноза и предсказуемости. Согласно первому взгляду, эволюция сделала рыбок, приведший к обретению мозгом способности к цифровому вычислению, использованию рекурсивных правил и ментальных репрезентаций, таким образом приведя к созданию основы для мышления и языка в человеческом смысле. Далее языковая способность привела и к формированию арифметического кода как базы математики.

В центре споров о дифференциальных характеристиках человеческого языка и роли генетических факторов находятся исследования так называемых специфических языковых нарушений и обучение высших приматов жестовым человеческим языкам и искусственным знаковым системам. Первые направлены на демонстрацию модулярной организации языковой способности и, как следствие, возможности парциального нарушения *только языка*, без нарушений памяти, внимания, интеллекта и эмоциональной сферы. Вторые – на доказательство принципиальной возможности обучения *иного, не человеческого* мозга универсальным языком.

вым процедурам. Если такие доказательства получены, то вопрос о специфических и модулярно организованных языковых механизмах, вызванных мутацией, обеспечившей появление *Homo loquens*, снимается. Снимается и вопрос поиска, вызванного такой мутацией гена языка, – за ненадобностью.

Стоит отметить, что примерно 22 % всех видовых отличий генетически фиксируется в «моменты» внезапных изменений, то есть развитие вполне может происходить «рывками», о чем и свидетельствует противопоставление градуального и точечного сценариев эволюции [Pagel, Venditti, Meade, 2006; Knowles, McLysaght, 2009].

В связи с языковыми особенностями людей со специфическими речевыми нарушениями говорят также о генетических, или семейных, нарушениях языка [Andrew, 2002; Gopnik et al., 1996; Newmeyer, 1997; Bellugi, Wang, Jernigan, 1994; Fisher et al., 1998; Bishop, North, Donlan, 1995; Rice, Smith, Gayán, 2009]. В эту же область исследований попадают и такие чрезвычайно интересные объекты, как, например, синдром Вильямса, при котором весьма низкий интеллектуальный уровень пациентов находится в резком контрасте с высоким уровнем языковых процедур [Ganger, Wexler, Soderstrom, 1998].

Специфически языковыми считаются неприобретенные нарушения, характеризующиеся языковыми особенностями при отсутствии нарушений интеллекта, артикуляции, слуха

и психоэмоциональной сферы. У таких людей отмечены фонологические, синтаксические и инфлекссионные трудности, особенно для грамматических согласований субъекта и глагола, маркирования времени, числа существительных, сравнительных форм прилагательных.

В психолингвистических экспериментах люди с такими нарушениями также демонстрируют необычные характеристики: говорят об иной организации ментального лексикона, подчеркивая, что нарушена характерная для нормы морфологическая репрезентация, проявляющаяся и в понимании, и в продукции инфлекссионных морфологических операций; мы видим пример того, как языковая деятельность человека при овладении и пользовании языком базируется не на имплицитных процедурах и выведенных алгоритмах (независимо от того, передались ли они нам генетически), а на эксплицитно сформулированных, иногда в буквальном смысле, правилах и декларативной памяти, когда слова (возможно, лексемы), например, хранятся списками, а правила – отдельно, в неких сетях.

Конечно, иерархичность синтаксиса необходима для такой сложной самоорганизующейся системы, как язык, так же, как иерархичность и динамичность нейронных паттернов необходимы для такой сложнейшей системы, какой является мозг. В этом смысле вектор естественного отбора вполне коррелирован. Стоит ли по-прежнему быть в плену бинарного способа мышления с необходимостью выбирать

между полярными взглядами: мутация или отбор, модулярность или нейронная сеть? Ведь и сам Дарвин не отрицал роли случайных событий (мутаций) в эволюции. В «Происхождении видов...» он пишет: «По-видимому, я прежде недооценил значение и распространенность этих последних форм вариаций, ведущих к прочным модификациям в строении независимо от естественного отбора. Но так как в недавнее время мои выводы были превратно истолкованы и утверждали, что я приписываю модифицирование видов исключительно естественному отбору, то мне, может быть, позволено будет заметить, что в первом и последующих изданиях этой книги я поместил на очень видном месте, именно в конце “Введения”, следующие слова: “Я убежден, что естественный отбор был главным, но не исключительным фактором модификации”. Но это не помогло. Велика сила упорного извращения; но история науки показывает, что, по счастью, действие этой силы непродолжительно» [Дарвин, 2001 (1872)].

Это было слишком оптимистическое утверждение... По сути дела, эволюция канализировалась, возможно, гораздо раньше, чем появились высшие виды, и является нейроэволюцией, направленной на развитие мозга, сознания и языка; в этом смысле случайность если и имела место, то с очень удачными для нас последствиями.

Однако никто все же не сомневается в чрезвычайной роли человека на планете и в абсолютно особой роли в нашем раз-

витии специфического семиозиса и языка. Семиотическое поведение есть у всех, даже у беспозвоночных. Обычно, когда речь идет о высокоразвитых видах, обсуждают *метакогнитивные возможности* и *способность к метарепрезентации* и считается, что у животных (возможно, за исключением приматов и дельфинов) рефлексии и концепта «себя» нет, как и возможности мысленного «путешествия во времени», ибо для этого нужен символический язык, способный представлять будущие события и задачи, нужна способность выйти за пределы своего мира и себя как его центра (если не сказать основного наполнения).

Исследование шифтеров привело Р. Якобсона к выводу, что, обучаясь слову «я», ребенок понимает свою принадлежность к целому ряду возможных говорящих, каждый из которых использует одну и ту же меняющуюся функцию слова «я» и тем самым связан со всеми другими говорящими [Jakobson, 1977].

Согласно Пенроузу [Penrose, 1994], мозг действительно работает как компьютер, однако компьютер настолько невообразимой сложности, что его имитация не под силу научному осмыслению. Основная сложность видится в следующем: вычислительные процедуры имеют нисходящую организацию, которая может содержать некий заданный заранее объем данных и предоставляет четкое решение для той или иной проблемы. В противоположность этому существуют восходящие алгоритмы, где четкие правила выполнения дей-

ствий и объем данных не определены заранее, однако имеется процедура, определяющая, каким образом система должна «обучаться» и повышать свою эффективность в соответствии с накопленным «опытом»; правила выполнения действий подвержены постоянному изменению. Наиболее известные системы восходящего типа – искусственные нейронные сети, основанные на представлениях о системе связей между нейронами в мозгу и о том, каким образом эта система обучается в реальности.

Возвращаясь к дискуссии *Nature vs. Nurture* в лингвистике, я могла бы сказать, что, возможно, спор как раз и идет о нисходящей в противоположность восходящей системе вычислений: нативистской и модулярной как более нисходящей и коннекционистской – как полностью восходящей. При этом только *принципы* (в терминах генеративизма) принадлежат к нисходящему типу вычислений, а *параметры* (обретаемые с опытом в данной языковой среде) делают систему комбинированной, с сильным восходящим компонентом.

Есть и другой вариант: язык, как крайне сложная система, в больших дозах включает в себя компоненты, для известного нам типа вычислений недоступные. Как мозг является конструкцией из мягких и жестких звеньев, так и язык включает в себя нисходящие алгоритмы, восходящие процедуры научения и невычисляемые пласты. Это дает нам основания считать, что по крайней мере в обозримое время ни мозг, ни язык не поддадутся адекватному моделированию по фунда-

ментальным причинам [Черниговская, 2008b, 2010].

# **Мозг и язык: врожденные модули или обучающаяся сеть?**

Развитию представлений о высших психических функциях человека посвящены основополагающие труды таких виднейших отечественных ученых, как И. М. Сеченов, А. А. Ухтомский, И. П. Павлов, В. М. Бехтерев, Л. С. Выготский, П. К. Анохин, А. Н. Леонтьев, А. Р. Лурия. Идеи построения интегрального знания о человеке Ухтомского, согласно которым разобобщение функций – абстракция, вполне могут определить научное и философское пространство XXI века.

Необходимость разграничения языка как системы и речи как конкретного пространственно-временного процесса осознавали такие крупнейшие лингвисты, как В. Гумбольдт, Ф. де Соссюр, А. А. Потебня, И. А. Бодуэн де Куртенэ, А. М. Пешковский, Н. С. Трубецкой, М. М. Бахтин, Л. В. Щерба, Р. Якобсон, и впоследствии это стало основой экспериментальных исследований в лингвистике.

Эволюция высших психических функций привела к обретению мозгом мощнейшей способности к вычислению, использованию рекурсивных правил и ментальных репрезентаций, что создало основу для мышления и человеческого языка. При обсуждении накопленных за полтора столетия знаний сталкиваются школы, противостоящие по схеме «детерминизм/врожденность» языка, с одной стороны, и модель

научения на основе частотностей, прогноза и предсказуемости – с другой.

Особая организация мозга, его церебральная специализация, характерная именно для человека как вида, является нейрональной основой мощного и стремительного культурного развития человечества, скорость чего не сопоставима с обычным ходом биологических эволюционных часов. Это обеспечило человеку неоспоримые когнитивные и адаптационные преимущества перед прочими видами.

Почему исследование языка, сознания и обеспечивающих их мозговых механизмов занимает такое важное место в науке рубежа XX–XXI веков? Потому что мы познаем мир так, как это может наш мозг; мир для нас таков, каким мы способны его воспринять, классифицировать и описать, и от понимания функций мозга зависит наше положение в мире и даже наша цивилизация. Наша зависимость от мозга больше, чем мы привыкли думать. «Нет субъекта без объекта, как нет объекта без субъекта» – провидчески, задолго до открытий квантовой механики, сформулировал великий русский физиолог А. А. Ухтомский. А еще раньше и задолго до того, как экспериментальная наука получила методы регистрации мозговой активности во время галлюцинаций, показавшие большое сходство (если не идентичность) биоэлектрической активности при обработке реальных сенсорных сигналов и псевдосигналов, ошибочно генерируемых мозгом, гениальный И. М. Сеченов писал: «Нет никакой разницы в процес-

сах, обеспечивающих в мозгу реальные события, их последствия или воспоминания о них».

Главным препятствием на пути изучения языка и особенно сознания остается сама неопределенность понимания того, что мы договоримся таковыми считать (а значит, что мы будем искать при исследовании высших функций с помощью мозгового картирования или обсуждать свойства все более мощных систем искусственного интеллекта). Разброс трактовок огромен – от осознания и рефлексии до противопоставления подсознательным и бессознательным процессам [Аллахвердов, 2006; Дубровский, 2006; Черниговская, 2004b, 2008a, 2008b].

Удовлетворительной теории механизмов мозга у нас нет. Например, со времен Нобелевской премии по физиологии и медицине, присужденной в 1906 году Сантьяго Рамон-и-Кахалю, известно, что единицей нервной системы (а значит и основным игроком) является нейрон, включенный с другими нейронами в гигантскую сеть. Это базовое знание в последнее время стало колебаться: подобно темной материи во Вселенной, в мозгу обнаружен ее «аналог» – значительные и мало изученные функции глии, объем которой в десять раз превышает объем нейронов. Как оказалось, помимо известных ранее свойств, глиальные клетки реагируют на нейротрансмиттеры и сами, подобно нейронам, способны перерабатывать информацию, многократно увеличивая вычислительную мощность мозга (один астроцит, например, может

«охватить» более миллиона синапсов) [Кооб, 2009].

Ясно, что исследование как работы мозга – сложнейшего из известных нам объектов, так и сложнейшего из объектов, с которым имеет дело сам мозг, – языка является и будет являться одним из приоритетных направлений человеческого знания. Не вызывает также сомнений, что в это вносят вклад представители многих наук – от молекулярной биологии, генетики, нейрофизиологии и биохимии до антропологии, искусственного интеллекта, нейролингвистики и аналитической философии. Будучи физиологом, психологом и лингвистом, я считаю продуктивным обсуждать это в большей мере как лингвист.

Человеческий язык является эффективным средством противостояния сенсорному хаосу, который постоянно атакует нас; именно язык обеспечивает номинацию ментальных репрезентаций сенсорного опыта и, таким образом, «объективизирует» индивидуальные впечатления, обеспечивая описание мира и коммуникацию. Именно язык, базируясь на генетически обусловленных алгоритмах и являясь культурным феноменом, соединяет объекты внешнего мира с нейрофизиологическими событиями в мозгу, используя конвенциональные семиотические механизмы.

Язык – особая, видоспецифичная способность мозга, дающая возможность строить и организовывать сложные коммуникационные сигналы и обеспечивать мышление – формирование концептов и гипотез о характере, структуре и за-

конах мира.

Т. Дикон развивает точку зрения, согласно которой мозг и язык коэволюционируют, но главную адаптационную работу выполняет язык [Deacon, 2000]. Дети рождаются с мозгом, готовым к синтаксическим процедурам именно из-за развития языка в сторону наиболее вероятностных характеристик, что и фиксируется генетически. Дикон считает, что распространенный взгляд на происхождение языка у *Homo sapiens* как на экспрессию нараставшего интеллекта неверен, так как корреляция языка с интеллектом вида проблематична: язык сам по себе влияет на эффективность интеллекта [Deacon, 2003]. Язык не формальная вычислительная структура, а спонтанно возникшая эмерджентная адаптация, не выводимая ни из врожденных механизмов, ни из эксплицитно или имплицитно полученных инструкций; это – результат самоорганизации и селекции, и биологическая основа такой беспрецедентной адаптации не может быть локализована ни в какой единичной неврологической структуре, равно как и не может быть результатом точечной мутации. Это коэволюция нейрональной базы и социальной динамики [Deacon, 2007].

Существуют различные конкурирующие взгляды на структуру организации языка в мозгу. Например, сторонники генеративного подхода считают, что *языковая способность (language competence)* – это система базисных универсальных правил, предположительно лежащих в осно-

ве всех человеческих языков, возможно, врожденное свойство нашего мозга, обеспечивающее *речевую деятельность* (*language performance*) [Chomsky, 2002]. Можно говорить о «слоях», составляющих язык, это: *лексикон* – сложно и по разным принципам организованные списки лексем, словоформ и т. д., *вычислительные процедуры*, обеспечивающие грамматику (морфологию, синтаксис, семантику и фонологию), механизмы членения речевого континуума, поступающего извне, и *прагматика*.

Человек обладает способностью к аналогии, поиску сходства, а значит, к объединению индивидуальных черт и феноменов в классы, что дает возможность построения гипотез об устройстве мира. На этом пути чрезвычайную роль играют так называемые концепты-примитивы, которые, по мнению ряда крупных представителей когнитивной науки, являются врожденными, а не приобретенными в результате научения. Считается, что концепты организованы иерархически и, следовательно, представляют собой систему, где также есть механизм генератора новых концептов, обеспечивающий возможность формулирования гипотез [Fodor, 2001].

