

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УДК 159.9.07

Лосик Георгий Васильевич

**ПСИХОЛОГИЧЕСКАЯ КОНЦЕПЦИЯ  
МОТОРНОЙ ТЕОРИИ ВОСПРИЯТИЯ РЕЧИ**

19. 00. 01 - общая психология, психология личности,  
история психологии

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

Минск - 2002

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы исследования.** За большой период развития психологической науки учеными получено много экспериментальных данных о восприятии речи человеком, предложен целый ряд теорий, объясняющих механизмы перцептивного анализа речевого сигнала. Знание механизмов восприятия речи является актуальным для создания новых методов коммуникативного обучения детей и взрослых, развития фонематического слуха ребёнка, коррекционной педагогики, для построения моделей распознавания речи. Наиболее известная сегодня теория восприятия речи – моторная теория – построена на основе физиологических и лингвистических знаний о речи и не содержит в себе соответствующих психологических знаний. В то же время психологическая наука выработала свои представления о закономерностях психического восприятия и оперирует своими понятиями, такими как "перцептивное действие", "константность восприятия". Именно феномен константности восприятия речи у человека моторная теория пытается объяснить, но не может. Поэтому использование дополнительных психологических знаний для объяснения константности восприятия речи человеком – весьма актуально.

Механизмы восприятия речевого сигнала изучаются многие годы с позиций фонетики, акустики, кибернетики с практической целью – создания устройств, которые бы опознавали устную речь с такой же надежностью, как человек. Однако, несмотря на продолжительные попытки внедрить известные теории в практику, указанные устройства в широком обиходе появиться так и не смогли. Это говорит о слабой дееспособности непсихологических теорий, об актуальности создания теорий восприятия речи психологического типа.

В связи с указанными обстоятельствами в настоящее время является актуальной разработка психологической концепции моторной теории восприятия речи на основе изучения механизма константности восприятия речевого сигнала у человека.

**Связь работы с крупными научными программами.** Диссертационная работа выполнялась в лаборатории распознавания и синтеза речи Института технической кибернетики НАН Беларуси в рамках республиканской научно-технической программы 69.04.Р "Разработать методы и технические средства для медицинской и социально-трудовой реабилитации больных и инвалидов на 1991-1995 годы" (государственный договор № 1392 от 29 мая 1992 года), республиканской программы фундаментальных исследований "Разработка проблем моделирования

интеллектуальных процессов” в 1996 году (государственная тема “Создание интеллектуальных аудиоречевых систем для диалоговой работы с компьютером слепого человека”), республиканской научно-технической программы “Бытовая электроника” в 1997 - 1999 годах (подпрограмма “Компьютеризация населения”, государственный договор № 221/2 от 2 ноября 1998 года по заданию 2.4. “Разработать и внедрить пакет программ для компьютерного класса школы слепых”). Исследования по указанным темам проводились при непосредственном участии автора и отражены в соответствующих научно-технических отчётах.

**Цель исследования:**

Разработать психологическую концепцию моторной теории восприятия речи, основываясь на изучении механизма константности восприятия речевого сигнала человеком.

**Задачи исследования:**

1. Исследовать механизм перцептивных действий у человека при приёме информации о вариативности воспринимаемого объекта.
2. Изучить вариативные свойства речевого сигнала и выявить в нём характеристики целостности и предметности его восприятия.
3. Исследовать механизм константности восприятия вариативного объекта и составить модель функционирования у человека данного механизма.
4. Выявить психологический механизм перцептивных действий при восприятии человеком речевых сигналов.
5. Изучить психологические свойства детской лепетной речи и речепроизводство первых слов и слогов ребёнка.
6. Разработать психологическую концепцию восприятия речевого сигнала человеком на основе созданной модели константности восприятия объекта с вариативной формой и полученных психологических данных о свойствах детской речи.

**Объект исследования:** психологический механизм восприятия речи человеком.

Формирование указанного механизма происходит в ранний период речевого развития ребенка и характеризуется появлением у взрослого такого психологического свойства как константность восприятия речевого сигнала.

**Предмет исследования:** механизм константности восприятия речевого сигнала человеком.

Изучение этого механизма велось путём исследования детской речи, речи взрослых и обучаемой имитационной модели. В ней имитировались структура фонематического слуха, выявленная у взрослых, и механизм самообучения, выявленный у ребёнка.

**Гипотеза исследования.** Константность восприятия речевого сигнала обеспечивается функционированием в слуховой системе человека

психологического механизма, включающего в себя перцептивные действия, с помощью которых в воспринимаемом речевом сигнале слуховая система декодирует информацию о вариативности его произнесения.

Согласно гипотезе, механизм константности восприятия речевого сигнала реализуется путём накопления в перцептивной системе информации не только об акустическом сигнале речевой единицы, но и о степенях свободы артикуляционной системы, воспроизводящей этот сигнал. Константность восприятия обеспечивается тем, что информация о вариативности произнесения речевых единиц используется при их распознавании для подгонок воспринимаемого сигнала под эталон.

**Методологической основой исследования** явился предложенный Е.Н.Соколовым (МГУ) полидисциплинарный дедуктивный исследовательский принцип. Его особенность состоит в итерационном наращивании знаний об исследуемом психическом явлении, поочередно интерпретируя его с позиций не одной, а нескольких наук.

**Методы исследования.** В работе были использованы метод *психологического эксперимента* и метод *имитационного моделирования* на ЭВМ.

Надежность и достоверность результатов проведенных экспериментальных исследований базируется на применении таких надёжных методик психологического исследования как многомерного шкалирования экспериментальных данных и имитационного компьютерного моделирования.

База и этапы исследования. Исследование выполнялось на протяжении более 25 лет поочередно в разных по научному профилю коллективах ученых: вначале на кафедре психологии речи в МГПИИЯ в Минске и в аспирантуре по психологии в МГУ, затем в лаборатории экспериментальной фонетики Института языкознания АН БССР, где велось изучение детской речи. Более 10-ти последних лет исследование проводилось в Институте технической кибернетики НАН Беларуси в лаборатории распознавания и синтеза речи.

**Научная новизна и теоретическая значимость полученных результатов** заключается в следующем:

1. Предложена психологическая концепция моторной теории восприятия речи. Концепция основывается на том, что в речевом сигнале вследствие его вариативности не существует инвариантных признаков. Они восстанавливаются в нём лишь после его нормализации в перцептивной системе воспринимающего. Согласно концепции, на ранних стадиях онтогенеза в слухоречевую систему человека поступают сведения о способах искажения и нормализации речевого сигнала. Концепцию отличает положение о том, что в слуховой системе формируются не только эталоны звучания речевых единиц, но и слуховая модель той моторной системы,

которая воспроизводит эти единицы. Благодаря этому сенсорика слушающего способна моделировать возможные отклонения в работе моторики говорящего и осуществлять нормализацию, т.е. подгонку входного сигнала под эталон.

2. Раскрыт механизм формирования константности восприятия речевого сигнала у ребёнка и его функционирования у взрослого. Выявлено, что константность восприятия формируется в ходе накопления в слуховой системе ребёнка сведений не только о звучании речевой единицы, но и о степенях свободы артикуляционной системы, воспроизводящей её. Константность восприятия обеспечивается тем, что сведения о вариативности произнесения речевых единиц используются при их распознавании для подгонок воспринимаемого сигнала под эталон.

3. Выявлены перцептивные действия нового вида. По функции они относятся к гностическим, так как совершаются при формировании психического образа воспринимаемого объекта. По механизму они имеют сходство с викарными перцептивными действиями, ибо совершаются не с самим объектом, а с его психическим отображением. Первое отличие нового вида перцептивных действий от уже известных состоит в следующем. Они совершаются не над самим объектом и не над его сенсорным образом в анализаторе, а над его "биологической" копией, воспроизведенной животным или человеком, т.е. над моторным описанием воспринимаемого объекта. Такой вид перцептивных действий априори может иметь место при формировании перцептивных образов узкого круга воспринимаемых явлений типа жестов, поз, мимики, пантомимики, письменной и устной речи. Они априори невозможны в случае восприятия явлений, в отношении которых у субъекта восприятия нет соответствующей моторной системы для подражания, способной воспроизводить, т.е. копировать то явление, которое подлежит восприятию. Второе отличие выявленных перцептивных действий заключается в том, что они привносят в психический образ объекта информацию не о форме его существования, а лишь о вариативности формы, т.е. степенях её свободы.

4. Дано новое объяснение функции лепета в развитии речи ребенка, появлению в лепете итераций слогов типа "ба-ба", "ма-ма". Существует классическое представление о лепете как периоде игровой разминки речемоторной системы. В дополнение к указанной функции лепета выявлена ещё одна, вследствие которой он сохранился в филогенезе речи человека. В соответствии с ней лепет является специфической разновидностью перцептивных действий человека. Эти действия иницируются слуховой системой ребёнка и совершаются в его речемоторной системе с целью получения сведений о степенях свободы последней. Итерации слогов типа "ва-ва" лепетной речи ребенка являются элементарными движениями, рассчитанными на возмущение в моторике той или иной степени её свободы.

