

Моделирование интеллектуальной деятельности: сенсорный вход в когнитивную систему

Н.А.Кузнецов, О.Е.Баксанский, Н.А.Гречишкина

Институт проблем передачи информации, Российская академия наук, Москва, Россия
Поступила в редколлегию 14.11.2007

Аннотация— Основной предмет исследования авторов в настоящей статье – поиски методологических подходов к ответу на вопрос о том, как посредством ощущений и восприятий человек получает информацию о внешнем и внутреннем мире. Рассматривается комплекс вопросов, связанных с воздействием материального мира на сенсорные системы индивида, а также то, как нервная система обрабатывает, интегрирует и воспринимает эти раздражения для запуска соответствующих когнитивных систем. Обсуждаются вопросы моделирования функционирования сенсорно-перцептивной сферы.

1. ВВЕДЕНИЕ

Когнитивная система представляет собой механизм приобретения, преобразования, репрезентации, хранения и воспроизведения знаний. Ее функционирование начинается с любого процесса приобретения информации как из внешнего, так и внутреннего (организменного) мира, а соответствующим инструментом являются рецепторы-сенсоры: зрения, слуха, обоняния, вкуса, осязания во всех проявлениях (тактильная, болевая, температурная, вестибулярная (гравитационная) чувствительность, давление – то, что относится к кинестетической репрезентативной системе).

На протяжении тысячелетий философы пытаются составить представление о том, как происходит восприятие реальности, однако научное изучение данной проблематики насчитывает немногим более ста лет (можно считать, что именно открытие первой психологической лаборатории в Лейпциге Вильгельмом Вундтом в 1879 году знаменовало собой рождение не только научной психологии, но и научной, экспериментальной традиции изучения процесса восприятия).

Подводя итоги этого длительного познавательного процесса, можно констатировать, что мы на удивление мало знаем о процессах и механизмах, лежащих в основе восприятия информации. Принципиальный вопрос можно сформулировать следующим образом:

Как наши органы чувств приобретают, преобразуют и сохраняют информацию об окружающей среде?

Разные авторы дают множество ответов, каждый из которых отражает их собственное видение этой проблемы. Однако до настоящего времени нет систематической, интегрированной концепции, каким образом окружающая среда взаимодействует с человеческими органами чувств и как последние, в свою очередь трансформируют, структурируют и обрабатывают стимуляцию, превращая ее в восприятие. Обсуждение этих вопросов требует междисциплинарного подхода, привлечение разнообразной специальной литературы.

Эти вопросы были подробно рассмотрены в предыдущих статьях авторов [41, 42]. В настоящей работе мы сосредоточим наше внимание на начальной стадии работы с информацией в когнитивных системах. Во избежание погружения в многочисленные детали в контексте настоящего исследования мы будем широко опираться на одно из лучших современных энциклопедических изданий – работу Харви Шиффмана «Ощущение и восприятие» [37].

С методологической точки зрения можно сформулировать два фундаментальных вопроса:

1. Все знания о реальности зависят от наших сенсоров, поэтому существует неразрывная связь между окружающим миром и нашей осведомленностью о нем. Но как информация о действительности становится нашими знаниями о ней? Или иными словами: как все качества,

свойства и характеристики объектов мира оказываются представленными и заново воссозданными (репрезентированными) в сознании таким образом, что субъект воспринимает их как реальные предметы, имеющие определенный смысл?

2. Осознание окружающей реальности представляется настолько осязаемым, конкретным и реальным, что субъект считает (верит), что действительность должна существовать именно в том виде (форме), в каком мы его воспринимаем, либо, в крайнем случае, наше восприятие соответствует миру. Однако сколь велико соответствие физического объективного мира субъективному, внутренне репрезентированному образу, созданному нашими ощущениями? Поиски ответа на последний вопрос являются источником существования философии испокон веков (а заодно гарантирует и ее безбедное существование в будущем!).

Вспомним простую и ставшую уже классической иллюзию Мюллера-Лайера:



Две вертикальные линии кажутся неравными по длине, однако, вопреки тому, что воспринимают наши органы чувств (в данном случае зрение), линии равны между собой. Таким образом, поскольку наши знания о реальности зависят от наших рецепторов восприятия (органов чувств), необходимо отдавать отчет в том, что мир, созданный нашим восприятием, далеко не всегда соответствует объективному физическому миру. Более того, экспериментально показано, что источники сенсорной информации нередко ввергают нас в ошибки и системные искажения, что дает неверную репрезентацию (образ) реальности.

Ощущением обычно обозначаются начальные процессы обнаружения и кодирования энергии физического мира. Потенциальными энергетическими сигналами среды являются свет, давление, тепло, химические вещества и т.п., а человеческие органы чувств получают эту энергию и трансформируют ее в биоэлектрический нейронный сигнал, который передается в мозг. В реализации этой начальной стадии познания мира участвуют специальные нейронные единицы – рецепторные клетки (*сенсоры*), реагирующие на тот или иной вид энергии. Очень важным является вопрос о том, как именно сенсорный опыт связан и с внешним стимулированием, и с функционированием соответствующего сенсора.

Под ощущениями как таковыми понимают непосредственные, фундаментальные, прямые контакты определенного рода, иными словами, они дают знание о качестве и характеристических признаках окружающих предметов и явлений, таких как «тяжелый», «громкий», «теплый», «зеленый», и это знание, как правило, является результатом воздействия простого, изолированного раздражителя.