Основатели отечественной нейролингвистики Л. С. Выготский, Р. О. Якобсон и А. Р. Лурия предприняли попытку систематического описания локализации и свойств высших психических функций, включая язык. На этом основаны теоретические разработки и клинические тесты, и это один из примеров, когда вклад российской науки в мировую бес-

спорен и общеизвестен. Идеи и открытия Н. П. Бехтеревой и ее сотрудников (мягкие и жесткие связи мозга, детектор ошибок, начало работ по изучению механизмов творчества) также являются важнейшими вехами в современной науке о мозге и его высших функциях [Бехтерева, 1999]. В нейролингвистических исследованиях, проверяющих непротиворечивость выдвигаемых гипотез, языковые процессы картируют и, по возможности, локализуют, хотя сама идея локализации функций становится все менее популярной. Взгляды на возможность локализации функций менялись и продолжают меняться [Démonet, Thierry, Cardebat, 2005], но Д. Хебб [Hebb, 1949] в 1949 году и П. К. Анохин [Анохин, 1978], сформулировавший это раньше, но опубликовавший лишь через много лет, предложили модели, примиряющие локационистский и холистический взгляды: клеточные ансамбли определенной топографии могут организовываться в объединения для формирования когнитивных единиц типа слов или гештальтов иного рода, например зрительных образов. Такой взгляд кардинально отличается от локационистского подхода, так как подразумевает, что нейроны из разных областей коры могут быть одновременно объединены в общий функциональный блок. Он отличается и от холистического подхода, так как отрицает распределение всех функций по всему мозгу, но подчеркивает принципиальную динамичность механизма, постоянную переорганизацию всего паттерна в зависимости от когнитивной зада-

чи. Это значит, что мы имеем дело с тонко настраивающимся оркестром, местоположение дирижера которого неизвестно и нестабильно, а возможно, и не заполнено вообще, так как оркестр самоорганизуется с учетом множества факторов [Pulvermuller, 2002; Pulvermuller, Berthier, 2008].

Огромный вклад в эту область знаний внес Г. Эйдельман с его теорией селекции нейрональных групп [Edelman, 2004, 2006]. Сознание, подчеркивает он, – это процесс, поток; сознание и внимание не одно и то же; оно сугубо индивидуально с по-прежнему неразрешенной проблемой *qualia*. Высочайшая степень функциональной пластичности и огромная плотность межнейронных связей (участок мозга величиной с булавочную головку может содержать чуть ли не миллиард связей, а если иметь в виду, что их комбинации могут быть различны, число сочетаний достигает запредельных величин) приводят к самоорганизации нейронов в некие модули. Эйдельман подчеркивает рекурсивно происходящий в мозгу обмен сигналами, с постоянной сменой картины в пространстве и времени, согласованием с данными памяти, поступающей информации и меняющимися контекстами. Справиться с параллельно идущими когнитивными процессами высокого ранга может только астрономически сложный мозг, и, по всей видимости, именно базируясь на основе селекции групп нейронов и формировании новых функциональных систем. В этой связи говорить об «отделах» мозга нужно с большой осторожностью: мы имеем дело со сложнейшей динамиче-

ски модифицирующей сетью, с огромным запасом прочности и взаимозаменяемости временно образующихся комплексов.

Языки людей устроены не так, как коммуникационные системы других биологических видов: сигнальные системы животных представляют собой закрытые списки единиц, тогда как человеческий язык (за исключением грамматических слов) – открытый список. Главная черта языка – продуктивность, то есть возможность создания и понимания бесконечного количества сигналов любой длины из конечного набора первичных единиц («атомов») – фонем. Язык представляет собой иерархическую структуру с цифровой организацией (фонемы, морфемы, слова, фразы, тексты) и использует рекурсивные правила. *Синтаксис* и *морфология* кодируют многоуровневые семантические структуры, превращая их в последовательно организованные интерфейсы (наш язык линеен!). *Фонология* обеспечивает возможность реорганизации конечного числа звуковых единиц в бесконечное множество единиц другого уровня – слов. Фонетические законы позволяют мозгу компрессировать эти единицы в акустические сигналы, спектральные и временные характеристики которых способно декодировать человеческое ухо.

Люди, насколько нам известно, единственные существа, обладающие сознанием и способностью к *рефлексии*. Такая уникальность серьезно обсуждается и даже подвергается сомнению, главным образом потому, что мы не имеем ясного

представления о том, что именно считать сознанием. Важно и то, что большая часть когнитивной деятельности происходит не индивидуально, а координированно с другими людьми, и, стало быть, сознание может рассматриваться как распределенный между индивидуумами процесс, что на современном этапе развития экспериментальной науки изучать очень трудно.

Непосредственное отношение к проблеме происхождения языка и сознания имеет открытие зеркальных нейронов и вообще так называемых *зеркальных систем* [Rizzolatti, Arbib, 1998; Rizzolatti et al., 2002; Rizzolatti, Craighero, 2004]. Это дает бесспорные подтверждения принципиальной важности имитации и даже самого факта фиксации действий Другого в нервной системе для когнитивного развития в филогенезе и даже для возникновения языка и рефлексии как основ сознания человека [Arbib, 2002; Arbib, Mundhenk, 2005]. Зеркальные нейроны были обнаружены в префронтальной моторной коре макака: было показано, что они картируют внешнюю информацию – действия, совершаемые другим существом, обязательно того же вида, но с понятной системой координат и интерпретируемым поведением. Зеркальные системы реагируют, когда субъект делает что-то сам, когда видит это действие или слышит о нем. Такие системы есть практически во всех отделах мозга человека и активируются при предвидении действия, сопереживании эмоций или воспоминании о них. Это показывает, на основе

чего развился мозг, готовый для функционирования языка и построения моделей сознания других людей, – представления о состоянии Другого и планирования действий с учетом этого. Способность к экстраполяции, как и к синтаксическим процедурам, ее оформляющим, требует хорошо развитой оперативной и долговременной памяти и мощного мозга.

Функциональное картирование показывает, что активированными в этом случае оказываются левая медиальная префронтальная кора, орбито-фронтальная кора и левая височная кора [Goel et al., 1995; Fletcher et al., 1995; Levine et al., 1999; Vogeley et al., 2001], из других структур указывают также поясную борозду, заднюю часть поясной извилины, височно-теменную область и префронтальную кору [Gallagher et al., 2000]. Именно эти структуры оказываются нарушенными при шизофрении. В качестве нейрональной основы аутизма, при котором также грубо нарушены социальные навыки, были описаны амигдала, или миндалевидное тело, орбито-фронтальная кора и верхняя височная борозда [Baron-Cohen, 1995]. Искажение мышления при аутизме вызывается дисфункцией медиальных префронтально-париетальных нейрональных систем, выражающейся в невозможности эффективно модулировать нейронные связи в экстрастриарной зрительной коре и височных долях [Frith, 2002]. Повреждение орбито-фронтального кортекса приводит к нарушениям, встречающимся при шизо-

френи, – амбивалентности, импульсивности, отсутствию интереса к действиям других людей и возможности учета этого в выстраивании собственных поступков, стереотипному и неадекватному поведению; все это может протекать на фоне интактных интеллектуальных возможностей другого рода, в том числе и высокого уровня [Farrow et al., 2001]. Неудивительно, что исследования функций мозга у больных шизофренией методом функционального картирования показало значительное снижение активности амигдалы слева и гиппокампа билатерально [Gur et al., 2002].

Говоря об антропогенезе и развитии высших когнитивных функций и языка, нельзя обойти поиски так называемого *языкового гена*, или *гена грамматики* [Newmeyer, 1997; Ganger et al., 1998]. Исследования семей с языковыми нарушениями, отмеченными в разных поколениях, дали основания считать, что аномалии локализуются в определенном участке 7-хромосомы, содержащем около семидесяти генов. Зона поиска постепенно сужалась и в итоге привела к идентификации гена *FOXP<sub>2</sub>* [Fisher et al., 1998; Ganger et al., 1998; Pinker, Jackendoff, 2005; Andrew, 2002], конечно не являющегося геном, отвечающим за язык, но поломка которого приводит к генерализованной дизартрии и нарушению автоматического использования регулярных синтаксических процедур, вызываемых дисфункцией передних базальных ганглиев. Недавно был верифицирован ген *KIAA<sub>0319</sub>*, имеющий прямое отношение к дислексии: дан-

ные были получены на трехстах двадцати двух пациентах с диагнозом специфические языковые расстройства (*Specific Language Impairment*) и указывают на нарушения в хромосомах *ip36*, *3pi2-qi3*, *6p22* и *I5q2* [Knowles, McLysaght, 2009; Rice, Smith, Gayán, 2009]. Это показывает бесспорность генетических основ языка, но ни в коей мере не говорит о том, что найден ген языка (что, по моему мнению, не произойдет никогда, так как трудно представить себе, что один ген может кодировать такую сложную функцию).

Мозг человека запредельно сложен: более одного миллиарда синапсов, не говоря об упоминавшейся выше глии. Современный компьютер способен выполнить отдельную команду меньше чем за наносекунду, тогда как нейроны действуют в миллионы раз медленнее. Однако мозг сторицей восполняет это, совершая множество параллельных процессов, и, несмотря на гигантское преимущество компьютеров в физической скорости переключения, выполняет свои действия гораздо эффективнее.

Нейролингвистические исследования, несомненно, имеют особый статус не только в рамках когнитивных и нейронаук, но и в гуманитарной части наук о языке и мышлении, поскольку дают возможность экспериментальными методами проверить не только естественнонаучные парадигмы, но и положения самой лингвистики. Первостепенную ценность они имеют при изучении становления языка у детей с нормальным и патологическим речевым развитием (алалиями и

генетическими аномалиями развития языка, с дислексией и дисграфией), при исследовании распада языковой системы и других высших функций у больных с афазиями и другими нарушениями мозга (болезнями Альцгеймера, Паркинсона, шизофренией, синдромом Уильямса и др.), что выясняется, в частности, с помощью мозгового картирования и других современных методов. Очень интересны кросс-лингвальные исследования сходных синдромов у людей, говорящих на языках разных типов, что дает ценнейший материал как для нейронаук, так и для лингвистики. Для проведения подобных работ используются и методы экспериментальной психологии, такие, например, как прайминг, принятие лексического решения, фиксация движений глаз, парсинг и т. д.

Используя обозначенные выше объекты и методы, мы можем ставить перед собой очень сложную задачу – попытаться понять, как именно устроен ментальный лексикон и обеспечивающие язык правила разного ранга. Остановимся на главных моделях.

Сторонники классического модулярного подхода [Prasada, Pinker, 1993; Pinker, Prince, 1988; Bloom, 2002; Ullman, 2004] считают, что правила *универсальной грамматики*, по которым построены все человеческие языки, описывают организацию языковых процедур как:

- 1) символические рекурсивные правила, действующие в режиме реального времени и базирующиеся на процедурах и врожденных механизмах, запускаемых в оперативной па-

мяти, и

2) лексические и другие гештальтно представленные единицы, извлекаемые из долговременной ассоциативной памяти.

Сторонники коннекционистского подхода [Plunkett, Marchman, 1993; Bybee, 1995] считают, что все процессы основываются на работе ассоциативной памяти и мы имеем дело с постоянной сложной перестройкой всей нейронной сети, также происходящей по правилам, но иным и гораздо более трудно формализуемым.

Возможны и не совпадающие ни с одним из этих подходов гипотезы. Наши данные, полученные при обследовании детей с нормальным речевым развитием и с его патологией, пациентов с афазиями, болезнью Альцгеймера и шизофренией, противоречат модулярному подходу, удовлетворительно описывающему аналогичный материал на примере более «простых» языков [Chernigovskaya, Gor, 2000; Gor, Chernigovskaya, 2001; Черниговская, Гор, Свистунова, 2008]. Аналогичные нашим результаты получены и для ряда других морфологически развитых языков [Ragnasdóttir et al., 1996; Orsolini, Marslen-Wilson, 1997; Simonsen, 2000]. Это подчеркивает необходимость продолжения исследований, а на данном этапе все же склоняет нас к предпочтению *коннекционистской* позиции.

Экспериментально исследуются и процедуры, связанные с обработкой синтаксиса, для чего также существуют свои

подходы и несколько моделей, например так называемые *модель заблуждений (садовой дорожки, Garden-Path Model)* и *модель ограничений (Constraint-Based Model)*. Согласно первой, синтаксический анализ предшествует семантическому и дискурсивному и мозг в первую очередь выбирает максимально простую структуру и лишь затем, встретив синтаксически неоднозначное слово, свидетельствующее о том, что интерпретация может быть неверна, возвращается в исходную точку и формирует иную, более сложную интерпретацию. Во второй модели предполагается, что при анализе предложения во внимание принимается сразу вся информация, в частности все хранящиеся в ментальном лексиконе сведения о каждом слове: значения, грамматические характеристики, синтаксические структуры, в которых оно встречается, и т. д. Существует и смешанная теория (*Concurrent Model*): в ней соединены положения модели заблуждений и модели ограничений, но действуют они не последовательно, а одновременно.

Ко всем этим моделям обращаются при анализе сложных или неоднозначных синтаксических структур. Эксперименты также проводятся с использованием, например, методики регистрации движений глаз, поскольку она позволяет изучать когнитивные процессы, протекающие при чтении, в режиме реального времени [Черниговская и др., 2018].

Интересным направлением является проверка так называемой *гипотезы когорты*, согласно которой текст анали-

зируется только в той степени, которая необходима, чтобы активировать ожидаемую информацию, что затем послужит основой для понимания, а слова распознаются еще до того, как прозвучат или появятся полностью. Первые слоги определяют когарту потенциальных кандидатов, расположенных в ментальном лексиконе. С добавлением информации число потенциальных кандидатов резко сокращается до тех пор, пока не останется только один. На этом, в частности, основана работа синхронных переводчиков, использующих *антиципацию* – способность производить высказывание на другом языке до того, как оратор завершит свое высказывание на языке источника. В основе антиципации лежит непрерывное и синхронное взаимодействие текстуальной, постоянно поступающей и энциклопедической информации из долговременной памяти. Одним из способов исследования являются варианты экспериментальной методики принятия лексического решения (*lexical decision*).

За организацию адекватной работы всего мозга и, в частности, за процедуры вероятностного прогнозирования отвечают, как известно, лобные доли коры, функции которых у детей еще не сформированы, а у больных с шизофренией или с другими лобными патологиями наблюдается их распад. Нарушение этих механизмов проявляется на разных уровнях обработки речи – от лексики и даже фонетики до текста.

Встает вопрос: можно ли все это моделировать и тем са-

мым проверять адекватность наших представлений о механизмах высших психических функций? Попыток таких делается немало, иногда успешных, но крупнейший математик и космолог Роджер Пенроуз [Penrose, 1994, 2004], многие годы пристально занимающийся проблемой сознания, утверждает, что по-настоящему это сделать невозможно, поскольку не все в мозгу – вычисления. Под невычислимостью Пенроуз подразумевает принципиальную невозможность: вопрос не в том, что это выходит за рамки существующих или воображимых компьютеров или имеющихся сейчас вычислительных методов. Интеллект, справедливо утверждает Пенроуз, требует «понимания», а «понимание» требует «осознания». А что это такое и тем более как это происходит формально – мы не знаем. Совершенно очевидно, что нам нужна новая теория.