Подобные итерации из своего лепета ребёнок воспринимает и анализирует слуховой системой и накапливает в ней сведения о степенях свободы моторной системы.

5. Разработана и воспроизведена на нейрокompьютере модель константности восприятия объекта, вариативного по форме. Модель содержит алгоритм формирования в воспринимающей системе трёх баз данных об объекте и алгоритм использования этих данных при распознавании. Модель отличается тем, что механизм константности восприятия речевого сигнала объясняется в ней накоплением в слуховой системе человека информации не только об акустическом сигнале речевой единицы, но и о артикуляторной системе, которая производит этот сигнал. При распознавании речевой единицы анализатор модификаций в данной модели становится синтезатором подгонок воспринимаемого сигнала под эталон.

**Практическая значимость работы.** В диссертации предложен конструктивный для психологии восприятия метод формирования перцептивных признаков. Известно много исследований методов выбора признаков человеком при зрительном распознавании и слуховом восприятии. Вместе с тем в указанных исследованиях анализируется выявление человеком в распознаваемом объекте инвариантных признаков его формы, которых в принципе может и не существовать. В данной работе предложен метод выделения признаков объекта на основании его динамики. Используя информацию о непостоянстве воспринимаемого объекта, человек осуществляет членение его на части и группировку частей в целое, т.е. выделяет структурные признаки изучаемого объекта. При внедрении подобных методов распознающие устройства и очувствлённые роботы могут стать самообучающимися, что весьма существенно.

Знание механизмов восприятия речи является полезным для разработки новых методов обучения детей и взрослых речевому общению, развития фонематического слуха ребёнка, коррекционной педагогики.

При разработке систем распознавания речи становятся полезными и приемлемыми для внедрения такие психологические теории, которые в значительной степени формализованы. Для рассматриваемой концепции восприятия речи построена математическая модель, позволяющая испытать предложенные алгоритмы обучения и распознавания в экспериментах на ЭВМ с натуральной речью, внедрить эти алгоритмы в устройства автоматического распознавания речи. Внедрение предложенных алгоритмов не связано с большими трудностями и выражается в добавлении к имеющимся эталонам информации о их искажениях, в добавлении специального алгоритма нормализации входного сигнала.

В связи с разработкой интеллектуальных роботов становится актуальной проблема построения самообучающихся технических систем,

способных к классификации и обобщению, проблема создания для роботов «органов» восприятия и познания внешнего мира. В данной работе рассмотрены пути модернизации перцептрона Розенблатта, показана необходимость в нем дополнительного блока нормализации входного сигнала и подгонки его под эталон, необходимость специальной процедуры обучения этого блока. Описываются алгоритмы, по которым перцептрон на этапе самообучения должен изучать динамику объекта, а затем на этапе распознавания синтезировать её.

### **Основные положения диссертации, выносимые на защиту.**

Общее положение: Психологическая концепция моторной теории восприятия речи строится на основании изучения механизма константности восприятия речевого сигнала у человека и базируется на новых положениях из области *психологии восприятия* - о свойствах перцептивных действий и механизме константности восприятия, и положениях из области *психологии речи* - о свойствах лепетной речи ребёнка и механизме формирования у него слухового образа речевой единицы.

1. Слуховая система человека располагает механизмом перцептивных действий, который позволяет декодировать в речевом сигнале информацию о вариациях произнесения речевых единиц. Это особый вид перцептивных действий человека, в форме которых реализуется активность его как субъекта восприятия по отношению к воспринимаемому объекту – речевому сигналу. *Первое* их отличие от уже известных видов состоит в том, что они совершаются не над самим речевым сигналом, а над моторным его образом, т.е. речевой копией сигнала, воспроизведённой слушающим путём подражания говорящему. *Второе* отличие этих перцептивных действий заключается в том, что в психический образ воспринимаемого объекта они приносят сведения не о форме его существования, а сугубо о вариативности формы. (Свойство субъекта восприятия).

2. Речевой сигнал является вариативным объектом восприятия и отличается тем свойством, что содержит информацию не только о форме звучания речевых единиц, но и о модификациях их звучания. При формировании звукового образа речевой единицы слушающий воспринимает эту дополнительную информацию. На её основе достигается структурность и предметность восприятия речевого сигнала. Информация о вариациях звучания речевой единицы может быть декодирована лишь после прослушивания двукратного произнесения речевой единицы, а не одиночных её произнесений. (Свойство объекта восприятия).

3. Механизм константности восприятия речевого сигнала человеком представляется моделью, описывающей, во-первых, механизм восприятия ребёнком сведений о звучании речевой единицы и видах его вариаций и, во-вторых, механизм использования этих сведений при распознавании речевых единиц. Функционально механизм константности реализуется путём

накопления в перцептивной системе слушающего информации не только о самом речевом сигнале, но и о степенях свободы артикуляционной системы говорящего, произносящего данный сигнал. На базе этой дополнительной информации в перцептивной системе у слушающего формируется самостоятельная система различительных признаков речевых единиц. При распознавании речи механизм анализа вариаций речевого сигнала становится механизмом его нормализации, обеспечивая, тем самым, константность восприятия речевых единиц. (Механизм константности восприятия).

4. С помощью перцептивными действиям ребёнок совершает модификацию артикуляционной программы речевой единицы в своей памяти, произносит её дважды, и соответственно воспринимает две её акустические реализации. Функцию таких перцептивных действий у ребёнка выполняет его лепетная речь. Эти действия инициируются слуховой системой ребенка и совершаются в его собственной речемоторной системе с целью получения информации о степенях свободы последней у взрослых. (Свойство субъекта восприятия).

5. Ребёнок усваивает информацию о вариантах звучания речевой единицы на ранних стадиях формирования её слухового образа. Эту информацию он получает из собственной лепетной речи, а не из речи взрослых. Информация о возможных модификациях звучания слога поступает в слуховую систему ребёнка из речемоторной системы в период лепета. Голосовой реализацией таких модификаций в лепете являются итерационные диады слогов типа *ба-ба, ма-ма*. Они воспринимаются ребёнком в ходе прослушивания собственной лепетной речи и анализируются парами. (Свойство объекта восприятия).

6. Психологическая концепция восприятия речевого сигнала отличается от моторной теории выявленным у ребёнка механизмом приёма речевой информации, через который формируется константность восприятия речевого сигнала у взрослого. Это отличие заключается в следующих положениях: анализ вариаций сигнала и синтез его подгонок совершается у человека в слухоречевой системе, а не в речемоторной; передача в сенсорику ребёнка информации о его моторике завершается в детстве, поэтому у взрослого восприятие речи происходит в сенсорику без участия моторики; константность восприятия речи достигается у взрослого за счёт подгонки речевого сигнала под эталон, а не наоборот. (Механизм константности восприятия).

**Личный вклад соискателя.** Изложенные в диссертации теоретические результаты и экспериментальные данные получены автором лично. Им самостоятельно проведено исследование детской лепетной речи, выполнен анализ данных по методике многомерного шкалирования, написаны компьютерные программы при создании имитационной модели.



**Апробация результатов исследования.** Основные результаты диссертации докладывались на Всесоюзных конференциях "АРСО" по автоматическому распознаванию и синтезу речи в Ереване (1980г.), Киеве (1982г.), Одессе (1984 г.) и Каунасе (1986г), на VI и VII Всесоюзных съездах психологов (1983 г. и 1989г.), на VI Всесоюзной конференции по инженерной психологии (1984 г., Ленинград), на XI (1987г., Таллин), XII (1991г., Прованс, Франция), XIII (1995г., Стокгольм, Швеция) Международных конгрессах фонетических наук, на VI Международной конференции "Распознавание образов и информационные процессы" (1997г, Минск), на XV Всемирном компьютерном конгрессе IFIP (1998г., Вена, Австрия).

Результаты исследования сообщались в виде докладов на научном семинаре филологического факультета Московского государственного университета (1992 год, руководитель семинара проф. О.Ф. Кривнова), на научном семинаре Института психологии РАН (Москва, 1993 г, руководитель семинара проф. А.А. Митькин), на заседании лаборатории психологии речи и психолингвистики Института психологии РАН (Москва, 1998 г., зав. лаб. чл. корр. РАО проф. Т.Н. Ушакова), на Научном совете "Информационные технологии и системы" в ИТК НАН Беларуси (Минск, 1999 г.), на заседании Учёного совета ИТК НАН Беларуси (Минск, 2000 г.), на заседании кафедры психологии управления Академии управления при Президенте Республики Беларусь (Минск, 2001г.), на симпозиуме "Детская речь: природа и закономерности развития" при Институте Психологии РАН (Звенигород, 2001 г., чл. корр. РАО проф. Т.Н. Ушакова).

По материалам проведенного исследования получены два авторских свидетельства. Отдельные положения разработанной концепции позволили создать прибор для измерения темпа речи, который явился в 1985 г. экспонатом "Выставки достижений народного хозяйства СССР".