Восприятие является результатом психологических процессов, в которых задействованы такие понятия, как распознавание, смысл, взаимосвязи, контекст, субъективная оценка, предшествующий опыт субъекта, а также его память. В соответствии с этим различием между ощущением и восприятием глаза могут зафиксировать ряд быстро сменяющихся друг друга на мониторе цветных изображений (это работа ощущения), но то, что мы видим на экране, воспринимаем благодаря ему, представляет собой изображение зрительных событий, в которых предметы взаимодействуют между собой в пространстве. Аналогично внешний звуковой раздражитель заставляет вибрировать барабанные перепонки с определенной амплитудой, создавая узнаваемую его особенность, например, громкость, но мы слышим или воспринимаем разговор или мелодию. Следовательно, восприятие включает систематизацию, интерпретацию и осмысление информации, поступающей от сенсорных систем. Иными словами, восприятие представляет собой результат упорядочения ощущений и превращение их в знание о предметах и событиях окружающего мира.

Определив эти различия, следует отметить, что они имеют скорее историческое, нежели практическое или функциональное значение. Беря в руки знакомый предмет – книгу или карандаш, обращаем ли мы внимание на то давление, которые они оказывают на пальцы, независимо от того, каков предмет на ощупь? Таким образом, ощущение и восприятие представляют собой взаимосвязанные и неразделимые процессы. Как правило, лишь в контролируемых лабораторных условиях можно инициировать изолированные ощущения, не имеющие ни смысловой, ни

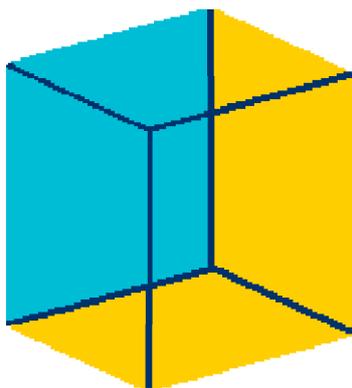
контекстуальной нагрузки и не связанные с предшествующим опытом испытуемого. Резюмируя изложенное, можно считать, что результатом воздействия окружающей среды обычно является полезная для организма информация, часть которой – сравнительно простая информация общего характера (например, громкость звука), а часть – более сложная (например, информация, связанная с идентификацией звука).

Все наши знания о находящейся вне нас реальности являются в первую очередь результатом ощущений и восприятий. Наши сенсоры – это единственный механизм обнаружения энергетических и химических сигналов, посылаемых средой, и именно на их основе субъект воспринимает и оценивает действительность. Иными словами, наши знания о мире и внутреннее ощущение физической реальности проистекают из полученной человеком сенсорной информации. Как человек получает информацию о происходящем вокруг? Он постоянно находится в курсе сенсорных событий – зрительных образов, осязательных ощущений, запахов. Если лишиться одного или нескольких сенсоров, субъект сможет приспособиться и обходиться без потерянного, однако при этом его осведомленность об окружающей среде соответственно уменьшится.

Как правило, мы не осознаем, что восприятие – это проблема, до тех пор, пока не столкнемся с чем-то необычным.

Поскольку существует бесконечное число возможных трехмерных форм, дающих одну и ту же проекцию на плоскость (одну и ту же картину), восприятие может быть неточным и неоднозначным. Замечательно как раз то, что нас так редко беспокоит и обманывает неоднозначность оптической проекции объектов на сетчатке глаза. На обычные объекты в нормальных условиях мы смотрим обоими глазами; так как каждый глаз получает несколько иную проекцию объекта, многие глубинные формы воспринимаются однозначно. К тому же с помощью движений головы мы (сходным образом) избавляемся от неоднозначности. Однако ни тот, ни другой способ не годятся для восприятия глубины на картинах — и все же мы воспринимаем глубину на картинах в основном однозначно. Есть, впрочем, исключения. Эти *исключения показывают, как реагирует мозг в тех случаях, когда не удается прийти к единственному решению.*

Наиболее известный пример такого рода — каркасный куб, нарисованный без соблюдения правил перспективы (ближняя и дальняя грани куба одинакового размера); это *куб Неккера*. Швейцарский кристаллограф Л.А.Неккер описал свой куб в 1832 году. Ретинальное изображение такого куба получается при проекции с любой из двух разных позиций. Поэтому здесь одинаково возможны два разных ответа на один и тот же вечный вопрос перцепции: что есть этот предмет и где он находится? Один общий ответ на эти вопросы дать нельзя — не хватает информации. И мозг, не давая окончательного ответа в этой неясной ситуации, принимает поочередно каждую из двух возможных гипотез.



Куб Неккера. Это плоскостная проекция куба, видимого с очень большого расстояния.

Перспектива отсутствует — разницы в размерах граней нет. При наблюдении фигура спонтанно (самопроизвольно) «переворачивается»: одна объемная проекция сменяется другой. По-видимому, в данном случае имеется не одно, а два равноправных решения перцептивной проблемы: что есть данный объект?

Мозг «пробует» каждую из этих гипотез поочередно, не останавливаясь окончательно ни на одной из них.

Интерес к дискуссионным вопросам, связанным с ощущением и восприятием, восходит к истокам философии, еще Аристотель (384-322 гг. до н.э.) полагал, что все знания об окружающей реальности человек получает благодаря опыту, приобретаемому через ощущения. Кроме

того, он создал существующую до сих пор базовую классификацию, включающую пять чувств – зрение, слух, вкус, обоняние и осязание.