Предлагается, например, объяснять сознание квантовыми аномалиями; предлагается даже перейти к квантовой когнитивной науке, что может разорвать порочный круг редукционизма и дуализма, так как нельзя заниматься сознанием, не имея полного представления о «веществе» мира, ибо загадки сознания неразрывны с представлениями о материи и в физическую картину мира оно никак не вписывается.

Не стоит также забывать, что отнюдь не все наше мышление построено на аристотелевской логике (что обычно и исследуется экспериментально): на этом построена наука, но не обыденное сознание. Парадоксально организованы и на-

ше мышление, и память, и это остро чувствуют поэты, художники и мыслители. Недаром гениальный Иммануил Кант писал, что «у человека обширнее всего сфера смутных представлений».

В заключение следует подчеркнуть, что результаты обозначенных направлений имеют не только серьезное фундаментальное значение, но и практическую пользу для прикладных областей, в первую очередь для медицины, педагогики, психологии и образования, для развития новых систем искусственного интеллекта. Бесспорна антропологическая, мировоззренческая роль этой области знаний: мы хотим понять, кто мы... Совершенно ясно и то, что для такой сложной области нужны не только содружества ученых разных профилей, но и специалисты другого, междисциплинарного типа, и их нужно готовить в лучших университетах.

## ***P. S.* Сколько лет человеку?**

Как справедливо пишет А. Г. Козинцев [2009], стремительное развитие геномики в последние годы заставляет постоянно пересматривать взгляды на возникновение человека и раннюю его историю. Даже такой, казалось бы, решенный вопрос, как определение самого вида *Homo sapiens* (кого к нему относить), все еще является предметом ожесточенных дискуссий, особенно оживившихся в связи с данными палеогенетики, и в частности с публикацией результатов секвенирования генома денисовского человека и сопоставления его с геномом неандертальца [Meyer et al., 2012]. Один из авторов этой работы и человек, под чьим руководством и при непосредственном участии денисовец был обнаружен и исследован, А. П. Деревянко [2011], подчеркивает, что антропогенез является мультидисциплинарной проблемой и в ее решении должны принимать участие специалисты из многих областей знания, а не только генетики, антропологи или археологи.

Не будучи узким специалистом в области антропогенеза и дальнейшей эволюции человека, я вижу, тем не менее, много оснований для того, чтобы считать генетику первой скрипкой в ансамбле разных наук о человеке. За генетическим вердиктом будет главное слово при сопоставлении данных археологии, геологии, антропологии, лингвистики и этногра-

фии. Из этого следует, что осведомленность о состоянии дел в секвенировании древних ДНК и геномов современных людей более не является обязательной лишь для генетиков, а становится основой не только интеграции наук о жизни, но и теперь уже и истории [Янковский, Боринская, 2009].

В кросс-культурных исследованиях генетика, и прежде всего этногенетика, также стала мостом между разными науками, проверяя существующие гипотезы или создавая новые, что открывает совершенно особую страницу в изучении родства этносов, языков и культур [Хуснутдинова, 2003; Scally, Durbin, 2012].

Возможности современной науки таковы, что позволяют изучать нейрональные механизмы языка не только на макро-, но и на молекулярном уровне. Достаточно вспомнить знаменитые работы, показавшие, что аномалии гена *FOXP2* вызывают серьезные нарушения языкового развития, и это дало основание объявить его «геном языка» или даже «геном грамматики» [Hurst et al., 1990; Lai et al., 2001]. И хотя известно, что его вариации есть у многих других биологических видов, этот ген, тем не менее, бесспорно связан с языковой компетенцией человека. Работы, изучающие функции *FOXP2* у других биологических видов, в частности проводимые на трансгенных животных, могут показать, на основе чего возникли языковые возможности человека, каковы их эволюционные предпосылки.

Стало понятно [Enard et al., 2002], что ничего специфиче-

ски «языкового» в этом гене нет, и даже его экспрессия вовсе не ограничивается зонами Брока и Вернике, а проявляется в ряде других областей (стриатум, фронтальные и затылочные отделы, таламус, мозжечок, ствол мозга и даже области вне мозга). Так что вопрос о «гене грамматики» закрыт. Тем не менее интересно, что у мышей, которым был «вставлен» человеческий вариант гена *FOXP2*, изменился спектральный состав коммуникационных сигналов и увеличилась длина нервных волокон в кортико-базальных ганглиях...

Генетические различия между современным человеком и шимпанзе изучены, известны также и различия между нами и древними гоминидами. Было бы невероятно интересно сопоставить специфически человеческие мутации и появлявшиеся когнитивные фенотипы. Исследование Сомель с соавторами [Somel, Liu, Khaitovich, 2013] как раз и посвящено изучению экспрессии генов и метаболизму, ассоциирующимся с эволюцией регуляторных механизмов; это показывает, как на генетическом уровне выстраивался эволюционирующий мозг человека.

Вопросы эволюции мозга и природы языка являются одними из центральных в когнитивной науке (см. [Fitch, 2010; Berwick, Friederici, Chomsky, Bolhuis, 2013; Козинцев, 2013]). Взгляды на нашу древнюю историю меняются. Например, генетические и антропологические данные показывают, что неандертальцы и денисовцы могли быть способны к артикулированной речи [Dediu, Levinson, 2013]. Их ана-

томия и физиология вполне годились для речевосприятия и речепроизводства: слуховой аппарат имел подходящие характеристики сенсорного диапазона, а морфология ларингса и тонко настраиваемый механизм контроля воздушного потока давал возможность производства серий сложных звуков. Ген *FOXP2*, регулирующий тонкую моторику органов звукопроизводства, имеет у этих древних людей современную форму, хотя, вероятно, не все регуляторные факторы уже сформировались.

Все эти изменения произошли, по всей видимости, на переходе от *Homo erectus* к *Homo heidelbergensis* – общему предку как неандертальцев, так и людей современного анатомического типа. Из этого следует важный вывод: наш общий предок уже мог говорить, а значит, история эволюции языка оказалась гораздо более долгой, и здесь может быть материал для исследований в области сравнительно-исторического языкознания (хотя глубина возможных реконструкций праязыка и оценивается лингвистами примерно в десять тысяч лет и так далеко лингвистика не заглядывает). Хорошо было бы найти следы древних пластов языка, на котором говорили разные подвиды рода *Homo*... Интересно, как будущие генетические и лингвистические находки повлияют на теории глоттогенеза, в частности на споры между сторонниками моногенеза и полигенеза происхождения языка (см. [Николаева, 1996; Барулин, 2007, 2012; Бурлак, 2011; Алпатов, 2012]), и не дадут ли они новые основания для объяснения

языкового разнообразия?

Общепринято датировать возраст человеческого языка в пятьдесят – сто тысяч лет. Новая датировка отодвигает начало языковой эволюции на несколько сотен тысяч лет, а значит вынуждает нас существенно скорректировать представления о собственной эволюции, и особенно – взгляды на происхождение языка. К примеру, сценарий внезапной мутации (языкового взрыва) придется отвергнуть, обратив большее внимание на культурно-генетическую коэволюцию, продолжающуюся и сейчас.

# Что рассказал нам кот...

...Об эволюции ...

О языке ...О мозге

*ИЛЬ ВОТ: ЖИВОЙ ПРЕДМЕТ ЖЕЛАЯ  
ИЗУЧИТЬ,*

*ЧТОБ ЯСНОЕ О НЕМ ПОЗНАНЬЕ ПОЛУЧИТЬ,  
УЧЕНЫЙ ПРЕЖДЕ ДУШУ ИЗГОНЯЕТ,  
ЗАТЕМ ПРЕДМЕТ НА ЧАСТИ РАСЧЛЕНЯЕТ  
И ВИДИТ ИХ, ДА ЖАЛЬ: ДУХОВНАЯ ИХ  
СВЯЗЬ*

*ТЕМ ВРЕМЕНЕМ ИСЧЕЗЛА, УНЕСЛАСЬ!  
Гёте. Мефистофель*

...Об эволюции

## Общие черты эволюции функций гомеостатических и информационных систем<sup>3</sup>

Рассмотрены закономерности эволюции системы водно-солевого гомеостаза у животных и человека, естественных языков и языка программирования для вычислительных

машин. Выявлены общие структурные уровни организации рассматриваемых систем: элемент, функциональная единица, подсистема (орган) и система. На каждом уровне во всех анализируемых системах выявлены характерные черты эволюции функций, которые оказались аналогичными (увеличение дифференцировки, интенсификация функций, олигомеризация, появление морфофункциональных единиц, смена функции и др.). Это свидетельствует о сходстве принципов эволюции в гомеостатических и информационных системах.

\* \* \*

Закономерности эволюционного процесса выходят далеко за рамки проблем только биологической эволюции и, вероятно, имеют общий характер. Аргументации этого положения посвящена настоящая работа, в которой выбраны три не похожих друг на друга объекта изучения: физиологическая система и языки – естественный и искусственный (язык программирования). Точнее говоря, из физиологических систем проанализирована система поддержания постоянства физико-химических параметров во внутренней среде организма. Особое внимание уделено одному из высших достижений биологической эволюции – появлению языка как средства общения. В отличие от огромного периода времени эволюции живых организмов, эволюции человека, на протя-

жении всего нескольких десятилетий усилиями одного поколения были созданы и достигли высокого развития искусственные языки – языки программирования.

Не требует пояснения, обоснования целесообразность сопоставления, анализа принципов эволюции естественных языков и языков программирования. В то же время следует аргументировать, почему было интересно сопоставить принципы эволюции таких столь далеких объектов, как гомеостатические системы, в данном случае система водно-солевого гомеостаза, во многом зависящая от деятельности почки, и высшее проявление деятельности мозга не только одного человека, но и многих поколений людей, благодаря чему совершается эволюция языка.

Как это ни парадоксально, между этими явлениями имеется глубокая внутренняя связь. Еще Клод Бернар [Бернар, 1878] сформулировал исключительно важное для развития физиологии положение, согласно которому животные на достаточно высоких ступенях эволюции имеют две среды – внешнюю (*milieu exterieur*), в которой живет организм, и внутреннюю (*milieu interieur*), в которой живут клетки и ткани этого организма. Гомеостатические системы живого существа, контролируемые работой мозга, делают все возможное, чтобы обеспечить высшую степень постоянства внутренней среды при резчайших колебаниях в среде внешней. Почти шесть десятилетий спустя после Бернара Баркрофт [Баркрофт, 1937] писал, что «постепенно, веками, постоян-

ство внутренней среды регулировалось со все возрастающей точностью, до тех пор, пока, в конце концов, эта регуляция достигла такой степени совершенства, при которой смогли развиваться человеческие способности и человек смог познавать мир вокруг себя в терминах абстрактного знания». Баркрофт дает образный ответ на вопрос, почему требуется высшая степень стабильности физико-химических параметров внутренней среды: «Химические и физиологические процессы, связанные с психической деятельностью, столь деликатны по своему характеру, что рядом с ними изменения, измеряемые термометром или водородным электродом, представляются огромными, катастрофическими... Предполагать высокое интеллектуальное развитие в среде, свойства которой не стабилизированы, – это значит искать музыку в треске плохой радиопередачи или зыбь от лодки на поверхности бурного Атлантического океана».

Таким образом, можно прийти к заключению, что высокое развитие высших функций мозга, в том числе информационных систем, нуждается в, возможно, более стабильной внутренней среде организма. Эта мысль в афористической форме выражена Бернардом: «Постоянство внутренней среды есть условие свободной жизни». В соответствии с духом времени и темой статьи можно добавить к этому утверждению, что постоянство внутренней среды предопределяет возможность не только свободной жизни, но и информационной свободы.

Наконец, следует обосновать необходимость обстоятельного анализа в разделе гомеостатических систем обсуждения принципов эволюции почки. В представлениях недалекого прошлого назначение почки рассматривалось, по образному выражению Смита, как «превращение ширазского вина в мочу». Однако почка играет ведущую роль в поддержании физико-химических констант внутренней среды у человека и животных [Smith, 1951; Гинецинский, 1964], и чем выше находится организм на эволюционной лестнице, тем более стабилизированы объем внеклеточных жидкостей, их химический состав, осмоляльность, рН [Наточин, 1976; Наточин и др., 1980]; особенно это проявляется у млекопитающих. Итак, задача настоящей работы состоит в том, чтобы сопоставить черты эволюции гомеостатических и информационных систем, попытаться выявить принципы эволюции этих систем.

В «Происхождении видов» Дарвина [Дарвин, 1872], в работах его последователей – Геккеля [Геккель, 1940], Дорна [Дорн, 1937], Люкаса [Люкас, 1986], Коштоянца [Коштоянц, 1932], Орбели [Орбели, 1933, 1961] рассматривались вопросы происхождения, эволюции функций. На основании данных преимущественно эволюционной морфологии в конце XIX – начале XX века были сформулированы некоторые принципы эволюции функций ряда органов. В 1887 году Дорн [Дорн, 1937] обосновал принцип смены функций в процессе эволюции органов, в 1886-м Клейненберг

[Kleinenberg, 1886] – принцип субституции органов, Федотов дополнил его принципом физиологической субституции, Северцов [Северцов, 1939] и Шмальгаузен [Шмальгаузен, 1940] показали роль интенсификации функций, мультифункциональности органов в качестве принципов эволюции функций. В своих построениях эти авторы исходили в большей степени из морфологических представлений и, основываясь на этих подходах, рассматривали эволюцию функций органов. Однако, с точки зрения физиолога, при характеристике любой функции организма очевидно, что тот или иной орган, являющийся носителем функции, может выполнять ее только в целостной системе. Поэтому, по нашему мнению, следует рассматривать принципы эволюции функций физиологических систем на нескольких различных уровнях [Наточин, 1984]. В случае гомеостатической системы, в частности обеспечения водно-солевого гомеостаза, речь может идти об эволюции функций специализированной клетки почки, следующий уровень – это эволюция функций нефронов – функциональных единиц органа. Более высокий уровень – эволюция функций органа, в данном случае самой почки. Высшим уровнем является система регуляции водно-солевого обмена, включающая специфические рецепторы (осморепрепторы, волюморепрепторы, ионные рецепторы), нервные центры интеграции, эфферентные нервные пути и гуморальные факторы регуляции.

Такой же четырехуровневый характер системы можно вы-

делить и в случае естественных языков и языков программирования. В настоящей работе предпринята попытка рассмотрения принципов эволюции функций для всех анализируемых объектов на основании представлений об иерархии их функциональной организации. Мы исходили из представления, что элементарной единицей в случае физиологических систем является клетка, ибо в конечном счете процесс отбора действует на уровне особей, а их выживание в борьбе за существование зависит от адекватности работы физиологических систем.