**Публикация результатов исследования.** По материалам диссертации опубликовано 38 печатных работы, в том числе одна монография, 25 статей, 9 тезисов, 2 авторских свидетельства, 1 депонированная работа, в которых достаточно полно отражены результаты исследования. Объём публикаций составляет более 400 страниц, публикаций без соавторов - 31.

**Структура и объём диссертации.** Диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, восьми глав, заключения, списка использованных источников. Общий объём диссертации составляет 150 стр., включая 12 таблиц и 15 рисунков, список использованных источников (202 наименования, из них 36 на иностранном языке) - 12 стр.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

**Первая** глава диссертации «Механизмы восприятия речи человеком» посвящена обзору теоретических работ психологического, физиологического и лингвистического профиля о механизмах восприятия речи. В данной главе в русле обсуждения методологии исследования очерчивается необходимость привлечения *психологической* базы знаний для раскрытия механизмов *константности* восприятия речи человеком. Показано, что понятие константности применимо к восприятию устноречевых сигналов человеком, хотя проблема восприятия речи гораздо шире проблемы константности восприятия.

В общей психологии восприятие речи рассматривается как один из четырёх видов речевой деятельности человека: слушанья, говорения, чтения и письма (Н.И.Жинкин, Т.П.Ушакова, Б.А.Бенедиктов). Все они в свою очередь связаны с иными психическими процессами человека. Принято считать, что главная функция становления речи у ребёнка, это организация коммуникации со взрослым (А.А.Леонтьев). Однако исследования по детской речи последних лет говорят о том, что научение ребёнка слушанью и говорению обслуживает не только задачу научения коммуникации, но и научения константности восприятия звукового сигнала слова, столь вариативного в реальной устной коммуникации.

В настоящее время известен ряд теорий, объясняющих механизм восприятия речи человеком (Л.А.Чистович, А.Либерман, Н.А.Гарбузов Г.Фант, В.И. Бельтюков, Р.Якобсон). Однако эти теории не используют понятие константности восприятия, равно как и иные психологические знания. Тем не менее, они пытаются объяснить феномен константности восприятия речи.

Речевая единица опознается благодаря наличию в слуховой системе человека её звукового образа. Образ речевой единицы - это совокупность её описаний в анализаторной системе на разных уровнях отображения, начиная с отображения на уровне улитки в виде первичного описания и кончая уровнем, где для её описания имеется отдельный детектор. При поступлении на вход слуховой системы акустического сигнала происходит актуализация образа соответствующей речевой единицы, при этом в нем актуализируются все уровни её описания. После актуализации образов составных единиц услышанного сообщения начинается морфологический и синтаксический анализ его в целом. В итоге, появляется лингвистическое описание сообщения и происходит понимание его смысла. Таким образом, процесс *восприятия* речевого сигнала в слуховой системе представляется цепью преобразований воспринятого сигнала сначала в первичное описание слуховых ощущений, затем в ряд фонетических описаний разного уровня. *Воспроизведение* речевой единицы осуществляется по её моторному образу.

т.е. по совокупности её описаний, сформированных в речемоторной системе говорящего.

Среди теорий восприятия речи наиболее широкую известность в настоящее время получила *моторная* теория (Л.А.Чистович, А. Либерман). В соответствии с ней опознавание речевых единиц осуществляется человеком на основе их моторных признаков, а не акустических. Предполагается, что слуховая система не может справиться с задачей дифференциации и опознавания речевых единиц без помощи речемоторной системы. Поэтому слушатель при восприятии акустического сигнала определяет не только его слуховое описание, но и стремится найти моторные команды, необходимые для произнесения сигнала, подобного услышанному. В итоге слуховое описание речевого сигнала отображается в комплекс моторных команд. После определения таких команд дальнейшее опознавание поступившего сигнала ведется не по слуховому, а по моторному его описанию. В речевоспроизводящей системе содержатся моторные эталоны речевых единиц. Моторное описание сравнивается с эталоном, после чего принимается решение о его фонемной принадлежности. Отображение входного сигнала в моторные команды отнюдь не означает, что последние реализуются с артикуляционными движениями. Эти команды могут существовать в виде нервных сигналов и не достигать органов артикуляции.

Наряду с моторной теорией известны иные теории восприятия речи, такие как сенсорная (Г.Фанг, В.И. Бельтюков, Р.Якобсон), анализа через синтез (М. Халлс, К. Стивенс), зонная теория (Н.А. Гарбузов).

Сенсорная теория получила также название акустической или теории дифференциальных признаков. Согласно ей, восприятие устной речи осуществляется сугубо на основе акустических признаков речевых единиц, без информации об артикуляторных признаках. Считается, что в восприятии речевой единицы главную роль играет слуховой образ, роль же моторных компонентов признается факультативной. Сенсорная теория предполагает, что акустические варианты фонемы имеют общие инвариантные признаки, а сама фонема в слуховом её образе представлена "пучком" таких дифференциальных признаков. По распознанному в речевом сигнале набору таких признаков выносится решение о фонемной принадлежности воспринимаемых квазистационарных участков.

В адрес моторной теории имеются следующие критические замечания. Во-первых, ребенок, как известно, научается воспринимать слова и понимать устную речь значительно раньше, чем начинает говорить. В соответствии с моторной теорией такое явление невозможно. Во-вторых, в соответствии с ней моторные команды, отражающие речевые единицы, должны отличаться малой вариативностью. Однако это допущение не подтверждается при его экспериментальной проверке. Был проведён ряд исследований

вариативности артикуляционных характеристик звуков с помощью рентгенографии, палатографии, лингвографии. Они показали, что речевые движения у человека отличаются высокой вариативностью и сильно зависят от условий исполнения движения.

Имеются возражения и против сенсорной теории. Во-первых, она предполагает, что для речевых единиц на акустическом уровне существуют инвариантные признаки. Однако экспериментальные исследования в области фонетики и автоматического распознавания речи пока не дали положительных результатов в поиске таких признаков. Во-вторых, согласно сенсорной теории, в речевом потоке отдельным звукам соответствуют квазистационарные участки. Вместе с тем, исследования показали, что квазистационарные участки занимают только треть времени в общей протяженности речевого сигнала. А такие звуки, как взрывные, вообще не имеют квазистационарных участков. Существование у фонемы на акустическом уровне инвариантных характеристик маловероятно еще и потому, что ее акустический сигнал в речевом потоке сильно варьирует и зависит от окружения других фонем и позиции ее в слове.

Вопрос о том, какая из теорий является более правильной, важен для многих областей речевой практики. Он важен для специалистов в области детской речи, для психологов, сурдопедагогов, логопедов, фонетистов. И моторная, и сенсорная теория успешно объясняют ряд речевых феноменов. При всём этом они обе не содержат в себе психологических знаний. Отличительная их черта состоит в том, что вариативность речевого сигнала, согласно данным теориям, является отрицательным фактором. Считается, что он мешает успешности восприятия речи. Поэтому слушающий не совершает запоминания вариативности как явления.

В противовес моторной, сенсорной и другим физиологическим теориям восприятия речи существует другая крайняя точка зрения, согласно которой механизм восприятия речевых сигналов у человека можно понять, изучая лишь сам сигнал без изучения его приёмника и передатчика. На такой позиции стоят исследователи, занимающиеся математическим моделированием речевого сигнала для его вокодерной передачи и распознавания (И.Г. Загоруйко, Б.М. Лобанов). Ими создано много моделей обработки речевого сигнала, таких как клиппирование, динамическое программирование, линейное предсказание, скрытые Марковские процессы. Однако эти модели не прибавили знаний о механизмах обработки речи человеком, о системе перцептивных признаков, которыми представлены у него слухоречевые эталоны.

Таким образом, по оценкам многих исследователей, речевой сигнал является объектом восприятия с чрезвычайно вариативной формой. Вероятно, поэтому интерес к поиску инвариантных признаков в речевом сигнале в последние годы ослаб. Сформировалось ошибочное мнение о том,

что информативность речевого сигнала на акустическом уровне в существующих моделях полностью учтена. Распространена та точка зрения, что системы автоматического распознавания речи должны больше учитывать различного рода лингвистическую и семантическую информацию о распознаваемом сообщении. Очевидно, использование такой информации в какой-то степени может повысить надежность распознавания. Однако, с нашей точки зрения, эта надежность может быть также существенно повышена за счет построения *психологической* модели компенсаторных механизмов, выполняющих в слуховой системе человека нормализацию акустического сигнала. Поэтому применение в настоящее время психологических теорий, объясняющих механизм *константности* восприятия речи, весьма актуально.

Как известно, человек надежно воспринимает не только эталонные, но и искаженные речевые сигналы, предъявленные в шумах, слитную речь любого диктора. В то же время распознающие устройства удовлетворительно работают сегодня лишь при "восприятии" типовых речевых сообщений, идеально произнесённых речевых команд. Вопреки ожиданиям инженеров техническое совершенствование распознающих устройств перестало увеличивать их надежность распознавания. Сегодня мы продолжаем наблюдать тщетность попыток учёных сделать компьютер распознающим слитную речь, речь любого диктора. Подобное обстоятельство является подтверждением того, что психологические механизмы *константности* восприятия изучены у человека недостаточно.