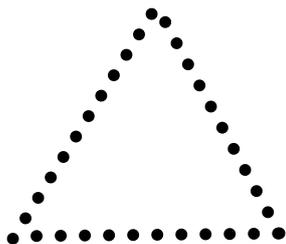
Представление о том, что знания являются результатом опыта, приобретаемого благодаря чувствам, стали плодотворным направлением философской мысли XVIII и XVIII столетий, получив название *эмпиризма*. Последний исходит из того, что *единственным* источником знаний об окружающем мире является чувственный опыт, то есть то, что мы получаем благодаря нашим сенсорам. Наиболее известные эмпирики XVI - середины XVIII веков – Томас Гоббс (1588-1679), Джон Локк (1632-1704), Джордж Беркли (1685-1753) – отстаивали мысль о том, что *все* знания являются результатом обучения, ассоциаций и опыта, которыми мы обязаны чувствам. В соответствии с Локковской трактовкой эмпиризма, изначально человеческий разум представляет собой *tabula rasa* – чистую доску, на которой в дальнейшем фиксируется опыт, приобретаемый с помощью чувств.

Джордж Беркли ставил под сомнение само существование окружающего мира и считал, что мир существует только в нашем восприятии. Иными словами, если мы не ощущаем мира предметов, то его и нет.

Современная трактовка эмпиризма подчеркивает роль чувственного опыта в противоположность научению или врожденным факторам в овладении, например, пространственным восприятием или восприятием речи.

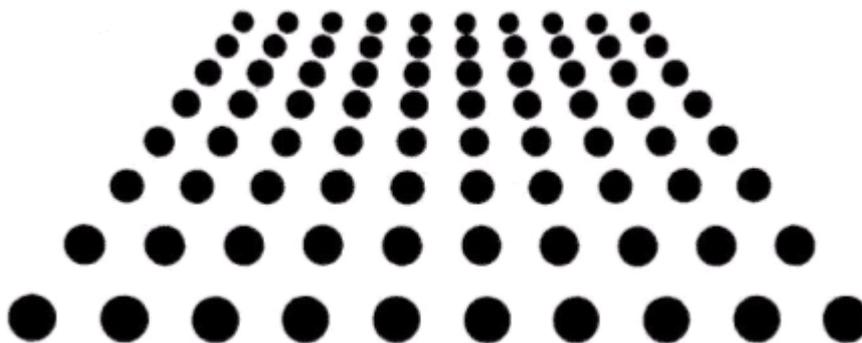
Ощущение и восприятие представляют собой междисциплинарную область знаний, где используются разнообразные подходы:

- **Структурализм.** Его основоположником можно считать Вильгельма Вундта, заложившего основы в 1879 г., создавая психологию как экспериментальную науку. Как в естественных науках основное внимание было сосредоточено на изучении структуры базовых элементов материи (атомов, молекул, клеток), так и В.Вундт и Эдуард Титченер (1867-1927) поставили проблемы изучения *структуры* восприятия, то есть выявить базовые элементы сознательного опыта, а именно простейшие ощущения. В соответствии с интерпретацией структуралистов каждая точка в образованной точками линии вызывает одиночное элементарное ощущение, и восприятие фигуры (в нашем примере – треугольника) обусловлено их суммацией. Сегодня мы знаем, что восприятие аспектов окружающего мира происходит не так, однако именно структурализм заставил задуматься над ролью базовых, фундаментальных сенсорных модулей, и до некоторой степени он соответствует ряду современных представлений, базирующихся на элементарной природе ощущения и восприятия.
- **Гештальтизм.** Это направление возникло как негативная реакция на структурализм в Германии примерно в 1910 г., подвергнув критике представления структуралистов о восприятии как о комбинации отдельных ощущений, которые можно разложить на простейшие элементы. С точки зрения гештальтистов структурный анализ игнорирует существенный фактор восприятия - *взаимосвязь* между раздражителями. Восприятие треугольника является скорее результатом взаимного расположения трех точек, нежели суммой их сенсорных эффектов. Восприятие треугольника, когда представлены только три точки, – яркая иллюстрация целостного и связного восприятия гештальта, когда вместо простой суммы элементов мы воспринимаем единую, интегрированную фигуру. Наши знания об окружающем мире являются результатом скорее такого восприятия. Вспомним какую-нибудь мелодию. Ее особенность - в *связи* между нотами. Именно это делает мелодию узнаваемой, более того, до тех пор, пока эта связь остается постоянной мелодия, даже транспонированная в другую тональность, продолжает оставаться узнаваемой. Кредо гештальтистов: «Целое не есть простая сумма его частей».
- **Конструктивизм.** Этот подход, исходящий из эмпиризма, подчеркивает активную роль наблюдателя в процессе восприятия. Восприятие есть нечто большее, чем простая констатация самого факта воздействия раздражителя. Воспринимаемое нами в любой момент представляет собой ментальную конструкцию (когнитивную репрезентацию), основанную на наших познавательных стратеги-



ях, нашем предшествующем опыте, пристрастиях, ожиданиях, мотивации, внимании и т.д. Иными словами, конструктивизм основан на том, что наблюдатель конструирует или даже «выводит» восприятие рациональным путем из интерпретации поступающих к нему извне сведений. Принципиальной является идея о том, что возникновению восприятия предшествует конструирование, осознание связи между явлениями и событиями физической реальности, ее опосредование.