В отличие от биологии, эволюционные идеи для лингвистики не являются признанными. Тем не менее в XIX столетии, когда началось систематическое изучение языка, предпринимались не всегда успешные попытки применения к описанию языка методов, характерных для естественных наук [Schleicher, 1873]. Такие попытки не воспринимались всерьез до сравнительно недавнего времени, хотя этими проблемами занимались такие крупнейшие языковеды, как Сепир [Sapir, 1949] и Есперсен [Jespersen, 1964]. Основная мысль, проводимая в работах этого направления, сводилась к тому, что человеческие языки развиваются, становясь более эффективными. Этот факт вполне тривиальный для биологии и совершенно парадоксальный для языкознания. В XX веке эти идеи не получили поддержки: Соссюр [Saussure, 1931], Якобсон [Jakobson, 1931, 1966] и другие последователи этого направления (вплоть до Хомского [Chomsky, 1957]) опи-

сывают язык прежде всего как статичную систему с набором правил соединения и замены элементов, без учета развития эволюции языков – от праязыков к современным.

Тем не менее со времени возникновения и широкого распространения в XIX веке сравнительных лингвистических исследований обсуждаются вопросы универсальных и типологических черт в языках, родственных и далеких друг от друга, закономерности их развития, которые прослеживаются на разных уровнях – от фонологического до построения предложения. Стремительно развиваются работы по реконструкции протоязыков [Гамкрелидзе, Иванов, 1984]. Общие черты эволюции языка можно проследить на примере семьи индоевропейских языков, так как они наиболее полно изучены и в течение длительного интервала времени – шести-семи тысяч лет. Оказалось, что закономерности, найденные при изучении индоевропейских языков, приложимы к эволюции других групп языков – хамито-семитских, финно-угорских, алтайских и др. [Иванов, 1982; Елизаренкова, 1982].

Изменения, наблюдаемые в разных языках, могут существенно отличаться: одно и то же значение в зависимости от типа языка может быть выражено разными способами – сменой тона при том же звуке речи в тональных языках (китайский, бирманский, вьетнамский) или сменой самой фонемы в языках других фонологических типов. Важно также помнить, что лингвистические признаки «рассыпаны» по разным языкам мира, и не обязательно они присутствуют в

каждом отдельном языке. Системы нижестоящего уровня в языке представляют собой компоненты систем более высокого уровня: так, элементы самого нижнего уровня (фонемы) лишь косвенно выполняют собственно функцию языка – коммуникацию или выражение мысли. Роль большинства элементов языка заключается в обслуживании вышележащего уровня, чем и обеспечивается его функционирование.

Несмотря на все сказанное, эволюционные процессы в языке, характеризующие сопоставимые, хотя и иным способом выраженные явления, обнаруживаются вполне отчетливо, подобно тому как основные черты эволюции прослеживаются в ходе эволюции разных групп животного мира.

Для междисциплинарного анализа принципов эволюции перспективно сопоставление данных исторической лингвистики о развитии языков, с одной стороны, и, с другой стороны, онтогенетических данных, касающихся усвоения ребенком первого языка.

Существенное значение имеют работы по моделированию звукопроизводящего аппарата ископаемых антропоидов и синтезированию звуков, которые могли быть этим аппаратом произнесены; важно также сопоставление этих данных с общим когнитивным уровнем древних людей и данными антропологии о развитии определенных зон мозга [Lieberman, 1976; Бунак, 1980; Wind, 1976; Leiner, Leiner, 1991]. Полезная для обсуждаемой темы информация содержится в работах по нейролингвистике, касающихся языковых функций в

связи с механизмами работы мозга [Прибрам, 1975; Лурия, 1979; Балонов, Деглин, Черниговская, 1985; Chernigovskaya, 1992].

Термины биологической эволюции в последнее время пытаются приложить к развитию языка: говорят о педоморфизме, неотении, рекапитуляции, гибридизации языков, моногенезе и полигенезе и т. д. Наиболее существенным вкладом в этот аспект проблемы являются работы Бишакджана [Bichakjian, 1988, 1991]. В этой статье будут кратко рассмотрены лишь сведения по эволюции языка на примере наиболее изученных – индоевропейских.

Как отмечалось выше, интерес представляет сопоставление естественных и искусственных языков. Языки программирования, в отличие от естественных, предназначены для общения между человеком и вычислительной машиной. По сравнению с физиологическими системами эволюция языков программирования очень коротка по времени и берет свое начало с конца 1950-х годов. Теоретическую основу языков программирования составляет концепция Хомского о формальных грамматических структурах. В данной работе остановимся только на языке BASIC [Кетков, 1988], который на начальном этапе своего развития почти не признавался профессионалами – программистами и считался языком для начинающих. Расцвет языка BASIC связан с широким распространением персональных компьютеров. Современные версии BASIC почти достигли возможностей языков

высокого уровня, как PL-1, PASCAL, СИ, что делает рассмотрение эволюции этого языка особенно интересным.

В языке программирования как в эволюционирующей функциональной системе можно выделить следующие структурные уровни: идентификатор, оператор, процедура и программа. Простейший элемент языка – символ – выделять в качестве эволюционирующей единицы нет смысла, так как набор символов практически не меняется и больше связан с устройствами ввода-вывода, чем с конструкцией языка программирования. Идентификатор, точнее, имя идентификатора [Баррон, 1980] – это уже название некоторого объекта, связанного ссылкой с некоторой областью памяти вычислительной машины. Оператор уже способен к некоторой элементарной переработке информации. Например, простейший оператор присваивания пересылает значение некоторого объекта в новую область памяти и придает ему новое имя. Следующий структурный уровень – процедура, которая способна к выполнению достаточно сложных действий и обладает определенной степенью замкнутости и автономности. Программа целиком служит для выполнения какой-то определенной вычислительной или информационной задачи.

Аналогия между гомеостатической системой и программой на языке BASIC заключается в том, что идентификаторы подобно специализированным клеткам являются элементами функциональной системы, способными к выпол-

нению элементарных действий, но не функций всей системы. Следующий уровень – нефрон и оператор уже способны к выполнению определенных преобразований вещества или информации. Орган, например почка, как и процедура, обладает определенной морфологической и функциональной обособленностью и автономией.

В ходе дальнейшего изложения будут рассмотрены принципы эволюции функций, характерных для всех четырех уровней отдельно для каждой из трех анализируемых нами систем.

\* \* \*

## **Эволюция функций на клеточном уровне**

Выделительные органы у *Metazoa* состоят из специализированных клеток, которые в разной степени способны к ультрафильтрации веществ из крови или внеклеточной жидкости; клетка этих органов осуществляет обратное всасывание профильтровавшихся веществ, секретирует ряд веществ из крови в просвет канальца, осуществляет синтез новых соединений, необходимых для более эффективного удаления веществ из организма; почки участвуют также в осуществлении инкреторной, эндокринной функции. Выполнение клетками всех перечисленных функций, очевидно, свя-

зано с необходимостью направленного транспорта веществ (в самой общей форме из крови в мочу или из канальцевой жидкости в кровь), с секрецией веществ из клетки в кровь или мочу. Первичным актом в происхождении выделительного органа была специализация исходных клеток, основанная на *возникновении полярной, асимметричной клетки*, способной к направленному транспорту веществ. Это было связано с формированием разных свойств апикальной и базальной плазматических мембран, распределением в одной из них преимущественно ионных каналов, в другой – ионных насосов, рецепторов для гормонов и медиаторов, с изменением расположения внутри клетки митохондрий [Наточин, 1976]. Следовательно, в основе эволюции клетки выделительного органа лежит образование асимметричной клетки, то есть *специализация клетки*.

В основе эволюции функций почки позвоночных, особенно у эндотермных по сравнению с эктотермными, лежит увеличение энерготрат, энергетического обмена, кровотока. Это находит отражение в увеличении интенсивности процессов транспорта веществ в клетке, усилении трансцеллюлярных транспортных потоков.

В конечном счете важным принципом эволюции функций клетки служит *интенсификация ее функций*, что находит отражение в увеличении числа митохондрий, повышении потребления кислорода, большей активности ферментов окислительного метаболизма и т. п.

При сопоставлении в гомологичном ряду нефронов почки у представителей различных классов позвоночных от миксин до млекопитающих очевидно возрастание числа морфологически и функционально различных типов клеток, иначе говоря, эволюция функций связана с *дифференцировкой клеток нефрона*. Это может быть связано с упрощением ряда функций клетки, повышением (или утратой) только отдельных форм исходной активности клетки, например способности к всасыванию аминокислот, моносахаров.

Эволюция функций клетки сопровождается увеличением ее способности воспринимать и реагировать на внешние воздействия, точнее выполнять свои функции в организме. Это находит отражение в *возрастании количества специфических рецепторов* для разного типа гормонов и медиаторов и систем внутриклеточной реализации сигналов.

Эволюция функций клеток в целостной системе связана не только с эффективностью дистантно действующих регуляторов (гормонов, медиаторов), но и с межклеточными взаимодействиями, что сопровождается *специализацией зон клеточных контактов*. Изменение характера проницаемости стенки нефрона для отдельных типов ионов, например  $Ca^{2+}$  в начальной и конечной частях проксимального сегмента, осмотической проницаемости разных участков дистального сегмента и собирательных трубок сыграло важную роль в эволюции почки и формировании системы осмотического концентрирования мочи.

## Эволюция функций фонемы

Фонема – это минимальная звуковая единица языка, дающая возможность различать значения разных слов и морфем.

Звуковая система протоязыка содержала очень мало гласных звуков; наиболее часто встречался звук «е», реже «а», еще реже «і» и «и». Существовали ларингальные h-подобные звуки, позднее отпавшие (олигомеризация, регресс звуков, регресс фонем), и развитие языка привело к увеличению числа гласных звуков «і», «е», «а», «о», «и», организованных в два подкласса – долгие и краткие (полимеризация и смена качества).

Впоследствии возникают разные варианты произношения того же кардинального, как это принято называть, набора гласных с тенденцией к все большей *дифференциации* – назальные, среднего, переднего ряда и т. д. Об этой же черте говорит и отход от «сложных», «грязных» звуков с тенденцией к формированию «простых» звуков, более четко артикулируемых, к избавлению от коартикуляций. Это хорошо видно на примере согласных звуков, развитие которых шло от комплексных, смешанных к «разнообразию отдельных», покрывающему все пространство возможных артикуляций – от смычных до фрикативов. Несомненно, происходит нарастание *интенсификации функций фонем*, специализации

типов контактов и увеличение числа форм функционирования. Это находит выражение в разрешении сочетания с определенными звуками и запрете на сочетания с другими, что ярко проявляется при сопоставлении разных языков.

Изменение гласных приводило и к изменению качества соседних согласных звуков, например их озвончению или оглушению. Такая черта, как *олигомеризация*, может быть отмечена на примере слияния индоевропейских звуков «с», «о», «а» разных тембров в единое санскритское «а». Регресс проявляется и в исчезновении глотталидации, в деградации или замене другими звуками, например фрикативными, – аспирации. Можно отметить деление «двойного» звука на два разных класса: например, лабиовелярные звуки в процессе эволюции исчезают, заменяясь на лабиальные и велярные. Один и тот же новый тип звука мог иметь разное происхождение: например, глухие придыхательные согласные в санскрите могли иметь истоком либо глухие непридыхательные плюс «h», либо звонкие придыхательные согласные. Долгий гласный звук в санскрите в качестве предшественника имел в индоевропейском краткий согласный плюс «h» (пример замещения функций).

Итак, общая тенденция развития звуков речи направлена в сторону все большей *дифференциации фонем*.

## Эволюция идентификаторов

Изменение формы идентификаторов в языке BASIC, начиная с первой версии, появившейся в 1964 году, происходило по пути как увеличения числа символов (в первоначальном варианте языка только одна буква и одна цифра, в дальнейшем почти без ограничений), так и появления специальных символов на конце идентификатора (% , \$ , ! #), обозначающих тип переменной. В этом легко заметить аналог специализации клетки.

*Интенсификация* функционирования идентификаторов связана с переходом языка BASIC от режима интерпретации к режиму трансляции, при этом вместо поиска соответствия между идентификатором и ячейкой памяти, где хранится переменная, каждый раз при обращении к данному идентификатору в программе этот поиск осуществляется только один раз в начале работы программы, что заметно ускоряет ее работу.

*Полимеризация* объектов, описываемых идентификаторами, выражается в появлении одномерных и многомерных массивов, а также в появлении переменной, задаваемой пользователем.

Идентификатор в процессе эволюции языка начал расширять свои функции, появились идентификаторы меток, процедур, графического примитива и музыкальной фразы, тем

самым происходит *дифференциация* идентификаторов.

Специализация символов, образующих идентификатор, заключается в использовании первого символа в качестве описателя типа величины. Это свойство особенно характерно для языка FORTRAN-IV. В современных версиях BASIC допускается произвольная спецификация типа пользователем по первому символу (DEFINT, DEFSNG, DEFSTR). Это аналогично возрастанию специфических рецепторов, если использовать физиологическую терминологию.

\* \* \*

## **Эволюция функций нефронов**

Нефрон является основной морфофункциональной единицей почки. В каждой почке у человека их около одного миллиона. Однако это не означает, что все нефроны одинаковы. В почке у млекопитающих различают до восьми популяций, групп нефронов (суперфициальные, интракортикальные, юкстамедуллярные). Возрастание гетерогенности нефронов может рассматриваться как одна из черт эволюции функций, в почке у низших позвоночных нет такого разнообразия вариантов нефронов, отсутствует ряд функций, появившихся в почке у млекопитающих.

*Увеличение дифференцировки* на отделы характеризует

нефроны у млекопитающих и птиц, оно у них значительно выше, чем у низших позвоночных. Большая эффективность почки проявляется в сохранении постоянства состава и объема жидкостей внутренней среды.

Одной из особенностей эволюции функций нефронов является *возрастание интенсивности* реабсорбции и секреции у теплокровных по сравнению с холоднокровными позвоночными. Это обусловлено как интенсификацией работы клеток, так и реорганизацией зон клеточных контактов в различных частях нефрона, что создает предпосылки для всасывания больших количеств органических и неорганических веществ, воды.

В процессе эволюции почки происходит образование новых *морфофункциональных комплексов*. В этой связи можно упомянуть юктагломерулярный аппарат, отсутствующий у круглоротых, комплекс прямых сосудов и петель Генле у теплокровных. В первом случае это служит предпосылкой создания структуры для анализа содержимого канальца и информации об этом артериол клубочка, гломерулярного аппарата, обеспечивающей начальный этап процесса образования мочи, во втором случае это элементы системы, образование которой способствует формированию новой функции почки, связанной с осмотическим концентрированием мочи.

Увеличение гетерогенности и дифференцировки нефронов, возрастание интенсивности работы начальных структур нефрона – гломерулярной фильтрации и реабсорбции, обра-

зование единых комплексов с участием канальцев, интерстициальных клеток – все это способствует регуляции функций почки на качественно новом уровне, а тем самым большей эффективности поддержания физико-химических констант внутренней среды. При недостаточной степени реабсорбции ионов в проксимальном канальце эту функцию может обеспечить толстое восходящее колено петли Генле; вырабатываемые клетками внутреннего мозгового вещества почки аутокоиды участвуют в регуляции транспорта ряда веществ клетками канальцев. Тем самым у млекопитающих по сравнению с низшими позвоночными становятся шире возможности регуляции функциональной активности.