Наряду с понятием *константности восприятия* психология как наука оперирует также понятием *перцептивного действия* (А.В.Запорожец, В.П.Зинченко, Б.Ф. Ломов), которое, подобно первому, отсутствует в других науках. Под перцептивными действиями понимаются, например, движения руки или глаза, совершаемые с целью изучения предмета для формирования его образа или распознавания этого предмета. Посредством введения понятия перцептивного действия в психологии отстает мысль об активности *субъекта* восприятия по отношению к воспринимаемому объекту.

Психологами проведено большое число исследований перцептивных действий разного рода, однако все они касаются случаев зрительного или осязательного восприятия и не касаются применения понятия перцептивного действия к восприятию речевых сигналов. Предложенная концепция восприятия речевого сигнала показывает "завуалированный" вид реализации перцептивного действия в слухоречевой системе и объясняет на языке теории информации суть такого психологического феномена как перцептивное действие, его роль "дешифратора" ещё одного вида информации об изучаемом предмете (до сих пор не учитываемой в

непсихологических моделях), а именно, информации о нестабильности его формы.

Для дальнейшего изучения восприятия речи в первой главе предлагается *дедуктивный* принцип исследования механизмов восприятия (Е.Н.Соколов) в противоположность распространённым индуктивным принципам. Согласно ему первостепенным шагом на пути создания общей концепции восприятия речи должно стать создание правильной информационной концепции обработки речевого сигнала человеком. В её основу предлагается положить известную *сферическую* модель восприятия Е. П. Соколова и понятие *перцептивного действия*.

**Вторая** глава диссертации «Информационная модель константности восприятия» посвящена рассмотрению процесса восприятия речевого сигнала с позиций кибернетики. При этом, как отмечалось, ставилась задача построить более полную схему информационной обработки речевого сигнала человеком. В итоге разработана и предложена общая модель константности восприятия. Рассматривается случай объектов восприятия типа речевого сигнала, которые отличаются вариативностью своей формы.

В главе формулируется вывод о том, что в реальной биологической перцептивной системе имеются три физические ограничения-причины, которые делают принципиально невозможной непрерывную регистрацию воспринимаемого объекта. Первой причиной является инерционность работы рецепторов в биологических анализаторах. Вторая причина, порождающая дискретность регистрации объектов, возникает, когда объекты восприятия сами дают описание своего состояния в виде сигнала, разворачивающегося во времени. Например, моторная программа артикуляции слова, хранящаяся в памяти человека, даёт развёрнутое во времени описание своего состояния при акустическом воспроизведении слова. В итоге новый запуск артикуляторной программы слова может начаться лишь после окончания предыдущего ее запуска. Третья причина возникает, если в перцептивной системе ограничен размер памяти, в которой накапливается информация о текущем состоянии воспринимаемого объекта. В этом случае частое сканирование рецепторами состояний объекта неизбежно приведет к быстрому переполнению памяти перцептивной системы.

Вследствие указанных трёх причин в перцептивной системе человека информация о состоянии воспринимаемого объекта отбирается от него и поступает на вход рецепторов не непрерывно, а дискретно во времени. В главе доказываемся, что по указанным причинам объект восприятия, если он вариативен, выступает по отношению к перцептивной системе источником не одной, а двух случайных величин. Второй величиной является вид трансформации, которую избирает объект восприятия при переходе из

одного состояния в другое. Чем больший у объекта выбор траекторий для трансформации своей формы, тем большую неопределенность для перцептивной системы представляет динамика объекта, тем больше дополнительной информации может быть получено, если эта динамика будет изучена. Показано, что переменная величина, отражающая динамику воспринимаемого объекта, может быть представлена векторной величиной  $Y$ . Для нахождения текущего её значения необходимо знать две скалярные величины  $X_t$  и  $X_{t+\Delta t}$ , описывающие форму воспринимаемого объекта строго до и после перцептивного воздействия на него. Делается вывод, что вычисление величины  $Y$  по обычной обучающей выборке, состоящей из одинарных реализаций, принципиально невозможно. Реально возможен только искусственный способ, позволяющий получить обучающую выборку, состоящую из пар реализаций и необходимую для вычисления величины  $Y$ . Он выражается в переходе субъекта восприятия в режим активного воздействия на воспринимаемый объект и синхронного измерения его состояний в момент начала и момент прекращения каждого нового перцептивного воздействия.

Таким образом, в главе делается *первый* вывод о том, что для изучения объекта с вариативной формой необходимы *перцептивные* воздействия на него. Теоретически доказывается, что для формирования у субъекта восприятия динамического образа воспринимаемого объекта, если последнему присуща значительная вариативность, необходимо наличие трех перцептивных условий:

- субъект восприятия должен иметь механизм активного воздействия на объект, т.е. быть способным совершать перцептивные воздействия;
- такие воздействия должны быть однокоординатными и быстротечными и порождать скачок в состоянии объекта восприятия;
- субъект восприятия должен иметь механизм приема описаний объекта в моменты до и после воздействия на него.

Согласно предлагаемой модели в процессе изучения объекта и законов его трансформации перцептивная система накапливает о нём в своей памяти информацию в виде трёх модальностей: а) в виде сведений о топологической структуре частей, из которых состоит объект, б) в виде сведений о форме воспринимаемого объекта, в) сведений о динамике объекта и выявленных его частей. С учётом этого, в главе делается *второй* вывод о том, что изучение формы и динамики объекта целесообразно проводить в три этапа по следующей схеме.

На **первом этапе** объект изучается для получения сведений о его форме при естественных условиях, однако, в период, когда возмущающие воздействия на него минимальны. Объект предъявляется на вход перцептивной системы, последняя производит измерение его состояния. На

**втором этапе** объект восприятия изучается для получения информации о его динамике. Для этого на объект наносятся всевозможные воздействия, возмущающие его состояния. На этот раз измерение объекта производится не в случайные моменты, а строго до и после очередного на него воздействия. При этом имеется "учитель", который дозирует число одновременно действующих факторов, доводя его до одного, и управляет моментами начала и конца воздействия, синхронизируя их с моментами измерения. Наконец, на **третьем этапе** объект изучается для выявления частоты его появления на входе перцептивной системы. При этом множество объектов изучаются в естественных условиях существования без искажения обычной их динамики и блокировки внешних возмущающих факторов.

Названные три этапа образуют процедуру изучения объекта и формирования его психического образа. Только после такой многоэтапной процедуры субъект восприятия становится способным постоянно опознавать новые неизвестные реализации объекта. В итоге в главе делается **третий** вывод о том, что для вычисления перцептивного сходства неизвестной реализации объекта с его образом используются субъектом восприятия не два, а три рода статистической информации: о форме объекта, о его динамике и о частотности объекта. Особым видом информации в таком расчёте является информация о динамике объекта. С её использованием оценка сходства неизвестной реализации с психическим эталоном задается не только метрикой сходства их формы, но и метрикой "трансформируемости" в реальной жизни реализации в эталон.

В **третьей** главе диссертации «Особый вид перцептивных действий» обсуждается теоретическая возможность существования нового вида перцептивных действий, характерного не для зрительной, а для слухоречевой системы человека. На основании анализа показано, что уже выявленные у животных и человека виды гностических перцептивных действий "укладываются" в три разные схемы психологической их реализации. Первая схема соответствует простому случаю, когда перцептивная система не имеет вспомогательной моторной системы для воздействия на воспринимаемый объект. В этом случае феномен скачка объекта относительно рецепторного поля анализатора достигается косвенно. Перемещение-скачок в пространстве совершает не объект восприятия, а поле рецепторов анализатора. Перцептивное действие возмущает состояние не объекта, а анализатора. Особенность перцептивного действия, реализованного по первой схеме, состоит в том, что оно обеспечивает "снятие" с объекта информации только о его форме, но не о её изменчивости.

Вторая схема соответствует случаю, когда у перцептивной системы имеется возможность производить воздействия на изучаемый объект. Например, это случай, когда ребенок меняет рукой форму игрушки и её



положение относительно сетчатки своего глаза. Воздействия на объект совершаются реально. При этом возможно изучение нестабильности формы объекта и самой формы. Третьей схеме реализации перцептивного действия соответствует случай так называемых викарных действий. Под ними понимают особый вид действий, которые совершаются в зрительной системе не над самим воспринятым объектом, а над его следом на сетчатке глаза. Третья схема имеет сходство с первой, так как в обоих случаях перцептивное воздействие возмущает состояние не самого объекта восприятия, а анализатора. Как в первой, так и в третьей схеме реальных воздействий на объект не совершается. Поэтому информацию о нестабильности формы объекта с помощью этих перцептивных действий получить нельзя. Они позволяют изучать лишь форму объектов и относительную их частотность.