- **Экологический подход** был разработан Джеймсом Дж. Гибсоном (1904-1979). Он предположил, что внутренние мыслительные процессы играют в восприятии незначительную роль, либо вовсе в нем не участвуют. Основой его подхода является идея о том, что, перемещаясь в окружающем мире, наблюдатель *непосредственно* усваивает информацию, необходимую для эффективного адаптивного восприятия. В соответствии с его представлениями, сигнал, который посылает внешний мир, - информация, поступающая в виде зрительного образа, - содержит все необходимые сведения, вполне достаточные для непосредственного восприятия физического мира, поэтому нет необходимости ни в каком-либо посредничестве, ни в его дополнительной обработке. По мнению Гибсона, изменения визуальной текстуры поверхностей являются важным источником пространственной информации. Как правило, предметы, лежащие на уходящей вдаль поверхности, воспринимаются нами как трехмерные. Получение непосредственной пространственной информации является результатом проецирования на сетчатку зернистых, или текстурированных, поверхностей. По мере того как расстояние между наблюдателем и поверхностью увеличивается, создается впечатление, что элементы, образующие текстуру поверхности, уменьшаются и все вместе формируют более плотную, гладкую поверхность. Напротив, при уменьшении расстояния между наблюдателем и поверхностью образующие ее элементы начинают казаться более крупными, а сама поверхность более грубой. Постепенное изменение текстуры поверхности в зависимости от расстояния называется *градиентом текстуры*. Вторым источником непосредственной информации, касающейся пространственного восприятия, является способ восприятия изображения глазами в тот момент, когда наблюдатель или объекты меняют свое положение в пространстве или приходят в движение. Характер изменений в изображениях, перемещающихся перед глазами, создает немедленное, непосредственное впечатление о пространственном расположении объектов относительно наблюдателя, и не требуется ни обработки информации, ни анализа сигналов о глубине или расстоянии.



Ряды, состоящие из точек (равно как и сплошные линии), воспринимаются в перспективе, если постепенно сближаются (конвергируют). Обычно конвергирующие линии (ряды) благодаря перспективному сжатию изображения с увеличением расстояния вызывают впечатление глубины. На этом рисунке ряды точек воспринимаются скорее как объекты, расположенные в трехмерном пространстве, чем как точки, лежащие в ровной плоскости страницы.

- **Информационный подход** связан с работами Дэвида Марра (1945-1980). В данном случае реализуется точный анализ визуального восприятия, ориентированный на применение математики, базирующийся на компьютерных имитациях и искусственном интеллекте. Развивается основная мысль Гибсона о том, что окружающая среда снабжает всей информацией, необходимой для восприятия, но также предполагается, что восприятие таких характеристик, как форма или очертания, требуют от наблюдателя некоего дополнительного действия в виде решения проблемы или обработки информации, передаваемой сигналом извне, а именно извлечение из зрительного образа предмета в символической форме некоторых его черт, например, линий, краев, границ, контуров, движения и других признаков. Подобная информация обрабатывается и трансформируется в интернальные представления, отображающие изменения в затененности, освещенности и в других более тонких особенностях текстуры поверхности во многом точно так же, как компьютерная программа позволяет машине интерпретировать отобранную сенсорную информацию и принимать решения, кусающиеся отличительных признаков предметов, например формы или очертаний.

Это относительно новый подход, основанный на современном компьютерном моделировании.

- **Нейрофизиологический подход** исходит из того, что такие явления, как ощущение и восприятие, лучше всего объясняются известными нейронными и физиологическими механизмами функционирования сенсорных систем. Его сторонники склонны к редукционизму, в соответствии с которым понимание разнообразных, безусловно, сложных форм подведения возможно только при изучении лежащих в их основе биологических процессов (можно обнаружить в этом процессе некое подобие структурализма, в данном случае сведение к физиологическим механизмам). Однако одних нейрофизиологических механизмов недостаточно для объяснения разницы, существующей, например, между действием раздражителя на глаз и возникающим в результате этого сознательным восприятием.
- **Когнитивная нейрология** изучает на нейронном уровне обеспечение мозгом таких сложных форм человеческой деятельности, как мышление и восприятие. Это междисциплинарная область науки, которая возникла на базе экспериментальной и когнитивной психологии, нейрологии и информатики. Этот подход исходит из того, что высшие процессы познания и восприятия представляют собой результата взаимодействия простых мыслительных процессов, каждый из которых, в свою очередь, является следствием нейронной активности той или иной части мозга. Именно поэтому изучение активности взаимосвязанных нервных окончаний, расположенных в разных отделах мозга, может способствовать лучшему пониманию сложных познавательных процессов. Основная задача когнитивной нейрологии – объяснить с помощью экспериментальных методов роль этих нервных окончаний в таком процессе, как восприятие.

Основой направления является широкое использование различных методов, наглядно представляющих деятельность различных участков мозга в то время, когда они проявляют специфическую когнитивно-перцептивную активность, то есть методов, позволяющих наблюдать за работающим мозгом (позитронно-эмиссионная томография, функциональная магниторезонансная томография).

Когда мы пытаемся проанализировать процессы ощущения и восприятия, то необходимо исходить из эволюционной точки зрения – благополучие биологических видов зависит от того, насколько хорошо они приспособлены к экологической нише своего существования. При этом необходимо принимать во внимание несколько факторов: живые существа способны выживать только в тех условиях, которые удовлетворяют все жизненно важные потребности, и только тогда, когда они сами имеют такие биологические возможности и такой поведенческий репертуар, которые позволяют им эффективно использовать доступные ресурсы. Кроме того, выживание видов зависит также и от их приспособляемости к изменениям природной среды обита-

ния. Иными словами, чтобы быть жизнеспособными, виды должны *приспосабливаться* к той уникальной совокупности условий, которые им предлагает среда обитания.

Эта способность сформировалась в результате постепенного эволюционного процесса, зачастую не лишённого элементов случайности, проходившего на протяжении жизни многих поколений, и результатом этого процесса явилось успешное создание адаптационных механизмов и передача их по наследству потомкам. Это основа эволюционного принципа *естественного отбора*, благодаря которому отбирались и закреплялись лишь те наследуемые признаки, которые благоприятствовали выживанию и репродукции, а те, которые не способствовали - исчезали.