## **Эволюция функций морфемы**

Морфема в лингвистике – элемент (часть слова), далее не делимый без потери смысла. Имеется несколько типов морфем – корневые, аффиксальные, суффиксальные, деривационные (словообразовательные) и др. Структура языка претерпела ряд изменений от протоязыка к современному состоянию [Vichakjian, 1988]. Это относится как к изменению грамматических черт, так и к способу их маркирования.

*Увеличение дифференциации* проявляется в формировании все большего разграничения ролей элементов: флексии становятся частицами с конкретными фрагментарными значениями. Происходит сужение функций: морфемы, ра-

нее входившие в состав слов, становятся отдельными единицами, словами с четкими грамматическими функциями, древний абсолютный (неопределенный) падеж распадается на разные падежи. Редукция или полный *регресс функций* наблюдается, например, в уменьшении количества категорий: чисел с 3-х до 2-х, родов с 3-го до 2-го, возможна полная элиминация падежей; отмечается тенденция к отходу от склонений. Это компенсируется *интенсификацией* (нарастанием), развитием роли предлогов, появлением артиклей, сдвигом в сторону более экономного алгоритма – от синтетических к более аналитическим формам. Это обеспечивается *усилением регуляции*, в частности появлением синтаксически релевантного порядка элементов, более жесткой системой согласований элементов друг с другом. Все это ведет к образованию своего рода *морфофункциональных комплексов*, обеспечивающих новые функции за счет слияния двух или нескольких форм с иными значениями.

Отмечается увеличение количества единиц одного класса с разными значениями каждой из них (например, предлоги), появление нового класса (артикли), что требуется для обеспечения новой функции – аналитичности. Смена функций морфем выражается в появлении новых качеств у уже имеющих единиц с возможным регрессом ранее существовавших в языке, возникновение будущего времени и сослагательного наклонения из трех архаических видовых форм – аспектов, что произошло после распада единого индоевро-

пейского праязыка.

Примером может служить превращение видовых (аспектных) и модальных форм во временные – три видовые формы (present, aorist, perfect) в индоевропейском языке становятся в анатолийских языках двумя временами (present, preterite) и двумя наклонениями (imperative и indicative). Вид perfect превращается во временную форму, из субъективной модальности формируется объективное будущее время.

В целом отмечается сужение ролей элементов от полифункциональных форм в сторону специализации с установкой на фрагментарность, независимость выражения тех или иных функций, то есть прослеживается тенденция к переходу от тяжелых синтетических форм, подобных русскому синтаксису, к легким аналитическим конструкциям типа английских. Можно отметить и возрастающую гетерогенность, когда появляется многозначность одного и того же элемента в зависимости от его положения в целостной структуре.

## **Эволюция функций операторов**

*Увеличение дифференциации* операторов заключалось в появлении нескольких типов операторов цикла вместо одного, в развитии операторов IF...THEN путем добавления ELSE и переходе к операторам типа CASE, в появлении графических операторов, интерактивных операторов связи с клавиатурой, джойстиком, световым пером.

*Гетерогенность*, неоднородность структуры операторов растет в процессе эволюции языка; так появились достаточно сложные формы операторов для работы с файлами (OPEN...FOR...ACCESS... AS...LEN) или оператор рисования окружности, эллипса или их частей (CIRCLE), имеющий большой набор управляющих параметров.

*Увеличение интенсивности* работы операторов в процессе эволюции языка хорошо иллюстрируется переходом к матричным операторам (например, в языке BASIC для вычислительной машины Искра-226). *Образование морфофункциональных комплексов* можно иллюстрировать появлением операторов DRAW или PLAY, которые могут нарисовать несложную картину или выдать через звукогенератор музыкальную фразу.

*Усложнение механизмов регулирования работы* операторов очевидно на примере эволюции оператора CLS. В первых версиях языка этого оператора не было вовсе, затем он появился для очистки экрана CLS, развившись в дальнейшем в CLSO, CLS1, CLS2, очищая весь экран либо только графические окна (или только текстовые окна).

\* \* \*

## Эволюция функций почки

Очевидно, что не следует специально декларировать тезис о взаимосвязи структуры и функции, их зависимость отчетливее выявляется, когда речь идет о принципах эволюции функций органов. В то же время некоторые принципы в большей степени отражают эволюцию структуры органа (например, олигомеризация), другие, напротив, эволюцию его функций (например, увеличение числа функций). Целесообразно представить воедино принципы морфофункциональной эволюции, поскольку они дают возможность полнее оценить принципы развития как структуры, так и функции исследуемых физиологических систем.

*Возрастание мультифункциональности* следует отнести к одной из характерных черт эволюции почки. Почка миксин обеспечивает регуляцию объема жидкостей тела, ионную регуляцию. Возможность приспособления к пресным водам была связана с появлением в почке миног новой функции – способности к осморегуляции. У высших позвоночных почки выполняют не только экскреторную функцию, но и инкреторную, вырабатывая ряд гормонов, аутакоидов, участвуют в регуляции метаболизма органических веществ, выполняют ряд иных функций.

Процессы, лежащие в основе мочеобразования (гломерулярная фильтрация, реабсорбция веществ), при расчете на

1 грамм массы почки протекают в 10–100 раз интенсивнее у млекопитающих по сравнению с низшими позвоночными. Следовательно, поскольку относительная масса почки не растет в ходе эволюции позвоночных, интенсификация процессов, лежащих в основе деятельности почки, является одним из характерных принципов эволюции их функций.

Качественно новым в эволюции функций почек у птиц и млекопитающих является появление способности к регуляции осмотического гомеостаза в условиях дефицита воды, иначе говоря, способность к осмотическому концентрированию мочи. Развитие этой новой функции в почке обусловлено формированием в ней новой структуры – мозгового вещества. Это обусловлено разделением почки на два слоя – корковое и мозговое вещество. Благодаря надстройке новой структуры – мозгового вещества – стало возможным осуществление новой функции, связанной с образованием гиперосмотической мочи. Следовательно, *принцип надстройки* можно рассматривать как один из основных в эволюции функций органов, в том числе и почки.

*Смена функций* относится к числу существенных принципов эволюции функций. Почка костистых рыб является не только экскреторным, но и кроветворным органом, у высших позвоночных она теряет функцию кроветворения, но становится органом, участвующим в регуляции кроветворения.

*Принцип субституции органа или его функций* может быть

в случае почки проиллюстрирован рядом примеров. У рыб в выделении, кроме почки, важное значение имеют жабры; солевые железы несут основную нагрузку в гипоосмотической регуляции в орган из эластобранхий, морских рептилий и птиц. Экскрецию солей для опреснения обеспечивают солевые железы разного происхождения, только у млекопитающих основным органом в системе осморегуляции становятся почки.

*Олигомеризация органов и полимеризация функциональных единиц* имеют значение для повышения роли почки как важнейшего гомеостатического органа. Метамерно расположенные многочисленные метанефридии сменяются на парные выделительные органы у моллюсков, ракообразных, позвоночных. В то же время в едином органе, например в почке, имеются многочисленные функциональные единицы – нефроны. Для эффективности выполнения осморегулирующей и волюморегулирующей функций почки имеет значение участие не только многочисленных, но и дифференцированных групп нефронов, относящихся к разным популяциям.

Выше шла речь о принципах эволюции функций, характеризующих прогрессивную эволюцию почки; это касается таких сторон ее развития, как мультифункциональность, интенсификация деятельности и т. п. Но процесс развития может сопровождаться регрессом функций, во всяком случае ряда функций. Примерами регресса функций может служить потеря способности к образованию гипоосмотической

мочи у морских костистых рыб, редукция гломерулярного аппарата и клубочковой фильтрации у некоторых видов морских костистых рыб, рептилий, адаптирующихся к жизни в засушливых районах.

*Необратимость регрессивной эволюции* почки может быть проиллюстрирована на примере водяных полевок, утративших способность к значительному осмотическому концентрированию мочи, а вместе с тем и способность обеспечивать осморегуляцию при дефиците воды. Миграция в морскую воду морских костистых рыб привела к необратимым изменениям в ряде систем, в том числе и в почке, что лишает их возможности к гиперосмотической регуляции. При анадромной миграции у лососей (горбуша) уже через несколько десятков минут после захода в реку из моря исключается возможность возврата в море из-за функционального переключения системы осморегуляции и необратимого регресса системы гипоосмотической регуляции.

## **Эволюция функций слова**

Развитие языка связано с возрастанием количества морфем в слове и за счет этого уменьшения количества слов. Имеющиеся ранее морфемы используются для образования новых слов в современном языке – это архи-, анти-, поли- (и т. п.). Возникают группы слов по принципу надстройки: сочинительные – bread and butter, подчинительные – fresh

milk, конструкции – I saw him coming. В индоевропейском языке слова в предложении не управляли друг другом, а примыкали друг к другу, то есть были как бы сами по себе. Далее слова стали объединяться в группы, так что форма одного слова начинает задавать форму другого слова [Groot, 1957; Hawkins, 1983], но это еще не предложение. Смена функций проявляется в том, что местоимения начинают выступать в роли союзов. Наблюдается *олигомеризация* – объединение когнитивно разных явлений в одну новую языковую единицу. *Дифференциация* функций слов видна в том, что конкретные значения выделяются из более аморфных; происходит разделение когнитивных и грамматических ролей – выделение субъекта и объекта, агенса и пациенса и т. д. Очень важной чертой эволюции этого уровня языка является стремление к упорядочению, к фиксированному месту слов в предложении и конструкциях. *Увеличение мультифункциональности* проявляется в возникновении разных, иногда очень различающихся значений одного и того же слова. *Регресс функций*, в том числе и необратимый, виден по отмиранию, выпадению слов или отдельных значений слов (архаизмы). Можно говорить о валентности, то есть сочетаемости слов друг с другом, различной для разных языков и универсальной.

## Эволюция процедур

Первоначально процедура в BASIC была задумана просто как часть программы, к которой возможно многократное обращение (GOSUB...RETURN), в процессе эволюции языка функции процедуры сильно расширились: появилась локализация переменных и меток, процедура стала таким же универсальным *мультифункциональным средством* программирования, каким она изначально задумана в таком языке, как PASCAL, который появился значительно позднее первых версий BASIC.

*Интенсификация процедур* заключается в появлении возможности их предварительной трансляции на язык ассемблера. *Эффект надстройки* проявляется в возможности вызова одних процедур из тела других, а также применения рекурсивных процедур. Оказывается возможным построение иерархических систем любой сложности.

По отношению к процедурам принцип *олигомеризации* органов можно интерпретировать как воплощение основных идей «структурного программирования» Вирта [Дал, Дейкстра, Хоор, 1975] с полным отказом от оператора GOTO. В последних версиях BASIC эти идеи в значительной мере осуществлены, хотя классическим языком структурного программирования является, несомненно, язык PASCAL.

На уровне процедур *смена функций* происходит очень лег-

ко. Например, процедура решения системы дифференциальных уравнений методом Рунге – Кутта может с одинаковым успехом применяться для решения модели экологической системы или задачи теплопроводности в твердом теле. На этом принципе основано создание всех систем математического обеспечения ЭВМ.

Замещение одной процедуры другой в процессе эволюции языка (даже, вернее, не столько языка, сколько системы математического обеспечения) можно показать на примере процедуры поиска экстремума многомерной функции. Эти процедуры эволюционировали от процедур сплошного перебора до градиентных методов или методов случайного поиска и их сочетаний. Процедуры разные, а выполняют одну и ту же функцию.

Процедуры устаревают, и ими перестают пользоваться. Например, так произошло с почти забытым в настоящее время линейным программированием, которым увлекались в 1960-е годы. Процедуры печатания таблиц отмерли из-за развития средств псевдографики. Называть этот процесс регрессом не совсем корректно, но явление исчезновения одних приемов и средств программирования и возникновения новых несомненно.

\* \* \*

## **Эволюция системы водно-солевого равновесия**

Эта система определяет стабильность ряда физико-химических констант в организме у животных и человека. К ним относится объем жидкости тела, их осмотическое давление, рН, соотношение между ионами и концентрация каждого из них. Исследование живых существ, относящихся к различным типам первично- и вторичноротых, разным классам позвоночных, находящихся на разных этапах постнатального развития, свидетельствует о возможности признать значимыми следующие принципы эволюции функций системы:

- 1) возрастание количества регуляторных факторов;
- 2) увеличение числа регулируемых параметров;
- 3) повышение степени гомеостатирования.

У большинства морских беспозвоночных и у миксин во внутренней среде к числу регулируемых физико-химических параметров относится рН, концентрация некоторых ионов. Миноги, рыбы и представители остальных классов позвоночных обладают системами стабилизации осмотического давления крови, жидкостей внутренней среды. Это открывало перед такими животными возможность занятия новых ареалов – заселения пресных вод, суши. Сопоставление функциональной организации систем регуляции водно-солевого обмена у животных разного уровня развития сви-

детельствует о том, что меняется количество гуморальных факторов регуляции. Так, для ионов, имеющих особенно важное значение для деятельности клеток, имеется не один, а два, а иногда и большее число гормонов и других факторов регуляции. В настоящей статье, где внимание уделено и информационным системам, существенно отметить, что регуляторные пептиды, различные гормоны могут рассматриваться как слова биологического языка гомеостатических систем [Mayer, Baldi, 1991].

Возрастание количества регуляторных факторов не является единственным механизмом, используемым в эволюции для улучшения качества регулирования. Проведенные нами исследования показывают, что, как и в случае влияния нервной системы на мышцу, где стимуляция одних нервов может оказывать пусковой эффект, а других – адаптационно-трофический, что приспособливает работу мышцы, органа чувств к сиюминутным потребностям организма [Орбели, 1962], так и в отношении ряда гормонов, в частности вазопрессина, установлено два типа эффектов. Один из них, осуществляемый в случае вазопрессина при стимуляции V2-рецепторов, приводит к увеличению проницаемости эпителия осморегулирующего органа для воды, другой зависит от стимуляции на клетке Vi-рецепторов, в этом случае обеспечивается выделение в клетке иных вторичных мессенджеров, модуляция уровня проницаемости, а тем самым и изменение величины всасывания воды [Наточин, 1992]. В итоге

более точно регулируется осмоляльность крови, что имеет исключительное значение для работы клеток различных систем, особенно нервной системы. От изменения осмоляльности внеклеточной жидкости зависят колебания объема клеток. Этот параметр должен поддерживаться с исключительной точностью, чтобы обеспечить высокую эффективность выполнения клеткой ее функций.

В процессе эволюции позвоночных возрастает способность почки и других эффекторных органов и систем к повышению степени гомеостатирования физико-химических параметров внутренней среды.