Три вышеназванные схемы психологической реализации перцептивных действий отражают степени доступности для субъекта восприятия того объекта, который он изучает. Степень доступности объекта обычно означает степень его удаленности от субъекта восприятия и, соответственно, степень возможности последнего "сканировать" форму и динамику воспринимаемого объекта. Первая схема представляет случай, когда субъекту объект недоступен для воздействия, но доступен для зрительного и тактильного сканирования его формы. Восприятие формы объекта в этом случае оказывается возможным, но восприятие динамики формы невозможно. Вторая схема представляет случай, когда объект доступен субъекту для перцептивных воздействий. Воздействия совершаются реально и позволяют изучать как форму объекта, так и его динамику. Это наиболее информативный случай изучения объекта. Третья схема викарных действий представляет собой разновидность первого случая.

Из проведённого анализа следует, что у высших живых и человека априори может существовать ещё одна, четвёртая схема психологической реализации перцептивных действий и названных феноменов. Теоретически возможна схема, когда перцептивные действия совершаются не над самим объектом восприятия, не над его сенсорным образом, а над биологической копией объекта, воспроизведенной субъектом восприятия в виде моторного описания воспринимаемого объекта. Соответственно и скачки в состоянии объекта в этой схеме реализуются не на нём самом, а воспроизводятся на его модели, сформированной в моторике субъекта.

В главе показано, что четвёртая схема реализации перцептивных действий репрезентируется схемой формирования у ребенка *звукового образа* слова. Объектом восприятия по этой схеме для ребенка выступает программа артикуляции слова, запечатленная в моторной памяти взрослого. Вначале ребенок получает информацию о звучании слова, воспринимая его акустические реализации, произносимые взрослым. Моторная программа

артикуляции слова, хранящаяся в памяти говорящего, недоступна ребенку для воздействий на неё. Однако, научившись узнавать слово на слух, ребенок постепенно выучивается его произносить сам. Для этого у него имеется артикуляторный аппарат, изоморфный по строению с аналогичным у взрослого. В ходе этого обучения у ребенка формируется *моторная* программа произношения слов. Вследствие изоморфности строения артикуляторного аппарата структура программы одной и той же речевой единицы у ребенка и взрослого оказывается одинаковой. Поэтому артикуляторные неточности у взрослого ребенок может моделировать, воспроизводя их в собственной программе той же речевой единицы. Для моделирования неточностей ребенок совершает плановые элементарные отклонения поочередно в разных звеньях указанной программы. Далее он воспринимает на слух одну за другой такие реализации слова и запечатляет в сенсорике сведения о свойственных программе трансформациях, происходящих в моторике. Таким образом ребенок имитирует в своей собственной речевоспроизводящей системе возможные неточности речепроизводства у взрослого.

Для реализации такого особого вида перцептивных действий анализаторная система обязательно должна иметь в придачу систему синтеза тех сигналов, на восприятие которых она рассчитана. Поэтому такой вид перцептивных действий априори может иметь место при формировании психических образов узкого круга воспринимаемых явлений типа жестов, поз, мимики, пантомимики животных и человека, письменной и устной речи последнего. Этот вид перцептивных действий априори невозможен в случае восприятия тех явлений, в отношении которых у субъекта восприятия нет соответствующей моторной системы для подражания, способной воспроизводить, копировать тот объект или явление, которое подлежит восприятию.

У таких перцептивных действий имеется второе отличие. Они привносят в психический образ объекта информацию не о его форме, а о вариативности формы, т.е. степенях её свободы. Поэтому данный вид перцептивных действий по срокам в онтогенезе реализуется лишь после того, как в анализаторной системе субъекта накапливается информация о форме воспринимаемого объекта.

В работе отмечается, что по аналогичному принципу, описанному для слухоречевого восприятия, у человека может формироваться восприятие мимики и пантомимики окружающих людей, коммуникативных и выразительных жестов другого человека. С позиции рассмотренной схемы любое подражание, которое совершает в действиях один человек (ученик) по отношению к другому (учителю), сопровождается формированием у ученика

умения не только подражать явлению, но и моделировать его неточности, чтобы константно его воспринимать.

**Четвёртая** глава диссертации «Психологическая концепция моторной теории восприятия речевого сигнала» посвящена изложению новой концепции восприятия речи и обсуждению путей её проверки.

Вначале даётся уточнение понятию объекта слухового восприятия. Из уточнения следует, что для слушающего объектом восприятия выступает не сам по себе сигнал, а программа речевой единицы, хранящаяся в речемоторной памяти говорящего. Такие программы артикуляции запускаются говорящим в нужные моменты проговаривания речевой единицы с разной временной и динамической разверткой в зависимости от синтаксических, просодических или иных факторов, которые определяют организацию речевого высказывания. Поэтому существует большое разнообразие вариантов исполнения программы речевой единицы. В итоге на акустическом уровне её речевой сигнал может подвергаться многообразным модификациям.

При распознавании речевого сигнала слушатель занят, строго говоря, опознанием не самого сигнала, а выяснением, какую из программ воспроизвел говорящий. Ребенок, слушая речь взрослых, воспринимает акустические сигналы одиночных реализаций речевой единицы. Они не могут содержать сведений о возможных модификациях её программы. Анализируя одиночные реализации, можно выявлять границы модификации сигнала, но направления модификации выявить невозможно. Поэтому речь взрослых не может служить для ребенка источником информации о модификациях речевых единиц.

Согласно предлагаемой концепции ребенок получает из речи взрослых сведения только о форме акустического сигнала усваиваемой речевой единицы, а сведения о возможных вариациях её речепроизводства у взрослых ребенок получает, имитируя их в собственной речевоспроизводящей системе.

Далее, в главе описан механизм константности восприятия речевого сигнала. Показано, что он обеспечивается благодаря наличию в слухоречевой системе человека специального вида перцептивных действий, с помощью которых ребёнок декодирует в акустическом сигнале информацию о вариативности произнесения речевых единиц. Ребёнок накапливает эту информацию в период обучения, а позже, при опознавании речевых единиц использует её для подгонок стимула под эталоны. В итоге у ребенка в процессе развития слуха и речи формируется не только слуховой образ звучания речевой единицы, но и перцептивный образ её моторной программы. В совокупности эти два образа хранят информацию как о форме речевого сигнала, так и о возможных его модификациях.

Согласно новой концепции формирование в слуховой системе ребенка звукового образа речевой единицы осуществляется в три этапа. На **первом** этапе у ребёнка формируется статистический эталон звучания речевой единицы. Для этого он слушает, как звучит то или иное слово или слог в речи взрослых и формирует средний эталон. В нем отражается форма сигнала речевой единицы, а запечатление эталона происходит в признаках слухового пространства. Речь взрослых, адресованная детям, в этот период выразительна. Поэтому, на данном этапе ребенок слышит не искажённые, слабо модифицированные реализации речевых единиц. На **втором** этапе ребенок отрабатывает произношение тех речевых единиц, эталоны которых появились в его слухе. При этом у него формируются их моторные эталоны в речемоторной системе.

Далее, в развитии речи ребенка наступает **третий** этап, на котором из моторики в его сенсорику поступают сведения о возможных модификациях тех эталонов, которые там сформированы. Для этого в моторике начинают имитироваться всевозможные отступления от эталонного произнесения речевой единицы. Эталон при этом модифицируется строго элементарным образом: по какой-либо одной степени свободы. Чтобы зафиксировать направление такой модификации, слуховая система анализирует не одиночные реализации речевой единицы, а их пары. Первая и вторая реализация в каждой паре соответствуют двум разным произнесениям одной и той же речевой единицы, то есть, двум разным запускам одной и той же моторной программы - до и после элементарной ее модификации. Реальными представителями такого двукратного произнесения речевых единиц является лепетная речь ребенка. В ней распространены явления итерации, при которых наблюдается повторение звукового сигнала типа "*ба-ба-ба...,ма-ма-ма...*". В итоге на третьем этапе в слуховой системе ребенка накапливаются сведения о направлениях возможной модификации каждого сформированного ранее эталона. В сенсорном пространстве появляется информация как о форме речевого сигнала, так и о направлениях его модификаций. Выявленный набор модификаций эталона используется затем слушателем при распознавании речи для подгонки трудно распознаваемого сигнала под эталон. Согласно предлагаемой концепции именно эта дополнительная информация даёт ребёнку возможность константно воспринимать речь.

Новая концепция моторной теории не отрицает последнюю, а дополняет её. Концепция дает уточнение, что опознаванию эталона способствует не само его моторное описание, а информация о возможных вариациях этого описания. Уточняется, что в слухоречевой системе человека кроме сенсорных эталонов речевых единиц по каждому эталону содержатся сведения о направлениях возможных его вариаций. Соответственно

уточняется, что речевые единицы могут отличаться не только звучанием, не только моторными программами, а и разными видами их вариаций.