Однако естественный отбор механизмов адаптации к изменениям среды обитания – процесс медленный и на первый взгляд недостаточно эффективный, но, с другой стороны, он имеет и некоторые преимущества, которые образно сформулировал Л.Вольперт: эволюция весьма ленива; стоит ей выявить удачные способы заставить животных делать то, что надо, как она начинает пускать их в ход на каждом шагу, тем самым обеспечивая видам выживание.

В контексте настоящей работы особенно важной является идея о том, что эволюционные изменения, сохранённые благодаря естественному отбору, приводят к появлению таких способных к адаптации сенсорных систем, которые позволяют всем видам адекватно реагировать на те особенности окружающей среды, от которых зависит их выживание. Для получения информации и ресурсов все формы жизни должны взаимодействовать со своим окружением. У многоклеточных организмов в отличие, например, от амебы и одноклеточных организмов, в процессе эволюции появились специальные рецепторные клетки и структуры. Все эти рецепторные клетки отвечают на стимулирование нейронной активностью. Специализированные сенсорные рецепторы образовались в результате эволюции для того, чтобы помочь видам выжить за счёт избирательного реагирования на определённые формы энергии, которая несёт им жизненно важную информацию в экологической нише обитания.

Сенсорно-рецепторные структуры и механизмы могут быть поняты с точки зрения их функционального назначения, то есть насколько сенсорные системы биологических видов соответствуют требованиям выживания в конкретных естественных условиях.

Адаптация животных к удовлетворению требований, предъявляемых им средой обитания, является результатом как экономности, так и эффективности направляющих и формирующих сил естественного отбора. С другой стороны, сенсорные структуры способны адаптироваться и к *снижению* уровня требований окружающей среды.

Однако, как правило, специализация сенсорных структур увеличивает объём информации, который может быть получен из окружающей среды. По мере увеличения функциональной потребностей видов возникает необходимость в большей чувствительности к разным видам энергии и в особенности обнаруживать незначительную разницу между раздражителями. В ходе эволюции эта потребность нередко удовлетворяется за счёт развития более специализированных сенсорных механизмов.

2. КАКИМ ОБРАЗОМ ПРОИСХОДИТ СРАБАТЫВАНИЕ СЕНСОРА?

В психофизиологии вводится понятие *абсолютного порога* – минимального стимула (сигнала), который возможно обнаружить. Само данное понятие предполагает наличие точного значения на шкале интенсивности энергии, при достижении которого стимул сразу же становится воспринимаемым. Однако эксперименты свидетельствуют, что есть стимулы определённой интенсивности, которые наблюдатель иногда обнаруживает, а иногда – нет. Это изменение распознаваемости стимулов одной и той же интенсивности свидетельствует об изменении величины порога во времени. Подобный вывод – серьёзный вызов традиционному представлению о сенсорном пороге как о проявлении принципа «все или ничего». В настоящее время для решения проблемы восприятия и распознавания сигналов все шире начинает использоваться *теория обнаружения сигнала* (ТОС), принимающая во внимание психологические установки, предрасположенность к выбору определённых решений о детекции того или иного сигнала.

При обнаружении слабых сигналов (раздражителей) помимо *чувствительности* наблюдателя могут иметь значение и другие факторы: уровень внимания, мотивация выполнения задания, связанного с обнаружением сигнала, ожидание присутствия последних (установки) и другие аналогичные *несенсорные* факторы, которые в совокупности принято называть *искаже-*

нием ответа и которые могут влиять на вывод наблюдателя относительно присутствия или отсутствия сигнала. Иными словами, когда, выполняя задание, связанное с обнаружением сигнала постоянной интенсивности, наблюдатель дает различные ответы, нельзя с уверенностью сказать, связано ли это с некими изменениями его чувствительности или это всего лишь результат влияния на ответ таких несенсорных факторов, как нестабильность внимания или мотивации.

Почему обнаружение слабого сигнала дает такие нестабильные результаты? Что является источником подобной нестабильности? Рассмотрим, что происходит с сенсорной системой при воздействии на нее слабого внешнего раздражителя, например, тусклого света или негромкого звука. Если раздражитель достаточно интенсивен, в сенсорных рецепторах на нейронном уровне могут возникнуть потенциалы действия, способные повлиять на нейронную активность мозга. Эта активность сигнализирует нервной системе наблюдателя, что появились свет или звук. Однако даже при полном отсутствии внешних раздражителей и для сенсорной системы, и для мозга характерна непрерывная спонтанная нейронная активность. Эта спонтанная активность частично является результатом неупорядоченного возникновения потенциала действия. Ее сравнивают с шумовым фоном в радиоприемнике или со «снегом» на телевизионном экране и считают некой формой постороннего фонового шума в сенсорной системе. Помимо спонтанной сенсорно-нейронной активности нейронный шум может также включать непредсказуемые, случайные последствия усталости и влияние таких несенсорных причин искажений ответа, как уровень колебания внимания наблюдателя или его мотивация выполнения задания, связанного с обнаружением сигнала.

Хотя этот шум и не является частью внешнего раздражителя, который нужно обнаружить, возникая в неоднозначной ситуации, он способен существенно повлиять на обнаружение слабого сигнала. Наблюдатель обычно пытается понять, являются ли испытываемые им ощущения только результатом воздействия шума или на фоне этого шума он воспринимает и сигнал.

Задание, выполняемое наблюдателем в типичном эксперименте, связанном с обнаружением сигнала, заключается в том, чтобы определить, является ли испытываемое им ощущение, определяемое уровнем сенсорной активности, результатом действия сигнала или только одного шума. Согласно ТОС, наблюдатели, решая вопрос о том, присутствует сигнал или нет, вырабатывают для себя некий внутренний *критерий* результирующей сенсорной активности.