## **Эволюция функций предложений**

Предложение – это выражение мысли и чувства, в нем важно все: слова, их порядок. Поскольку предложение составлено из слов по определенным правилам – как универсальным, отражающим общие когнитивные свойства человека, так и специфическим, свойственным данному языку, то, говоря об этом уровне, нельзя не коснуться эволюции самих правил (то есть синтаксиса). В этой связи следует отметить ряд общих тенденций.

Прежде всего лингвисты фиксируют эволюцию синтаксиса от когнитивного (обозначение ролей – действие, деятель, объект действия и т. п.) к собственно языковому (появление таких частей предложения, как подлежащее, сказуемое, до-

полнение, что не обязательно совпадает с когнитивными ролями). Это говорит о нарастании специализации функций.

Происходит также реорганизация структуры предложения для повышения его функциональной адекватности – способности выразить сложные системы понятий и отношений.

Иерархия структуры выражается в появлении отношений субординации – сначала у групп слов внутри простого предложения, затем при формировании специальных придаточных предложений.

Отмечается увеличение степеней свободы синтаксиса – переход к более мобильным правилам управления отдельными частями предложения и отдельными предложениями внутри сложных предложений, замена системы склонений синтаксическими функциями (что является более экономным алгоритмом), а соответственно, появление синтаксически более релевантного порядка слов.

Направление эволюции синтаксиса можно условно описать таким образом: от групп равнозначных слов к группам коррелированных слов, к соединению по типу корреляции двух простых равнозначных предложений, к возникновению подчинения внутри предложений и, наконец, к возникновению сложноподчиненных предложений. Далее развитие идет по пути появления сложных предложений с подчинениями и сочинениями на разных уровнях (например, одно внутри другого). Туда могут включаться и разные причастные и про-

чие обороты. Для описания этих сложнейших конструкций разработано понятие глубины синтаксиса (уровней сочинения и подчинения). Историками языка отмечается интересное явление «переворачивания» грамматической структуры в процессе эволюции языка от типа «объект-действие» к типу «действие-объект» и от «ветвящейся влево» структуры (John's brother's car) к «ветвящейся вправо» (the car of the brother of John) [Bichakjian, 1988].

Сказанное выше в описании языка, как и в случае биологических систем, свидетельствует о возрастании количества регуляторных факторов и регулируемых параметров, то есть в данном случае ведет к наиболее адекватной передаче информации, к формулированию мысли.

## **Эволюция программ как единого целого**

Эволюция программ идет по пути увеличения их независимости от конкретного типа вычислительной машины. Так, был специальный язык BASIC для ЭВМ ДЗ-28, для Искры-226, для ZX-Spectrum или FX-702P. В процессе эволюции язык стал машинно независимым, что можно интерпретировать как повышение степени «гомеостаза» данного языка.

Другое направление эволюции программ заключается в росте числа характеристик, по которым оценивается качество программы и процесса ее создания. Так, помимо основ-

ного требования к реализации заданного алгоритма, к программе стали предъявляться требования наглядности и удобочитаемости. Другое дополнительное требование, возникшее в процессе эволюции языка, заключалось в удобстве отладки и тестирования программ. Это вызвало к жизни целый арсенал средств поиска, трассировки (TRACEON), наблюдения (WATCH), запоминания команд (HISTORYON), остановки в заданном месте программы (BREAKPOINT) и синтаксического контроля отдельной строки программы [Kameny, Kurtzi, 1985; Inman, Albrechi, 1989].

\* \* \*

## **Заключение**

Все сказанное в статье представляет собой попытку обосновать применимость некоторых принципов эволюции функций к таким далеким явлениям, как естественный язык, язык программирования и физиологическая система. Сделанное следует понимать как стремление проанализировать принципы эволюции этих систем с нестандартной точки зрения. Выше было показано, что между процессом эволюции физиологической системы и процессом эволюции естественного языка и языка программирования существуют достаточно обширные аналогии. Это тем более удивительно,

что механизмы эволюции гомеостатических систем и языков резко отличаются. Например, естественный отбор и генетическое наследование признаков заменяются конкуренцией между фирмами – поставщиками программного обеспечения вычислительных машин и всемирной доступностью информации о языках программирования. Замеченные аналогии дают основание предположить, что существуют некоторые общие закономерности эволюции функциональных систем. В физике давно замечена и плодотворно используется аналогия между механическими, акустическими и электрическими явлениями [Ольсон, 1947]. Появление кибернетики привело к пониманию единства процессов управления в живой и неживой природе. Возможно, что существует такое же единство процессов эволюции различных систем.

## **Распознавание человеком разных типов звуковых сигналов, издаваемых обезьянами (*Cebus capucinus*)<sup>4</sup>**

Несмотря на то что человек постоянно встречается со звуками, издаваемыми животными, и широко использует распознавание этих звуков в своей жизни, методы научного изучения распознавания подобных звуков до сих пор не разработаны. Между тем этот вопрос представляется существенным как для характеристики структуры звуковой среды, важней-

шим компонентом которой являются звуки, издаваемые животными, так и особенно для изучения эволюции функции звуковой коммуникации в животном мире, высшим уровнем которой является речь человека. Одновременно исследование издаваемых животными звуков существенно с общей психофизиологической точки зрения для всего вопроса распознавания человеком сложных звуков, характеризующихся некоторым множеством физических параметров. Биоакустические сигналы представляют собой частный случай подобных сложных звуков; их физическая структура определяется свойствами биологических звукоизлучающих аппаратов, что в первую очередь выражается в наличии временного членения. Эта сторона вопроса рассматривалась уже ранее в работах лаборатории, связанных с электрофизиологическим исследованием характеристик слуховой системы млекопитающих [Гершуни, 1973; Гершуни, Вартанян, 1975].

Первой задачей исследования, начатого нами в 1973 году [Гершуни и др., 1975], являлась разработка приемов качественной и количественной оценок распознавания человеком сигналов, издаваемых животными.

В качестве биоакустических сигналов, подлежащих распознаванию, был избран набор звуков, издаваемых обезьянами в различных условиях их поведения [Фирсов, 1954; Мальцев, 1970]. Выбор этих биоакустических сигналов представляется выгодным по следующим соображениям:

- 1) звуки, издаваемые капуцинами в разных поведенче-

ских ситуациях, хорошо разделяются по своим физическим характеристикам на ряд отличных групп;

2) частотный состав этих звуков, значимый по амплитуде, лежит в пределах от 100 до 6–8 кГц, то есть в пределах частот, к которым ухо человека достаточно чувствительно;

3) звукоизлучающий аппарат капуцинов, как и других обезьян, имеет много общих черт с голосовым аппаратом человека.

Это позволяет делать определенные заключения о работе звукоизлучающих органов у обезьян, пользуясь физическими характеристиками издаваемых звуков и данными строения этих органов [Zhinkin, 1963; Lieberman, 1968], опираясь на хорошо изученные явления речеобразования у человека [Фант, 1964].

Как было описано в предыдущих работах лаборатории [Мальцев, 1970; Гершуни, Мальцев, 1970], наблюдаемый в различных поведенческих ситуациях набор звуков у капуцинов мог быть разбит на восемь типов; критерием, используемым для классификации звуков, служило соотношение трех родов явлений:

1) поведенческой ситуации, в которой наблюдались данного рода звуки;

2) опознания сигналов человеком (экспериментатором) как относящихся к данной поведенческой ситуации (то есть отнесение их к определенной категории);

3) установление физических параметров сигналов (вре-

менных и спектральных), характерных для данной поведенческой ситуации.

Результаты опознавания этих звуков экспериментатором, необходимые для классификации сигналов, выражали деятельность человека в его естественной жизни. Сама по себе эта деятельность не служила предметом исследования; характерной для нее была достаточно большая длительность периода обучения (несколько месяцев); по существу это была деятельность, подобная той, которая характеризует работу натуралиста или охотника, постепенно обучающегося восприятию и опознаванию звуков животных и соотношения их к определенным условиям поведения, в которых эти звуки издаются.

В экспериментах по исследованию набора звуков капуцинов людьми, никогда не слышавших подобных звуков, полностью исключались сведения о поведенческом значении различных групп сигналов. Таким образом, условия опознавания звуков в этих психофизиологических экспериментах значительно отличались от опознавания звуков, осуществляемых в условиях естественного наблюдения за поведением животных.

## **Методика**

Переход от магнитных записей звуков, издававшихся в различных поведенческих ситуациях капуцинами, к выбо-

рочным записям (монтажам), которые предъявлялись испытуемым, осуществляли с помощью перезаписи на магнитофон МЭЗ-28А. Исходной для этих монтажей являлась запись ста сорока звуков самца капуцина, которые были разбиты на восемь типов; согласно ранее принятой классификации, эти типы сигналов получили следующие наименования: ориентировочный, приветственный, призывный, оборонительный, угрозы, агрессии, пищевой длинный, пищевой короткий [Мальцев, 1970; Гершуни, Мальцев, 1970]. Было изготовлено два варианта монтажей, которые использовались при двух отличительных процедурах опознания их человеком. Эти монтажи воспроизводились на магнитофоне МЭЗ-28А и многократно прослушивались испытуемыми в условиях звукозаглушенной камеры. В качестве звукоизлучателя использовалась акустическая система 20АС-1 с рабочим диапазоном частот 40–18 000 Гц.

Первый монтаж для прослушивания наивными слушателями (сокращенно МНС-1) использовался для получения качественной оценки восприятия семи различных типов сигналов (в монтаже отсутствовал сигнал угрозы). Этот монтаж содержал двадцать один сигнал – в среднем по три сигнала каждого типа. Сигналы одного типа следовали друг за другом с интервалами около трех секунд, тогда как интервалы между группами сигналов одного типа составляли около десяти секунд. В процессе прослушивания МНС-1 испытуемые должны были дать характеристику каждого типа сигнала.

лов по определенным критериям, а именно:

- 1) подобию с другими известными им звуками;
- 2) эмоциональному выражению;
- 3) звуковысотным и мелодическим особенностям;
- 4) фонетической транскрипции.

Для этой цели была использована группа слушателей (четырнадцать человек), в которую входили фонетики, психоакустики, а также лица с музыкальным слухом. Каждый испытуемый должен был давать оценку не менее чем по двум критериям. Опытные сеансы, состоявшие из шести – восьми прослушиваний, производились до достижения стабильных характеристик.

Второй монтаж звуков (МНС-2) использовали для количественной оценки опознания сигналов восьми различных типов. В этот монтаж входило шестьдесят четыре сигнала, по восемь сигналов каждого типа, выбранных по таблице случайных чисел из исходного набора. Последовательность сигналов на магнитной ленте была также случайной, с интервалами около пяти секунд. Таким образом, в монтаже МНС-2, в отличие от МНС-1, никаких сведений о делении сигналов на группы не содержалось. Классификацию сигналов производили сами испытуемые, опираясь только на акустическое сходство и различие сигналов. Для каждой классификационной группы испытуемый должен был ввести кратное обозначение (характер обозначения не оговаривался) и присвоить его одной из восьми клавиш, установленных на пульте ис-

пытуемого, которую он в дальнейшем нажимал при появлении сигнала данной группы. Если испытуемый не мог отнести какой-либо сигнал МНС-2 ни к одной из своих классификационных групп (их общее количество не должно было превышать восьми), он нажимал специальную, девятую клавишу недифференцированного ответа. Для опытов с монтажом МНС-2 была использована другая группа испытуемых – студенты медицинского вуза (десять человек), не занимавшиеся когда-либо акустическими измерениями. Опыты проводили несколько дней подряд (по четыре прослушивания монтажа в день) до достижения стабильной классификации сигналов.

Поскольку при нажатии клавиш на пульте испытуемого с помощью разработанного в лаборатории устройства на перфоленте автоматически печатался порядковый номер нажатой клавиши, результаты классификации получали в процессе опыта численное представление и обрабатывались в дальнейшем на ЭВМ «Наири-3». При обработке результатов оценивали величину соответствия классификации, даваемой испытуемыми, с типами сигналов, представленных в МНС-2. Для этого каждому из восьми этих типов присваивали порядковый номер  $i$  ( $i = 1, 2 \dots 8$ ) и подсчитывали общее число  $n_{ij}$  случаев, когда в процессе прослушивания при предъявлении  $i$ -го типа была нажата клавиша с  $j$ -м номером ( $j = 1, 2 \dots 9$ ). Каждое прослушивание испытуемым серии сигналов МНС-2 давало матрицу  $\{n_{ij}\}$  из семидесяти двух

чисел, выражающую его текущую классификацию сигналов. Кроме того, оценивали стабильность классификации испытуемых в различные опытные дни, а также разброс классификаций разных испытуемых. Для этого производили дополнительный информационный анализ матриц  $\{n_{ij}\}$ , широко используемый в практике подобного рода психологических измерений [Решлен, 1966]. Вычисляли среднюю информацию  $I(i, j)$ , воспринимаемую испытуемым о разных типах сигналов за одно прослушивание МНС-2 (формула 1):

$$I(i, j) = H(j) - H_i(j), \quad (1)$$

где  $H(j)$  – энтропия реакций испытуемого;  $H_i(j)$  – средняя условная энтропия реакций испытуемого при условии предъявления  $i$ -го типа сигналов МНС-2.

Количество  $n_{i9}$  нажатий на клавишу, соответствующую недифференцированному ответу, при вычислениях поровну распределяли между остальными клавишами. Очевидно, что при полном соответствии классификации испытуемого с типами сигналов МНС-2  $I(i, j) = H_i(j) = 3$  бита. Для определения разброса классификаций разных испытуемых вычисляли коэффициент вариации  $C_I$  (формула 2):

$$C_I = \frac{\sigma_I}{\bar{I}} \quad (2)$$

где  $\bar{I}$  – среднее значение  $I(i, j)$  для разных испытуемых;  $\sigma_I$  – среднее квадратическое отклонение значений  $I(i, j)$  для разных испытуемых.

## Результаты исследования

**Первая серия.** После четырех – шести прослушиваний монтажа МНС-1 каждый испытуемый начинал давать однозначные или близкие определения для отдельных типов сигналов. Наименование по подобию со знакомыми звуками использовалось всеми испытуемыми. Фонетическая транскрипция определялась шестью лицами (из них четыре являлись высококвалифицированными фонетистами). Эмоциональное выражение и звуковысотные характеристики были зафиксированы десятью испытуемыми.

В табл. 1 представлена выборка наименований, даваемых слушателями по разным критериям оценки. Из нее видно, что определения по критериям подобию со знакомыми звуками для одних типов сигналов переслаиваются друг с другом, для других – оказываются весьма отличными. Так, ориентировочный и приветственный сигналы получают у некоторых слушателей такие одинаковые наименования,

как трель; призывный, оборонительный и пищевой длинный определяются как скуление, повизгивание; сигнал агрессии, определяемый как хрип, рычание, оказывается резко отличным от других, но имеет общее наименование с конечным компонентом ориентировочного сигнала, характеризующегося как хрип. По эмоциональным характеристикам три сигнала – призывный, оборонительный, пищевой длинный – получают такое общее определение, как жалобный звук. По звуковысотным характеристикам изменение высоты вверх определяется для двух сигналов – приветственного и пищевого длинного; изменение высоты вниз характерно для ориентировочного сигнала.