Помимо уточнений чисто *информационного* порядка новая концепция позволяет внести *психофизиологические* уточнения в положения моторной теории. Во-первых, уточняется, где в речевой системе дислоцируется механизм, который отвечает за накопление и использование сведений о неточностях исполнения моторных эталонов. Утверждается, что эти сведения фиксируются в слуховой системе и при их актуализации осуществляется подгонка сигнала под слуховой эталон, а не наоборот. Во-вторых, уточняется психофизиологический механизм передачи в сенсорику информации об ошибках моторики. Согласно предложенной концепции такая передача совершается в ранний период развития речевой системы ребенка, а затем восприятие речи происходит в сенсорики без помощи моторики. Передача указанной информации происходит на этапе лепета ребёнка, когда по акустическому каналу в слуховую систему поступают сведения о возможных модификациях произношения.

Наряду с описанием новой концепции моторной теории в диссертационной работе рассмотрены способы экспериментальных её проверок. Этому посвящена **пятая** глава диссертации «Экспериментальная проверка психологической концепции моторной теории». Отмечается, что в работе были проанализированы три категории экспериментального и фактического материала. Во-первых, изучались различные явления патологии детской речи, во-вторых, были рассмотрены психолингвистические данные о сегментном составе первых слов в речи детей - посетителей разных языков, в-третьих, был проведен анализ результатов спектрально-акустических измерений итераций лепета. Четыре экспериментальных исследования были нами проведены самостоятельно и излагаются ниже. Наряду с этим был проведен анализ известных феноменов, связанных с развитием детской речи, и анализ материалов психолингвистических наблюдений других исследователей.

В плане психолингвистической проверки выдвинутых положений нами были выполнены такие исследования:

1. Проведено наблюдение развития лепетной речи семерых детей и выявлена относительная частота встречаемости в лепете одно- (ма, ба), дву- (ма-ма, ба-ба), трехкратных (ма-ма-ма, ба-ба-ба) итераций слогов. Статистически установлено, что **двукратная** итерация является более частой, чем одно- и трехкратное повторение слога.

2. Исследована частота появления итераций в разных акустических условия: в тишине и при внешних помехах. Результаты наблюдения показали, что в большинстве случаев итерационные диады и триады

произносятся ребенком в условиях *тишины*; при появлении же внешних акустических помех ребенок лепечет мало и без итераций.

3. С помощью *спектрального* анализа акустических сигналов проведена проверка взаимосходства первого и второго слогов итерационных диад. Анализ подтвердил, что в лепетной речи итерации типа "ма-ма" образуются путем двукратного возбуждения одной и той же психомоторной программы речевой единицы "ма".

4. Проверена гипотеза о том, что модификация программы слога в лепетных диадах типа "ма-ма", "ба-ба", "ва-ва" бывает только *элементарная*, т.е. совершается всякий раз по одному какому-либо параметру артикуляции (ряду, подъёму, огубленности, длительности, частота основного тона). Для этого артикуляторные характеристики слогов диады сопоставлялись между собой.

Полученные психолингвистические данные подтвердили высказанное предположение о том, что ребенок использует итерации лепетной речи для обучения собственной слухоречевой системы.

Кроме того, в пятой главе рассматривается ряд известных речевых феноменов и даётся им новая интерпретация с позиций предлагаемой концепции. В числе таких феноменов рассматриваются: явление диссоциации сроков появления в речи ребёнка слабо и сильнонаправленных звуков (В. И. Бельтюков); феномен двухрусного членения слова в речи ребёнка на морфемы и слоги; процесс объединения мелких единиц речевого восприятия в крупные и членение крупных на мелкие; такое явление, как клоническая форма заикания и эффект Ли; экспериментальная процедура слуховой оценки расстояния между звучанием речевых единиц и методика многомерного шкалирования (В.И.Галунов); феномен успешного обучения обезьян жестовой речи (Ю.Линден) и безуспешность обучения восприятию устной речи дельфинов, обезьян, собак (Н. Н. Ладыгина-Котс).

В *шестой* главе «Исследование модели на ЭВМ» изложены результаты проверки психологической концепции моторной теории путем испытания построенной нами нейрокомпьютерной модели. Была реализована *обучаемая модель* константного восприятия речи в виде компьютерных программ, микрофона и синтезатора речи. Общая модель состояла из перцептронных моделей слухоречевой и речемоторной систем ребенка, т.е. включала в себя анализаторный и моторный перцептроны, которые обучались распознаванию гласных звуков и их синтезу. Перцептроны были реализованы в виде многослойных структур нейроподобных элементов-детекторов (Е.Н.Соколов). Анализаторный перцептрон содержал слой рецепторов (35 фильтров, диапазон частот 200-5000 Гц.), слой первичных детекторов (4 шт. по числу первичных признаков, выявленных нами в психоакустическом эксперименте), слой вторичных детекторов (10 шт. по

числу гласных психофоном, присущих русской речи). Моторный перцептрон по слоям зеркально повторял анализаторный и содержал слой артикуляторов (по модели синтеза речи Б.М.Лобанова), предшествующий ему слой первичных командных нейронов (3 шт. по числу степеней свободы тела языка и губ по Г. Фанту), слой вторичных командных нейронов (10 шт. по числу гласных психофоном в русском языке).

Информация об эталонном звучании гласного поступала в анализаторный перцептрон от "учителя". Для этого последний произносил гласные звуки в микрофон, подключенный ко входу ЭВМ и по определенному алгоритму обучал входы сначала первичных детекторов, затем вторичных. На втором этапе обучения модели анализаторный перцептрон включался в обучение моторного перцептрона: в прослушивание, отсеивание и закрепление его реакций. В результате этого сенсорный перцептрон обучал моторный имитировать те гласные звуки, звучание которых ранее усвоил сам. Для хранения в анализаторном перцептроне информации о модификациях звучания гласных в структуру модели была введена многослойная система детекторов модификаций стимулов. При обучении данных детекторов на третьем этапе моторный перцептрон синтезировал модификации звучания гласного звука, допустимые с точки зрения его речепроизводства.

Экспериментальная проверка описанной модели на ЭВМ показала, что в целом она работоспособна и обучаема. После обучения модели были проведены опыты по распознаванию гласных. Они показали, что распознавание гласных звуков с информацией о неточностях их артикуляции выше по надежности на 2%, чем распознавание без указанной информации. Таким образом, моделирование на ЭВМ также подтвердило нашу гипотезу о том, что информация о модификациях звучания речевых единиц может использоваться по предлагаемой нами схеме в работе слухоречевой системы человека для обеспечения константности распознавания речи. Это служит еще одним подтверждением достоверности выдвинутых в работе теоретических посылок.

В **седьмой** главе диссертации «Сфера психолого-педагогического применения концепции» сравниваются по важности два контура обратной акустической связи — внешний и внутренний, которыми охвачен ребенок в период становления его речи. Отмечается, что в соответствии с предложенной концепцией существует еще один режим использования ребенком внутреннего акустического контура. Это режим прослушивания собственного лепета, т.е. перцептивных действий, совершаемых ребенком над своей артикуляторной системой с целью изучения её степеней свободы.

В **восьмой** главе диссертации «Сфера инженерного применения концепции» рассмотрены три возможных направления использования предложенной концепции в кибернетике.

Во-первых, показано, что информация о динамике воспринимаемого объекта может быть использована в системах автоматического распознавания образов для выделения структурных признаков этого объекта. Во-вторых, предложена схема инвариантного нейрона и алгоритм его обучения для разработчиков нейрокомпьютеров. В отличие от известных схем, она включает в себя поправочный нейрон и трёхслойную систему рецепторных элементов. В главе показано, что в коэффициентах дополнительных нейронных связей может запечатываться информация о направлениях трансформации объекта. В-третьих, в главе рассмотрена схема модернизации известного перцептрона Розенблатта. В его состав дополнительно к сенсорному перцептрону предлагается включить моторный и поправочный перцептроны. Моторный перцептрон должен обеспечивать, согласно предложенной концепции, синтез тех сигналов, которые подлежат распознаванию, а поправочный перцептрон - выдвижение гипотез. Показано, что такая модернизированная схема перцептрона может обеспечивать константность распознавания сложных объектов реального мира.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертационном исследовании ставилась цель разработать психологическую концепцию восприятия речи на основе сведений о механизмах константности восприятия речевого сигнала человеком и проверить ряд теоретических положений, развивающих *моторную* теорию восприятия речи. В связи с этим исследовались психологические механизмы работы слухоречевой и речемоторной систем человека, их скрытого взаимодействия в ходе развития детской речи. В итоге установлено, что константность восприятия речевого сигнала обеспечивается у человека выявленными нами психологическими механизмами и строго скоординированными процессами. На основе этих сведений построена *психологическая концепция* моторной теории восприятия речи. По результатам диссертационной работы могут быть сделаны следующие выводы:

1. Раскрыт психологический механизм, с помощью которого ребёнок декодирует в речевом сигнале информацию о вариативности произнесения речевых единиц. Показано, что ребёнок может декодировать указанную информацию лишь с помощью перцептивных действий, активно возмущающих артикуляционную программу речевой единицы. При



декодировании используются две реализации, которые отражают состояние артикуляторной программы в моменты до и после её модификации с помощью очередного перцептивного воздействия [1, 8, 23, 26, 30].