В соответствии с ТОС способность обнаруживать слабые сигналы изменяется во времени, поскольку на поведение наблюдателя влияют несколько относительно не зависящих друг от друга факторов. Один из них – это изменение уровня шума в самой сенсорной системе. Иными словами, сенсорные эффекты за счет изменения фонового шума или от постоянного сигнала в сочетании с изменяющимся фоновым шумом в период времени между двумя предъявлениями пограничных сигналов вызывает изменения способности обнаруживать их.

Второй фактор, влияющий на поведение наблюдателя – его *ожидания*, связанные с присутствием сигнала. В отличие от традиционных психофизических методов, в которых сигнал предъявляется при каждой попытке, в эксперименте по обнаружению сигнала вероятность того, что он будет предъявлен в данный момент, может изменяться. Изменение частоты предъявления сигнала создает условия для несенсорного искажения ответа – ожидания, - которое влияет на уровень выбираемого наблюдателем критерия и возникновения подобной ситуации в ходе эксперимента вполне возможно.

ТОС исходит из того, что нельзя определить величину абсолютного порога. Однако можно одновременно оценить и чувствительность наблюдателя по отношению к предъявляемому сигналу, уровень его критерия. Информация о влиянии этих двух параметров на обнаружение сигнала может быть получена из анализа связи между относительным количеством попаданий и относительным количеством «ложных тревог», которые зависят от критерия. Обычно для этого по оси ординат откладывают относительное количество положительных ответов на активность сигнал-шум, а на оси абсцисс – относительное количество положительных ответов при отсутствии сигнала («ложные тревоги»). Получающие при этом *рабочие характеристики приемника* (РХП) иллюстрируют связь между относительными количествами попаданий и «ложных тревог» при постоянной интенсивности сигнала. Термин РХП возник из представлений о том, что подобная кривая измеряет и описывает чувствительность наблюдателя при обнаружении сигнала.

Резюмируя изложенное, можно сказать, что не существует одного-единственного, абсолютного стимула с минимальной обнаруживаемой – пороговой – величиной. Однако это не означает, что само понятие порога ощущений следует отбросить. Правильнее признать тот факт, что общее понятие порога включает в себя и описывает отношение величин, восприятие которых зависит от различных несенсорных внешних факторов и индивидуальных особенностей наблюдателя. На самом деле порог как статистическое среднее – очень полезное понятие, имеющее достаточно широкое применение. Он позволяет провести аппроксимацию энергетического интервала и пределов сенсорной системы.

При этом следует иметь в виду, что существуют пограничные условия стимуляции – например, когда уровень интенсивности сигналов очень невысок или когда время их действия невелико, при которых они не вызывает несомненной ответной реакции. Тем не менее, возникает вопрос – могут ли эти незамеченные индивидуумами сигналы оказывать не прямое, но измеримое влияние на их поведение? Этот вопрос можно сформулировать и конкретнее: возможно ли наблюдать последствия влияния, которое оказывает на поведенческие параметры *подпороговая* (лежащая ниже порога) стимуляция? Способна ли стимуляция, о которой наблюдатель *не подозревает*, все же оказать на него такое влияние, которое можно оценить?

Подпороговое восприятие – предмет большого числа теоретических и экспериментальных исследований, однако его валидность остается дискуссионной.

Дифференциальный порог, или *порог различения* – это минимальная разница между двумя сигналами, необходимая для того, чтобы они были восприняты, как разные сигналы. Это мера наименьшей обнаруживаемой разницы между двумя сигналами. Она преимущественно отвечает на следующий вопрос: насколько должны отличаться друг от друга два сигнала, чтобы они были восприняты как разные раздражители?

На практике дифференциальный порог, так же как и абсолютный порог – это статистически определяемый параметр – разница между величинами двух сигналов, как правило, сравнимых и стандартных, обнаруживаемая в 50% случаев. Он представляет собой степень изменения физического сигнала, необходимую для того, чтобы вызвать *едва различимую разницу* (ЕРР) в ощущениях. Диапазон изменения дифференциального порога у разных людей велик. Так, например, дифференциация цвета у художников на порядок выше, чем у обычных людей. Важно понимать, что дифференциальный порог представляет собой меру способности наблюдателя отличить друг от друга два сигнала разной интенсивности и в качестве такой измеряется в физических единицах. В отличие от него ЕРР – результирующая психологическая единица, которая является единицей измерения субъективного опыта, или *сенсорной величиной*.

Подводя итог изложенному, можно сказать, что любой сигнал редко воспринимается субъектом изолированно. Исключение составляют разве что специально созданные в лаборатории условия. А это значит, что на восприятие сигнала могут влиять и связи, существующие между ним и его контекстом, или фоном. А это значит, что нельзя пренебрегать контекстом – влиянием на восприятие сигнала обстановки, предшествующей ему или создающейся впоследствии.

В этом состоит общий принцип восприятия сигналов: оно зависит не только от непосредственной сенсорной информации, которую сигналы несут в себе (например, размер, форма, положение в пространстве, цвет), но также и от контекста, в котором они возникают. Таким образом, на восприятие конкретного сигнала влияют все фоновые раздражители, включая те, что предшествовали ему.

Обратимся теперь к рассмотрению конкретно-специфических сенсорных систем человека.

3. ВИЗУАЛЬНАЯ СИСТЕМА.