**Таблица 1.** Оценка разных типов звуков обезьян по четырем критериям (первая серия опытов)

Критерии	Тип сигнала						
	Ориентировочный	Приветственный	Призывный	Оборонительный	Агрессии	Пищевой длинный	Пищевой короткий
Подобие знакомым звукам	Щелканье с трелью; чириканье; щелканье и хрип в конце; кваканье лягушки	Свист, трель; птичья трель; высокая трель; щебет	Скуление; стон; крик чайки	Высокий лай щенка; высокое скуление; повизгивание	Хрип, сопение; рычание; тягучее дыхание	Стон на высокой ноте; повизгивание, скуление, твканье	Хрюкание, кудахтанье, короткий лай
Фонетическая транскрипция и артикуляторные характеристики	Двухфокусный мягкий + лабиализованный передний гласный; вибрант	Согласный + гласный; огубленный гласный	Передний модулированный гласный	Передний модулированный закрытый гласный	Верхнефарингальный сильновоздушный; увулярный согласный	Фарингализованный передний гласный; высокий либиализованный гласный	Фарингализованный неопределенный гласный
Эмоциональное и интонационное выражение	Вопросительная интонация; нет выраженной эмоции; крик «эй»	Удовольствие; радость; веселый шепет	Жалобно; беспойноно; тревога	Боль; тревога; жалобно; беспойноно; услуг; паника	Страх; возбуждение; злоба, угрожающе; пнв	Жалобно; возбужденно; просит приближения, тревога	Эмоционально неясно, вопросительно; возглас
Звуковысотные и мелодические особенности	Движение вниз по гамме; движение вниз по расческе	Мелодия взлетает вверх; флейта пикколо вверх	Мелодичный звук; тон с понижением в конце	Слышны триоли	Шумы	Восходящий тон с модуляцией частоты; высокий тон	Эмоционально неясно, вопросительно; возглас

*Примечание:* точками с запятой разделены обозначения, даваемые разными испытуемыми, запятыми — обозначения, даваемые одним и тем же испытуемым.

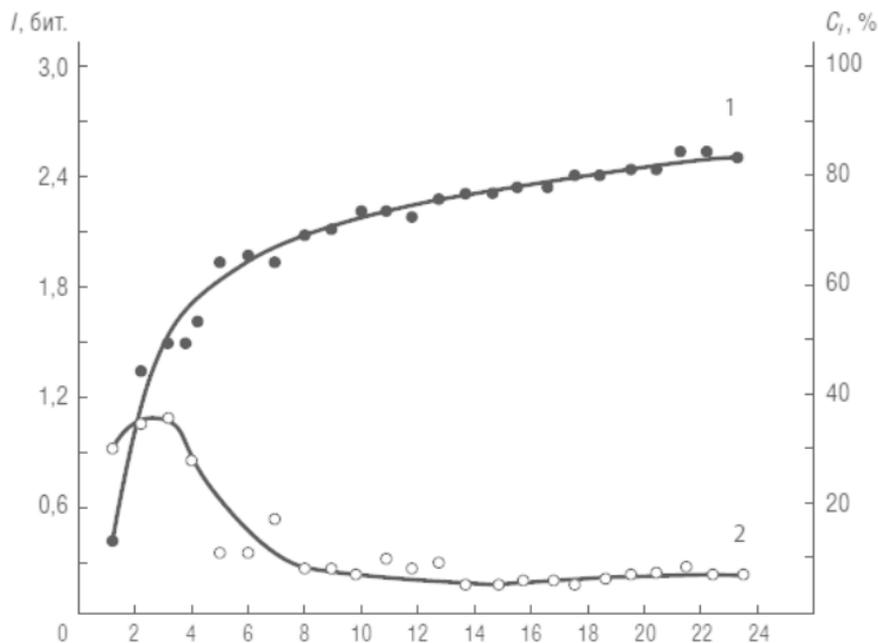
Весьма интересны данные фонетической транскрипции. Так, четыре сигнала (призывный, оборонительный и пищевые длинный и короткий) относятся к группе гласных. Один сигнал, имеющий чисто шумовой характер (агрессивный), относится к группе согласных. Один из сигналов (ориентировочный) характеризуется как состоящий из последовательности согласного и гласного или как звучный согласный (вибрант). К этому сигналу, по определению одного фонетиста, примыкает приветственный сигнал; другие фонетисты отмечают в приветственном лишь гласноподобные ком-

поненты. Как можно видеть из табл. 1, в фонетической транскрипции выступает не только отнесение разных типов сигналов к трем общим категориям: гласноподобных, согласноподобных и смешанных (гласный + согласный), но и наличие более специализированных оценок, характеризующих каждый тип сигнала по дополнительным признакам.

Из изложенного следует, что для представленных типов сигналов, из которых каждый опознается испытуемыми как отличный от другого, характерной является множественность определений одного и того же сигнала. Это множественность определений является, как хорошо известно, типичной для опознания сложных многомерных звуков.

**Вторая серия.** А. При первых прослушиваниях монтажа сигналов МНС-2 испытуемые выделяют все большее число групп сходных сигналов, приписывая соответствующим клавишам самые различные обозначения. На рис. 1 показана усредненная для восьми испытуемых величина информации о типах сигналов, воспринятая ими при разных прослушиваниях МНС-2 (кривая 1), а также значения коэффициента вариации этой величины, отражающие разброс классификаций сигналов разными испытуемыми (кривая 2). Как видно из рис. 1, изменение этих величин имеет закономерный характер. В начале опытов информация, воспринимаемая испытуемыми о типах сигналов, быстро растет и их классификации начинают быстро сближаться. После шестого – восьмого прослушиваний скорость нарастания величин

ны воспринятой информации значительно падает и различия классификаций разных испытуемых стираются медленнее.



**Рис. 1.** Средняя величина информации  $I$  о типах сигналов, воспринимаемая испытуемыми (кривая 1), коэффициент вариации  $C_I$  величины информации  $I$ , воспринятой разными испытуемыми (кривая 2). По ординате – информация в битах, по абсциссе – номер прослушивания

Следует отметить что начиная с двенадцатого – четвер-

надцатого прослушивания обозначения, даваемые испытуемыми сводным группам сигналов, оставались постоянными и соответствовали одним и тем же клавишам. В результате к концу опытов классификация испытуемых стабилизировалась и становилась тесно связанной с типами сигналов. В табл. 2 приведена средняя классификационная матрица, дающая численное выражение этой связи для отдельных типов сигналов. В этой таблице просуммировано 4096 ответов восьми испытуемых, полученных в течение девяти последних прослушиваний, соответствующих периоду стабилизации ответов. В левом столбце таблицы указаны номера соответствующих клавиш (письменные наименования клавиш в целом соответствуют наименованиям по критерию подобия табл. 1). Остальные столбцы соответствуют типам сигналов, представленных в монтаже МНС-2. Цифры таблицы выражают процентное соотношение нажатия различных клавиш для каждого типа сигналов. Как видно из диагонали таблицы, выделенной жирными цифрами, для большинства типов сигналов от 72 до 99 % нажатий на клавиши соответствуют определенному типу. Лишь для двух типов (оборонительного и длинного пищевого) это соответствие выражается 66 и 23 %.

**Таблица 2.** Классификация разных типов звуков обезьян (вторая серия опытов)

Номер клавиши	Тип сигнала							
	Ориентировочный	Приветственный	Призывный	Оборонительный	Угрозы	Агрессии	Пищевой длинный	Пищевой короткий
1	<b>92,2</b>	1,6	0	1,2	10,5	0	0	0
2	2,0	<b>94,1</b>	0,4	0	0	0	0	0
3	0	0	<b>99,2</b>	5,1	0	0	41,0	1,2
4	0,4	0	0,4	<b>66,0</b>	0	0,4	17,6	11,7
5	4,3	0	0	1,6	<b>80,9</b>	10,2	0	0
6	0	0	0	4,7	0,4	<b>84,0</b>	4,3	0
7	1,2	0	0	16,0	6,6	3,1	<b>23,4</b>	14,8
8	0	3,9	0	3,1	1,2	2,3	13,3	<b>72,3</b>
9	0	0,4	0	2,3	0	0	0,4	0

Как уже указывалось ранее, в монтаже МНС-2 полностью отсутствовали сведения о делении сигналов на типы. Поэтому высокий процент ответов испытуемых, соответствующих большинству типов сигналов, позволяет предположить, что классификация испытуемых основывается на тех же общих физических признаках сигналов, которые существенны в обоих случаях.

Числа  $n_{ij}$  (при  $i \neq j$ ) классификационной матрицы, расположенные вне выделенной диагонали табл. 2, соответствуют отклонениям состава классификационных групп испыту-

емых от типов предъявлявшихся сигналов. Каждое из этих чисел выражает процент нажатия  $j$ -й клавиши, связанной преимущественно с другими типами сигналов, при предъявлении данного,  $i$ -го типа. Сумма чисел  $n_{ij}$  и  $n_{i'j'}$  (при  $i' = j; j' = i; i \neq j$ ), симметричных относительно выделенной диагонали, соответствует, таким образом, взаимному перекрытию сигналов  $i$ -го и  $i'$ -го типов в ответах испытуемых (в процентах от общего количества ответов на каждый тип). Сравнение перекрытий сигналов различных типов с их физическими характеристиками позволяет судить о значении различных параметров сигнала для его опознания.

**Б.** При предъявлении монтажа МНС-2 была проведена серия прослушиваний, задачей которых являлась оценка эмоциональных характеристик звуков. Испытуемые получали инструкцию давать эмоциональную оценку по произвольно выбираемым ими наименованиям. В прослушиваниях участвовало десять испытуемых второй группы. Распределение даваемых испытуемыми письменных наименований эмоциональных характеристик после двадцать четвертого прослушивания носило весьма закономерный характер. Так, из шестидесяти четырех наименований соответственно общему числу сигналов в монтаже МНС-2 лишь одно не совпадало по характеру обозначенной эмоции со всеми другими определениями сигнала (относится к сигналу агрессии). Полученные данные близки к эмоциональным характеристикам, представленным в табл. 1, несмотря на то что в обоих

сериях опытов использовались отличные психофизические процедуры.

*Сопоставление результатов, полученных при прослушивании двух монтажей (МНС-1 и МНС-2).* Сопоставление требует выделения обобщенных групп характеристик, по которым могут быть классифицированы типы сигналов. Наиболее ясными классификационными группами по фонетической транскрипции являются следующие:

- 1) гласноподобные;
- 2) согласноподобные;
- 3) смешанные (согласный + гласный).

Эмоциональные характеристики можно разбить на четыре группы:

- 1) эмоционально-нейтральные (вопрос, удивление, покой, возглас...);
- 2) эмоционально-положительные (радость, удовольствие, веселье...);
- 3) эмоционально-отрицательные активные (гнев, ярость, злоба...);
- 4) эмоционально-отрицательные пассивные (жалоба, тревога, испуг, неудовольствие...).

Это деление, хотя и является грубым, оказывается полезным для обобщенной характеристики типов сигнала. Музыкально-высотные характеристики могли быть разделены на три группы:

- 1) мелодичные;

- 2) шумовые;
- 3) смешанные.

В результате получаются десять обобщенных характеристик, по которым могут быть описаны все типы сигналов.

В табл. 3 представлены подобного рода данные. Поскольку таблица носит качественный характер, в ней вводятся лишь два обозначения, показывающие наличие данной характеристики в большинстве случаев (+ +) и в редких случаях (+).

Рассмотрение отношений характеристик по сходству и различию для разных типов сигналов показывает, что все гласноподобные сигналы одновременно характеризуются как мелодичные; некоторую особенность представляют приветственные сигналы (№ 2), которые фонетически характеризуются чаще как гласноподобные, реже как смешанные. По эмоциональным выражениям три гласноподобных мелодических сигнала (№ 3, 4, 7) получают характеристики эмоционально-отрицательных пассивных, а сходные с ними приветственные сигналы получают во всех без исключения случаях эмоционально-положительное наименование.

Ориентировочные сигналы (№ 1) получают наиболее частые наименования, характеризующиеся как эмоционально-нейтральные. Встречаются очень редко эмоционально-положительные наименования, сближающие их с приветственными (№ 2), что видно также по фонетической транскрипции, и эмоционально-отрицательные, пассивные, сближающие их с сигналами угрозы (№ 5). Эмоционально-ней-

тральными во всех случаях являются короткие пищевые сигналы (№ 8), которые по этой характеристике подобны ориентировочным. Таким образом, эти два типа сигналов (№ 1 и 8), несмотря на отличие всех других характеристик, оказываются сходными по их наименьшей эмоциональной выраженности (нейтральные).