2. В речевом сигнале выявлена дополнительная информация, отражающая вариативность произнесения речевой единицы. Показано, что акустический сигнал однократно произнесённой речевой единицы не является полным источником информации о её звучании. Воспринимая его, слушающий не в состоянии извлечь информацию о модификациях произнесения речевой единицы. Информация о вариациях звучания речевой единицы может быть декодирована слушающим лишь после восприятия двукратно произнесённой речевой единицы, а не одиночных её произнесений [1, 3, 4, 5, 6, 11, 27, 30, 34, 35, 36].

3. Разработана модель константности восприятия объектов, вариативных по форме, и показано, что таковым объектом восприятия для слушающего является устная речь. Модель описывает механизм формирования в воспринимающей системе трёх баз данных об объекте и механизм использования этих данных при восприятии речи. Показано, что константность восприятия речевого сигнала обеспечивается благодаря накоплению в слуховой системе человека информации не только об акустическом сигнале речевой единицы, но и о степенях свободы той артикуляторной системы, которая хранит и воспроизводит этот сигнал. Константность восприятия речи достигается за счёт того, что при её распознавании анализатор модификаций становится синтезатором подгонок воспринимаемого сигнала под эталон [1, 21, 22, 25, 29, 31].

4. Описан ранее неизвестный вид перцептивных действий, посредством которых ребёнок, проявляя активность в адрес воспринимаемой им речевой единицы, изучает вариативность её звучания. В результате проявления такой активности ребёнок создает цепь итерационных возмущений артикуляционной программы речевой единицы, после чего воспринимает её акустические реализации парами. Выявлены два отличия этого вида перцептивных действий от уже известных видов. Первое заключается в том, что эти действия совершаются в адрес не самого объекта восприятия, а в адрес его "биологической" копии, воспроизведённой человеком или животным. Априори такой вид перцептивных действий возможен при формировании образов узкого круга воспринимаемых явлений, относительно которых у субъекта восприятия есть адекватная система для подражания, способная копировать воспринимаемое явление (жесты, позы, мимику, пантомимику, письменную и устную речь). Второе отличие указанных действий состоит в том, что они приносят в психический образ

воспринимаемого объекта информации не о форме его существования, а лишь о вариативности формы, о степенях её свободы [1, 13, 23, 29].

5. Выявлена еще одна, ранее неизвестная функция лепета в развитии речи ребёнка, вследствие которой лепет сохранился в филогенезе речевой системы человека. Показано, что лепет ребёнка является не только игровой разминкой его речемоторной системы, но и, кроме того, специфической разновидностью перцептивных действий ребёнка. Эти действия инициируются слуховой системой ребенка и совершаются в его речемоторной системе для получения сведений о степенях свободы последней. Дано новое объяснение существованию итераций слогов типа "ба-ба", "ма-ма" в лепетной речи ребёнка. Они являются реализацией указанных перцептивных движений, рассчитанных на возмущение в моторике той или иной степени её свободы. Установлено, что ребенок воспринимает итерации из своего лепета и анализирует их слуховой системой, накапливая в ней сведения о степенях свободы моторной системы. Выявлено, что благодаря лепету из речемоторной в слуховую систему поступает информация об элементарных модификациях звучания слога. Эта информация о вариативности речевых единиц поступает из лепета на ранней стадии формирования у ребёнка их звуковых образов [1, 9, 10, 14, 19, 20, 28].

6. Разработана новая, психологическая концепция известной моторной теории восприятия речи, раскрывающая механизм константности восприятия речевого сигнала человеком. Её отличие состоит в положении о том, что в слуховой системе человека формируются не только эталоны звучания речевых единиц, но и перцептивная модель речемоторной системы человека, которая воспроизводит эти единицы. Показано, что благодаря этому сенсорика слушающего может моделировать всевозможные отклонения в работе моторики говорящего и осуществлять подгонку входного сигнала под эталон, обеспечивая тем самым константность восприятия речевого сигнала [1, 2, 7, 12, 15, 17, 18, 24, 32, 37, 38].

7. Проведена экспериментальная проверка предложенной концепции с помощью двух методов: путём психолингвистического анализа детской лепетной речи и путем создания имитационной компьютерной модели описанных процессов и проведения на ней обучающего эксперимента. Психологическими экспериментами подтверждено, что ребёнок может использовать итерации своей лепетной речи для обучения собственной слуховой системы константности восприятия. Испытаниями имитационной модели доказано, что она работоспособна и обучаема. Установлено, что надёжность распознавания гласных звуков данной моделью с информацией о

неточностях их артикуляции стала выше, чем без указанной информации. Тем самым подтверждено, что информация о модификациях звучания речевых единиц может использоваться по предложенной нами схеме в работе слухоречевой системы человека для обеспечения константности распознавания речи [1, 12, 16, 26, 33].

## СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

### Монография

1. Лосик Г.В. Перцептивные действия в восприятии речи. – Минск, Ин-т техн. кибернетики НАН Беларуси, 2000. – 168 с.

### Статьи

2. Лосик Г.В. К вопросу участия кратковременной, оперативной и долговременной памяти в восприятии речи // Вопросы романо-германского и общего языкознания. - Минск, 1973.- С. 78 – 81.

3. Лосик Г.В. Выявление акустического подобия // Вопросы романо-германского и общего языкознания. - Минск, 1973.- С. 73 – 77.

4. Лосик Г.В., Чеховских М.И. Изучение акустических вариантов речевого сообщения // Методика преподавания и технические средства. - Минск, 1974.-С. 90 - 94.

5. Лосик Г.В., Дунская Э.С., Мелешкевич М.И. Временная динамика речи лектора // Экспериментальная фонетика и прикладная лингвистика. - Минск, 1980.- С. 138 - 145.

6. Лосік Г.В. Варыятыўнасць акустычнага сігналаў слова // Фанетыка слова ў беларускай мове.- Мінск: Навука і тэхніка, 1983.- С. 177-199.

7. Losik G. Sensor-motor theory of constant speech perception // Proceedings XI-th International Congress of Phonetic Sciences. - Tallin, 1987. - P. Se 70.2.

8. Лосик Г.В. Психофизиологические исследования внутренней речи // Вопросы психологии, 1987.- № 5.- С. 114 – 116.

9. Лосік Г.В. Склад // Беларуская энцыклапедыя літаратуры і мастацтва. - Мінск: Беларуская энцыклапедыя, 1987.- Т. 5.- С. 22.

10. Лосік Г.В. Складападзел // Беларуская энцыклапедыя літаратуры і мастацтва. - Мінск: Беларуская энцыклапедыя, 1987. - Т. 5.- С. 23 - 24.

11. Лосік Г.В. Успрыманне гукаў мовы // Фанетыка беларускай літаратурнай мовы. / Пад рэд. А.І. Падлужнага.- Мінск: Навука і тэхніка, 1987.- Разд. 3.-С.97-141.

12. Лосик Г.В. Сенсомоторные механизмы константного восприятия речи // Психологический журнал. - 1988.- Т. 9.- № 1.- С. 84-90.

13. Лосик Г.В. Сенсомоторные механизмы формирования слухоречевых образов // Теоретические и прикладные исследования психологии речи. - М., 1988.- С. 105 - 123.
14. Лосик Г.В. Роль итераций ленивой речи в развитии слуха ребенка // Дефектология.- М., 1988.- № 3.- С. 5 - 8.
15. Losik G. Speech synthesis computer for the blind // Proceedings of the XII-th International Congress of Phonetic Sciences. -Vol. 2. - France. - Aix-en-Provence, 1991. - P. 494 - 495.
16. Лосик Г.В. Исследование восприятия гласных методом многомерного шкалирования // Психологический журнал.- 1992.- Т. 13.- № 2.- С. 89 - 95.
17. Лосик Г.В. Компьютер с синтезатором речи для слепых // Анализ и синтез речи. - Минск, Ин-т техн. кибернетики НАН Беларуси, 1993. - С. 74 - 80.
18. Лосік Г.В., Падлужны А.І. Моўны слых // Эцыклапедыя "Беларуская мова".- Мінск: Беларуская эцыклапедыя, 1994.- С. 366 - 367.
19. Лосік Г.В. Складападзел // Эцыклапедыя "Беларуская мова".- Мінск: Беларуская эцыклапедыя, 1994.- С.500 - 501.
20. Лосік Г.В. Склад // Эцыклапедыя "Беларуская мова".- Мінск: Беларуская эцыклапедыя, 1994.- С. 497 - 498.
21. Лосик Г.В. Распознавание объектов с нестабильной формой путем подгонки реализации под эталон // Распознавание образов и информационные процессы.- Т. 2.- Минск, 1997.- С. 56 - 61.
22. Лосик Г.В., Вартанов А.В., Сыромятников С.Н. Особенности репрезентации реального и виртуального пространств у лиц с нормальным зрением и у слепых // Психологический журнал. - 1998.- Т. 19.- № 2. - С. 51 - 60.
23. Лосик Г.В. Новый вид перцептивных действий // Психология. - Минск, 1998. - № 9. - С. 84 - 94.
24. Losik G. The sensor-motor theory of speech perception // Автоматическое распознавание и синтез речи. - Минск: Ин-т техн. кибернетики НАН Беларуси, 2000. - С. 116-119.
25. Losik G. A recognition model using object's variability information // Автоматическое распознавание и синтез речи. - Минск: Ин-т техн. кибернетики НАН Беларуси, 2000. - С. 120-131.
26. Losik G. Plan table for oral perception of text page // Proceedings of the 7-th International Conference "Computer Helping People with Special Needs ICCNP 2000". Karlsruhe, Germany, July 17-21, 2000. - Vol. 145. - P. 164 - 169.
- Тезисы докладов
27. Лосик Г.В. Психомоторика слова с двухкратно повторяющимся слогом // Труды XI Всесоюз. школы-семинара АРСО-11.- Ереван, 1980.- С. 30 - 31.