С одной стороны, это одна из наиболее хорошо изученных систем, что отчасти обусловлено методологическими и техническими факторами. Визуальное стимулирование допускает четкое определение и может быть достаточно точно проконтролировано. С другой стороны, функциональная значимость зрения с точки зрения получения критически важной информации об окружающей среде бесспорна. В обработке визуальной информации участвует примерно половина коры головного мозга.

Физическим раздражителем для зрительной системы является свет, то есть электромагнитное излучение, которое характеризуется как длиной волны, так и интенсивностью.

В норме воспринимаются только длины волн в среднем от 380 нм до 760 нм, то есть очень узкая часть электромагнитного спектра, однако, это 80% солнечного спектра, достигающего поверхности Земли.

Энергия излучения информативна для субъекта только в том случае, если она воздействует на зрительную систему. Первоначально она должна быть трансформирована в нейронную форму, то есть, воздействуя на светочувствительную ткань, фотоны вызывают импульсы, передающие сенсорную информацию. Простая реакция на свет, например, у одноклеточной амебы, существенно отличается от настоящего формирования визуального изображения, так как светочувствительные структуры низших организмов скорее играют роль аккумуляторов света, нежели органов, формирующих изображение.

Как показывают исследования, при оптимальных условиях минимальное количество света, необходимое для того, чтобы вызвать зрительное ощущение – абсолютный порог, - лежит в пределах 5-14 квантов (в единицах светимости 0,000001 мЛ). Кроме того, при оптимальных условиях для активации одной палочки достаточно одного кванта световой энергии. Можно сказать, что человеческий глаз является очень чувствительным детектором света. Иными словами, предельная возможность порогового зрения определяется физической природой света, то есть если бы глаз был более чувствительным, то свет мог бы восприниматься не как непрерывное волновое явление, а как дискретная энергия, выделяющаяся квантами – фотонами.

В сетчатке содержатся фоторецепторы двух видов – *палочки* и *колбочки*, названные так благодаря своей цилиндрической и конической форме соответственно. Зрение, основную роль в котором играют колбочки, называется фотопическим зрением (греч. phot - “свет” и optos - “видеть”), а палочковое зрение – скотопическим зрением (греч. skotos – «темнота»). Следующая таблица сводит сведения о свойствах палочек и колбочек.

	Фотопическое зрение	Скотопическое зрение
<i>Рецептор</i>	Колбочки (около 7 млн.)	Палочки (около 125 млн.)
Положение на сетчатке	Сконцентрированы в центральной ямке	Расположены на периферии сетчатки
Уровень светимости, необходимый для функционирования	Дневной свет	Ночной свет
Максимальная длина волны	550 нм	500 нм
Цветовое зрение	Да	Нет
Темновая адаптация	Быстро (примерно 5 мин.)	Медленно (примерно 30 мин.)
Пространственное разрешение	Высокая острота, низкая чувствительность	Низкая острота, высокая чувствительность

Те животные, у которых в результате эволюции развилось цветовое зрение, приобрели определенные биологические преимущества. Они способны воспринимать не только признаки окружающих их объектов, которые являются следствием различной освещенности, - края и границы, но и другие их параметры. Цвет является источником дополнительной информации о различиях между объектами, он придает физическую целостность окружающему нас миру. Если сравнить изображения на экранах черно-белого и цветного телевизоров, то можно заметить, что цветное изображение значительно более информативно. В мире, лишенном цвета, многие особенности поверхностей (текстура, повторяющиеся сочетания элементов) останутся незамеченными. Цветовое зрение – элемент общей адаптивной способности к восприятию структуры поверхностей и объектов, из которых состоит окружающая среда.

Цветощущение – это субъективный результат воздействия на нервную систему отраженного луча, принадлежащего к видимой части спектра и имеющего определенную длину

волны. Цвета зависят от того, как именно зрительная система интерпретирует световые лучи с разной длиной волны, которые отражаются от предметов и воздействуют на глаз. Следовательно, цвет – это продукт деятельности зрительной системы, а не неотъемлемое свойство видимого спектра.

У.Райт так определял разницу между таким физическим параметром, каким является длина волны, и психологическим явлением – цветовым зрением: «Наши ощущения цвета – внутри нас, и до тех пор, пока нет наблюдателя, воспринимающего цвет, нет и самого цвета. Даже в цепи событий, происходящих между рецепторами сетчатки и зрительной корой, цветов еще нет, они появляются лишь тогда, когда информация получает окончательную интерпретацию в сознании наблюдателя» [38, с. 20].

Если основными физическими параметрами цвета являются длина волны образующего его отраженного света, интенсивность и спектральная чистота, то каждому из данных параметров соответствует психологический аспект ощущения цвета:

<i>Физический параметр</i>	Психологический параметр
Длина волны	Цветовой тон
Интенсивность	Яркость
Спектральная чистота (монохроматичность)	Насыщенность

Названия цветов и соответствующие им длины волн.

<i>Приблизительная длина волны, нм</i>	Соответствующий оттенок
380-470 нм	Красновато-синий
470-475 нм	Синий
475-480 нм	Зеленовато-синий
480-485 нм	Сине-зеленый
485-495 нм	Синевато-зеленый
495-535 нм	Зеленый
535-555 нм	Желтовато-зеленый
555-565 нм	Зелено-желтый
565-575 нм	Зеленовато-желтый
575-580 нм	Желтый
580-585 нм	Красновато-желтый
585-595 нм	Желто-красный
595-770 нм	Желтовато-красный (Чистый красный тон без всякого желтоватого оттенка подразумевает наличие небольшого количества синего цвета (400 нм). В соответствии с этим уникальность красного цвета заключается в его «экстраспектральности», то есть в том, что ни одна длина волны сама по себе не вызывает ощущение красного цвета)

Монохроматические цвета встречаются редко, скорее они существуют только в лабораторных условиях, воздействующий на глаз свет представляет собой смесь лучей с разной длиной волны.