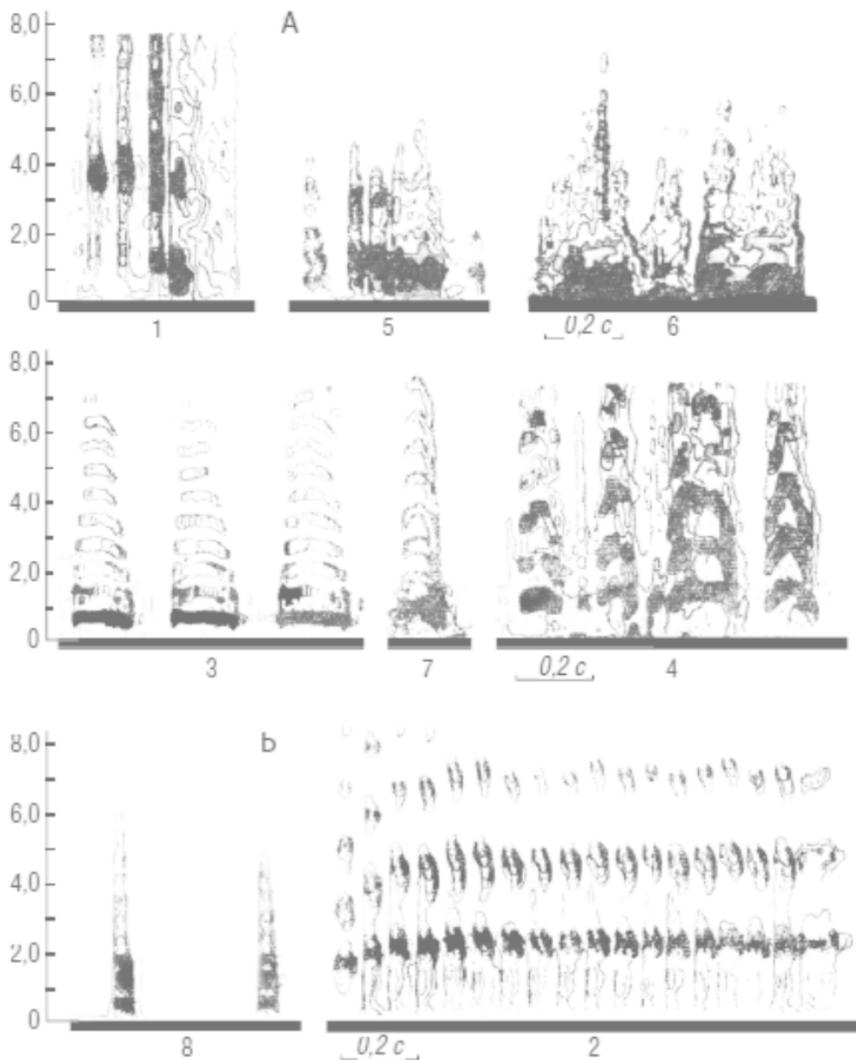
**Таблица 3.** Оценка разных типов звуков обезьян по обобщенным характеристикам (первая и вторая серии опытов)

№	Характеристика	Ориентировочный	Приветственный	Призывный	Оборотный	Угрозы	Агрессии	Пищевой длинный	Пищевой короткий
1	Гласноподобные		++	++	++			++	++
2	Согласноподобные						++		
3	Смешанные (согласные + гласные)		++	+		++			
4	Эмоционально-положительные	+	++						
5	Эмоционально-отрицательные активные					+	++		
6	Эмоционально-отрицательные пассивные	+		++	++	++		++	
7	Эмоционально-нейтральные	++						+*	++
8	Мелодичные		++	++	++			++	++
9	Немелодичные (шумовые)						++		
10	Смешанные (тональные + шумовые)	++			+				

*Сопоставление данных опознания с физическими характеристиками сигналов.* На рис. 2 представлены динамические спектрограммы восьми типов сигналов, входящих в монтажа. По этим динамическим спектрограммам возможно судить о спектральных и временных параметрах разных типов сигналов. Расположение спектрограмм на рис. 2 соответствует наличию или отсутствию тех или иных фонетических обобщенных характеристик сигналов по данным табл. 3. В верхней части рис. 2, А показаны спектрограммы согласноподобного сигнала (агрессии, 6) и смешанных сигналов (ориентировочного, 1; угрозы, 5). В нижней части рис. 2, А и на рис. 2, Б показаны спектрограммы гласноподобных звуков (призывный, 3; длинный пищевой, 7; оборонительный, 4; приветственный, 2; короткий пищевой, 8).

Как видно из спектрограмм, наиболее общим признаком, объединяющим гласноподобные звуки, является хорошо выраженная гармоническая структура их спектра, несмотря на различную длительность импульсов и выраженность частотной модуляции гармоник. Для импульсов согласноподобных звуков, напротив, характерно наличие широких спектральных полос с одним размытым максимумом на низких частотах. В полном соответствии с данными табл. 3 спектральная структура смешанных (гласный + согласный) сигналов имеет промежуточный характер: их начальные импульсы имеют гармоническую структуру, а спектры конечных импульсов

имеют признаки, сближающие эти звуки с согласноподобными. Как уже отмечалось выше, по звуковысотным обобщенным характеристикам можно выделить группы сигналов, которые полностью соответствуют группам, выделенным по фонетическим характеристикам. Это позволяет полагать, что звуковысотным характеристикам соответствуют те же физические признаки различных типов сигналов, которые оказываются существенными для их фонетической характеристики.



**Рис. 2.** Динамические спектрограммы сигналов, пред-

ставленных в монтажах.

Цифры под спектрограммами соответствуют номерам сигналов.

По ординате – частота в кГц, по абсциссе – время.

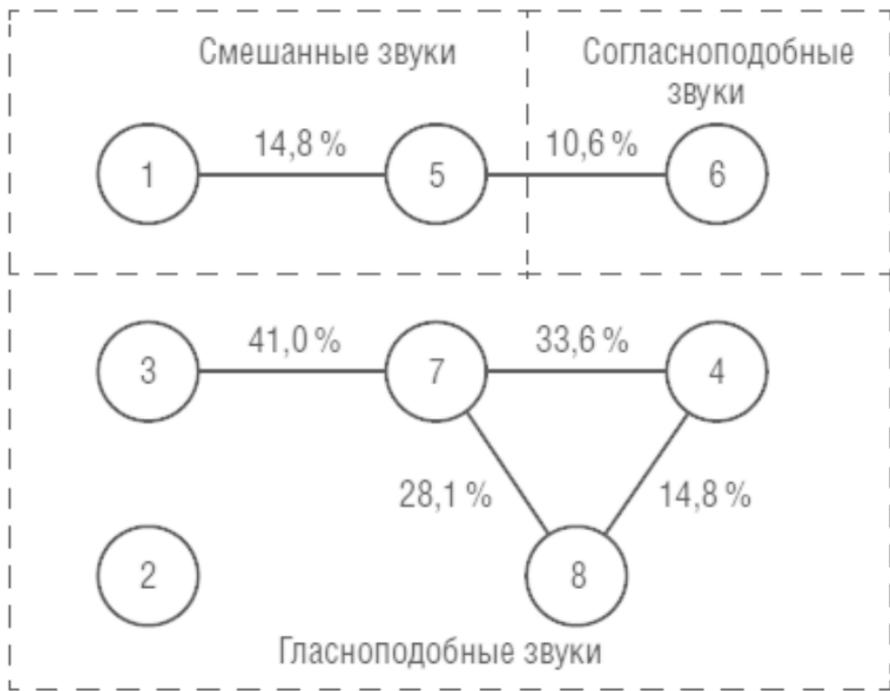
Спектрограммы сняты на сонографе фирмы «Кау».

Ширина полосы — 300 Гц.

Уровень интенсивности частотных составляющих представлен числом замкнутых контуров (шаг 6 дБ) и степенью зачернения.

Максимальное зачернение соответствует 42 дБ. *A* и *B* см. в тексте

Результаты второй серии опытов, касающиеся отклонений классификации испытуемых от типов сигналов, позволяют уточнить значение рассмотренных физических признаков для опознания сигналов. На рис. 3 условно показаны перекрытия восьми типов сигналов в ответах испытуемых по данным табл. 2 (для упрощения учтены лишь перекрытия, превышающие 10 %). Кружки с номерами соответствуют типам сигналов; их расположение соответствует расположению спектрограмм на рис. 2. Линии схемы соединяют перекрывающиеся типы, а цифры около линий соответствуют величине перекрытий.



**Рис. 3.** Схематическое изображение перекрытий восьми типов сигналов в ответах испытуемых (по данным табл. 2).  
Объяснение см. в тексте

Из рис. 3 видно, что перекрытия между типами имеют ограниченный характер и происходят внутри двух групп сигналов (обведены штриховкой), имеющих отличные обобщенные характеристики. К первой группе относятся все гласноподобные звуки (2, 3, 4, 7, 8), а ко второй – согласноподобные (6) и смешанные (1, 5). Поскольку перекрытия между

этими группами отсутствуют, можно полагать, что при опознании типа сигнала присутствие или отсутствие импульсов с шумовым спектром имеет определяющее значение. Характер перекрытий внутри групп позволяет судить об использовании деталей этого признака для опознания типа в пределах каждой группы. Так, сравнение особенностей спектрограмм и перекрытий гласноподобных звуков 3, 4 и 7-го типов позволяет полагать, что для их опознания в первую очередь существенна глубина частотной модуляции, максимальная для 4-го и минимальная для 3-го типов. Перекрытия типов внутри первой группы имеют также закономерный характер и связаны, очевидно, с различным удельным весом гармонических и шумовых импульсов в спектрах 1, 5 и 6-го типов. Пятый тип, занимающий в этом смысле промежуточное положение, имеет почти симметричные перекрытия с 1-м (преобладание гармонических импульсов) и 6-м типами (только шумовые импульсы).

*Опознание человека и поведенческие ситуации, характеризующие звуковое излучение.* Изучение поведенческих ситуаций, которые характерны для издавания капуцинами разных типов сигналов, дает возможность сопоставить эти ситуации с характеристиками опознания человеком соответственных сигналов [Гершуни, Мальцев, 1970]. Так, сигналы ориентировочный (1) и короткий пищевой (8) издаются животными спонтанно; издавание этих сигналов усиливается для первого при появлении каких-либо незнакомых

объектов на большом расстоянии, для второго – при виде и поедании обычной пищи. Приветственный сигнал (2) возникает при появлении людей, хорошо знакомых капуцинам (в частности, экспериментатора), которые их обычно кормят и ласкают. Призывный сигнал (3) возникает при отсаживании самки капуцина или уходе экспериментатора. Оборонительный сигнал (4) возникает при угрожающих движениях экспериментатора. Сигнал угрозы (5) возникает при приближении постороннего лица, которое делает угрожающие движения. Сигнал агрессии (6) возникает в этих же условиях, непосредственно следуя за предыдущим. Длинный пищевой (7) возникает при приближении и поедании особенно лакомой пищи.

Сопоставление поведенческих ситуаций, характерных для излучения животными определенных типов сигналов, с оценкой этих сигналов испытуемыми (табл. 1, 3) показывает соответствие оценок эмоциональной значимости сигналов, даваемых людьми для этих совершенно неизвестных им звуков, формам поведения животных, достаточно ярко выражающих их эмоциональное состояние во время излучения определенных типов звуков. Это соответствие выражено в достаточной степени ярко для четырех типов сигналов, относимых по критериям эмоциональной значимости к эмоционально-положительным (2), эмоционально-отрицательным пассивным (3, 4) и эмоционально-отрицательным активным (6).

Два сигнала, относимые к эмоционально-нейтральным: ориентировочный (1) и короткий пищевой (8), выделяются в отдельную поведенческую группу, характеризующую постоянным (спонтанным) звукоизлучением.

## Обсуждение результатов

Как видно из изложенного, звуки, издаваемые обезьянами, представляют собой сложные звуки. Исследование восприятия этих звуков, которое рассматривалось выше, основывалось на опознании по сходству их друг с другом (табл. 2), а также по нескольким критериям оценок (табл. 1). Обобщенные характеристики опознания, из которых вытекала классификация сигналов (табл. 3), позволяли разделить их по фонетическим и звуковысотным оценкам на три группы: гласноподобные (мелодические), согласноподобные (шумовые) и смешанные.

При сопоставлении с сонограммами (рис. 2) разделение на три группы по соотношению гармонических и шумовых составляющих в сигналах выступало достаточно ясно. Однако при использовании критерия эмоциональной значимости деление сигналов на три категории оказалось неприемлемым. Так, из относимых к гласноподобным пяти сигналов (2, 3, 4, 7, 8) два сигнала – приветственный (2) и короткий пищевой – получали отличные от основной группы (3, 4, 7) эмоциональные характеристики (табл. 3).

Динамические спектрограммы показывают, что именно эти два сигнала (2 и 8), обладающие типичными для гласноподобных звуков гармоническими составляющими, имеют совершенно отличную временную структуру. Для этой структуры характерно наличие коротких импульсов, которые для сигнала (2) образуют посылку из восемнадцати импульсов с фиксированными небольшими интервалами между импульсами. Сигнал (8) образуется из одного или двух коротких импульсов, отставленных друг от друга на значительные и сильно варьирующие отрезки времени. В случае приветственного сигнала слышится приятная трель; короткий пищевой сигнал воспринимается как отдельный короткий звук, не имеющий эмоционального выражения.

Ошибки в классификации этого сигнала в группе гласноподобных звуков (смещение восьмого сигнала с седьмым и четвертым, см. рис. 3) также определяются отличием во временной структуре сигналов – количеством предъявляемых импульсов. Таким образом, очевидно, что для эмоциональных характеристик отличия временной структуры сигнала могут приобретать решающее значение для отнесения его к разным категориям (положительным, отрицательным, нейтральным).

## **Заключение**

Изложенное показывает, что, так же как при изучении

опознания других сложных звуков и в первую очередь звуков речи, исследование звуков обезьян требует установления существенной для данных критериев опознания совокупности физических параметров сигнала.

Встает общий вопрос, требующий рассмотрения. Исследуемые звуки представляют собой с биологической точки зрения сигналы, используемые обезьянами данного рода для коммуникации. Оpozнание этих сигналов людьми обнаружило примечательное соответствие между эмоциональными характеристиками этих звуков, даваемыми людьми, слышавшими их впервые, и теми эмоциональными состояниями животных, о которых можно судить по формам поведения, характерным для излучения определенных типов сигналов. Это дает основания для суждения о некоторых признаках звуковых коммуникационных сигналов, которые должны быть однозначно связаны с выражением определенных эмоциональных состояний.

Вместе с тем представленные данные оставляют открытым вопрос об организации других видов коммуникационных сигналов для данного вида обезьян. Это в первую очередь относится к таким получающим нейтральную и неоднозначную эмоциональную характеристику сигналам, как ориентировочный. Этот сигнал, очевидно, используется для звуковой связи между животными на дальнем расстоянии [Гершуни, Мальцев, 1970; Marler, Hamilton, 1967]; он обладает наиболее сложной по своей организации спектрально-вре-

менной структурой.

Результаты исследования восприятия этого сигнала, которые излагаются в другой работе (предварительные сообщения [Гершуни и др., 1975]), показывают, что признаки, существенные для его опознания, значительно отличаются от исследованных сигналов, имеющих выраженную эмоциональную значимость. Дальнейшее исследование должно дать возможность ответить на вопросы о характере организации разных коммуникационных сигналов у различных представителей приматов. Подобное исследование существенно для изучения эволюции функции звуковой коммуникации, приводящей к речи человека.

## **Изучение восприятия внутри- и межвидовой знаковой информации (обзор и возможные направления сравнительно- физиологических исследований)<sup>5</sup>**

Основная трудность при описании эволюционных преобразований и взаимоотношений животных различных видов состоит в том, что действительную последовательность появления и развитие в процессе эволюции происходящих событий мы наблюдать не можем. Наши представления о них базируются на данных, полученных из множества источни-

ков, включающих сравнительную анатомию и физиологию, анализ ископаемых останков различных особей, археологические находки, онтогенетические данные, изучение генетических древ-карт. Объединенные, эти данные обеспечивают возможность определения физиологических соотношений, а материалы, собранные в результате изучения поведения животных, увеличивают возможность оценки и идентификации эволюционных внутри- и межвидовых отношений.

Некоторые исследователи обоснованно считают, что наряду с анатомическими и физиологическими характеристиками поведение в значительной степени реализуется по сходным закономерностям среди эволюционно взаимосвязанных особей, поскольку такое поведение является отражением последовательности генетической истории животных. Широко распространена точка зрения, что люди используют коммуникационную систему, основанную в значительной мере на общепринятых и общеизвестных знаках, и именно поэтому они способны говорить о прошлом и будущем предметов и объектов, которые в данный момент отсутствуют, и образовывать понятия, которые не имеют внешних референтов.

# Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «Литрес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на Литрес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.