28. Лосик Г.В. Обучающаяся модель слухоречевой системы ребенка // Переработка текста методами инженерной лингвистики: Тез. докл. науч. конф., Минск, 29-30 апреля 1982 г. - Минск, 1982.- С. 62.

29. Лосик Г.В. Модель взаимодействия слухоречевой и речемоторной систем для инвариантного распознавания // Автоматическое распознавание слуховых образов: // Тез. XII Всесоюзного семинара АРСО -12.- Киев, 1982. - С. 42 - 43.

30. Лосик Г.В. Психомоторные единицы артикуляции слова // Тез. научн. сообщ. VI Всесоюзного съезда психологов. - М., 1983.- С. 669 - 670.

31. Лосик Г.В., Головина Г.М. Сенсомоторная модель константного восприятия // Тез. VI Всесоюз. конференции по инженерной психологии.- Л., 1984.- С. 94 - 95.

32. Лосик Г.В. Сенсомоторные механизмы константного восприятия речи // Труды XIII Всесоюз. школы-семинара АРСО-13.- Каунас, 1986. - С. 131.

33. Лосик Г.В. Словесная оценка в эксперименте фонетического сходства слогов // Тез. IX Всесоюзного симпозиума по психолингвистике и теории коммуникации. - М., 1988. - С. 106 - 107.

34. Лосик Г.В. Перцептивное и акустическое сходство слогов и их восприятие // Тез. VII Всесоюзного съезда психологов.- М., 1989. - С. 112 - 113.

35. Лосик Г.В. Опыт использования машинного фонда белорусского языка в лингвистических исследованиях // Тез. III Всесоюз. конференции "Машинный фонд русского языка".- М., 1989. - С. 85.

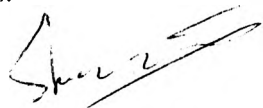
#### Авторские свидетельства

36. А.с. 521595 СССР, МКЛ<sup>2</sup> G 10 L 1/00 . Устройство для автоматического определения темпа речи / М.К. Фатеев, М. И Чеховских, С. Б. Бенедиктов, Г. В. Лосик. - № 2046425/09; Заявлено 11.07.74; Оpubл. 17.09.76, Бюл. № 26 // Открытия. Изобретения. - 1976. - № 12. - с. 150.

37. А.с. 822250 СССР, МКЛ<sup>3</sup> G 10 L 1/00. Способ синтеза речи / Б.А. Бенедиктов, Н.И. Курьянко, Г.В. Лосик, М.И. Чеховских, И.Л. Фольб. - № 2779106/18-10; Заявлено 13.06.79; Оpubл. 15.04.81, Бюл. № 14 // Открытия. Изобретения. - 1981. - № 14. - с. 184.

#### Депонированная работа

38. Лосик Г.В. Сенсомоторная модель константного восприятия речи / Ин-т языкознания АН БССР. - Минск, 1984. - 2 а. л. - Деп. В ИНИОН АН СССР 27.08.84. - № 18053 Деп. // Весці АН БССР. Сер. грамадскіх навук. - Мінск.: Навука і тэхніка, 1984.- № 6. - С. 116.



## Р Э З Ю М Е

Лосік Георгій Васільевіч

### ПСИХАЛАГІЧНАЯ КАНЦЭПЦЫЯ МАТОРНАЙ ТЭОРЫЎ ЎСПЫМАННЯ ВУСНАЙ МОВЫ

**Ключавыя словы:** успрыманне, моўны сігнал, слыхавы аналізатар, маторная тэорыя, варыятыўнасць сігналу, канстантнасць успрымання, перцэнтывыя дзеянні.

**Аб'ект даследавання:** псіхалагічны механізм успрымання вуснай мовы чалавекам.

**Прадмет даследавання:** механізм канстантнасці ўспрымання моўнага сігналу чалавекам.

**Мэта даследавання:** - распрацаваць псіхалагічную канцэпцыю маторнай тэорыі ўспрымання вуснай мовы на аснове вывучэння механізма канстантнасці ўспрымання моўнага сігналу чалавекам.

Даследаван механізм канстантнага ўспрымання моўнага сігналу чалавекам. Вывучаліся прынцыпы работы слыхавой і моўнай сістэм чалавека, іх узаемадзеяння ў ходзе развіцця мовы дзіцяці. Для гэтага выкарыстоўваўся метада псіхалінгвістычнага эксперымента і мадэліравання на ЭВМ. Высветлена, што канстантнасць успрымання моўнага сігналу забяспечваюць у чалавека спецыфічныя механізмы і строга скаардынаваныя працэсы моўнай сэнсорыкі і маторыкі. Як вынік, прапанавана новая, псіхалагічная канцэпцыя ўспрымання вуснай мовы, якая ўзбагачае вядомую маторную тэорыю і растлумачвае механізмы фарміравання моўных эталонаў у дзіцяці і распазнавання вуснай мовы дарослым. Канцэпцыя грунтуецца на гіпотэзе аб існаванні трох этапаў фарміравання ў дзіцяці слыхавога вобраза моўнага элемента і назапленні ў дарослага трох баз ведаў аб моўным сігналу: аб яго эталоне, аб вектарах магчымай яго варыяцыі, аб частотнасці першых і другіх. Разглядаюцца прыкладныя аспекты прапанаванай канцэпцыі ўспрымання вуснай мовы.

# РЕЗЮМЕ

Лосик Георгий Васильевич

## ПСИХОЛОГИЧЕСКАЯ КОНЦЕПЦИЯ МОТОРНОЙ ТЕОРИИ ВОСПРИЯТИЯ РЕЧИ

**Ключевые слова:** восприятие, речевой сигнал, слуховой анализатор, моторная теория, вариативность сигнала, константность восприятия, перцептивные действия.

**Объект исследования:** психологический механизм восприятия речи человеком.

**Предмет исследования:** механизм константности восприятия речевого сигнала человеком.

**Цель исследования:** разработать психологическую концепцию моторной теории восприятия речи, основываясь на изучении механизма константности восприятия речевого сигнала человеком.

Исследован механизм константности восприятия речевого сигнала человеком. Изучены принципы работы слухоречевой и речемоторной систем человека, их взаимодействие в ходе развития детской речи. В исследовании использованы методы психолингвистического эксперимента и моделирования на ЭВМ. Установлено, что константность восприятия речевого сигнала обеспечивается у человека специфическими механизмами и строго скоординированными процессами речевой сенсорики и моторики. В итоге предложена новая, психологическая концепция восприятия речи, развивающая известную моторную теорию и объясняющая механизмы формирования речевых эталонов у ребенка и распознавания речи у взрослого. Концепция основана на предположении о существовании трёх этапов в формировании у ребёнка слухового образа речевой единицы и накоплении у взрослого трёх баз данных о её речевом сигнале: о его эталоне, о векторах возможной его вариации, о частотности первых и вторых. Рассмотрены прикладные аспекты предложенной концепции восприятия речи.

# SUMMARY

Losik George Vasilievich

## PSYCHOLOGICAL CONCEPT OF MOTOR THEORY OF SPEECH PERCEPTION

**Key words:** perception, speech signal, auditory analyzer, motor theory, signal variation, constant of perception, perception actions.

**Object of research:** psychological mechanism of speech perception by human.

**Subject of research:** mechanism of constant perception of speech signal by human.

**Aim of research:** to develop the psychological concept of motor theory of speech perception based on investigation the mechanisms of constant perception of speech signal.

The mechanisms of constant perception of speech signal by human are investigated. The working principals of speech auditory and motor systems, their interaction during babbling speech development are studied. The methods of psycholinguistical experiment and computer simulation are used in research. It is found out that the constancy of speech signal perception are provided by specific mechanisms and rigorously coordinated processes of speech motor and sensor systems. As a result, the new psychological concept of speech perception is proposed. This concept develops well-known motor theory and explains mechanism of forming of the babbling speech images and mechanism of adults speech recognition. The concept is based on assumption that there are three phases of forming of the babbling speech images and there are three speech signal databases to adult: standard speech signal database, possible variation vectors database and frequency two former databases. Applied aspects of developed speech perception concept are considered.