Восприятие цвета любого предмета зависит также от того, насколько хорошо он знаком человеку, и от тех ассоциаций, которые он вызывает. Это утверждение особенно справедливо для тех случаев, когда возникает необходимость составить смеси, цвет которых соответствует

цвету стимулов, имеющих характеристические признаки и форму, ассоциирующиеся с объектами, всегда окрашенными в один и тот же цвет. В качестве примера можно привести восприятие серого цвета стимула, имеющего форму банана, как слегка желтоватого, а имеющего форму листа – как слегка зеленоватого. Влияние предшествующего опыта субъекта на восприятие им очевидного цвета называется эффектом принадлежности цвета (Э.Геринг).

В реальных условиях цвет объекта зависит не только от длины волны отражаемого им света, но и от того света, который его освещает. При изменении спектрального состава падающего света, то есть при изменении условий освещения предмета, изменится и отражаемый им свет. Желтоватый свет электрической лампы накаливания с вольфрамовой нитью, в котором заметно преобладают длинноволновые лучи, заметно отличается от голубоватого света люминесцентных ламп, в котором преобладают коротковолновые лучи, и оба они совсем не похожи на естественный солнечный свет, содержащий примерно в равном количестве все длины волн, образующие видимую часть спектра. Следовательно, может показаться, что и воспринимаемый нами свет любого предмета тоже будет изменяться в зависимости от того, каким светом он освещается. Однако в известных пределах предметы и поверхности сохраняют присущий им цвет при изменении спектрального состава падающего на них света. Таким образом, хотя спектральный состав света, отражающегося от поверхности предмета, на самом деле и изменяется при изменении спектрального состава падающего света, как правило, человек не замечает никаких изменений его цвета, а если и замечает, то лишь очень незначительные. Явление, в соответствии с которым цвет предмета остается постоянным, несмотря на изменение спектрального состава падающего на него света, называется *константностью восприятия цвета*.

В настоящее время нет исчерпывающего объяснения данного феномена, однако, можно указать на два перцептивных фактора, оказывающих на него существенное влияние:

- 1) влияние *фона*, то есть зрительная система способна учитывать и компенсировать изменения спектрального состава падающего света, влияющие в равной мере на все то, что в данный момент находится в поле зрения человека;
- 2) цветовая адаптация, то есть привыкание зрительной системы к тем длинам волн, которые доминируют в свете, испускаемом данным источником освещения. Вследствие цветовой адаптации зрение компенсирует воздействие любых лучей, доминирующих в искусственном свете. Эта относительная нечувствительность к доминирующим длинам волн падающего света уменьшает или полностью исключает их влияние на восприятие цветов – происходит сенсорная коррекция, результатом чего и является константность цветовосприятия.

Константность восприятия оказывает весьма заметное влияние на то, что субъект воспринимает окружающую среду как нечто стабильное. Было бы очень трудно узнавать предметы, если бы их цвет изменялся всякий раз, когда изменяется характер освещения. Пришлось бы по-разному называть цвета одного и того же предмета в зависимости от того, какие длины волн преобладают в падающем на него свете. В подобной ситуации легче было бы не пользоваться сенсорными впечатлениями, получаемыми благодаря цветовому зрению, а напротив – либо игнорировать, либо подавлять их.

В современной науке существуют несколько концепций, объясняющих феномен цветосприятия. Наиболее разработанными являются следующие две.

- 1) *Трехкомпонентная теория цветового зрения*, или теория Юнга-Гельмгольца. Свойства спектральных смесей цветов позволяют предположить, что для сетчатки характерны определенные структурные, функциональные и нейронные механизмы. Поскольку все цвета видимого спектра могут быть получены простым смешением в определенном соотношении всего лишь трех цветов с определенными длинами волн, можно предположить, что в сетчатке человеческого глаза присутствуют рецепторы трех соответствующих типов, каждый из которых характеризуется определенной спектральной чувствительностью. Основы этой теории были заложены в 1802 г. Томасом Юнгом, а дальнейшее развитие она получила в трудах Германа фон Гельмгольца, который высказал предположение о существовании рецепторов трех типов, отличающихся максимальной чувствительностью к синему, зеленому и красному цветам. По мнению Гельмгольца, рецепторы каждого из этих типов наиболее чувствительны к определенным длинам волн и соответствующие этим длинам

волн цвета воспринимаются глазом как синий, зеленый или красный. Однако избирательность этих рецепторов относительна, ибо все они в той или иной степени способны к восприятию и других компонентов видимого спектра. Иными словами, в известной степени имеет место взаимное перекрывание чувствительности рецепторов всех трех типов. Хотя эта концепция связана в первую очередь с именами Юнга и Гельмгольца, не менее существенный вклад в ее физическое обоснование внесли Исаак Ньютон и Джеймс Клерк Максвелл.

- 2) *Оппонентная теория процессов цветовосприятия*, создателем которой является немецкий физиолог Эвальд Геринг. Как и авторы предыдущей теории, он исходил из существования трех независимых механизмов, однако считал, что в основе каждого из них лежит пара оппонентных процессов цветоразличения: сине-желтый, зелено-красный и черно-белый. Каждый процесс способен вызвать сенсорные ощущения двух типов, являющиеся антагонистами друг друга. Таким образом, механизм цветовосприятия таков, что каждая пара способна вызывать только одно из двух возможных ощущений, то есть человек видит красный или зеленый цвет, желтый или синий, а не зеленый и красный и не желтый и синий. Эта теория была развита в работах Л.Гурвича и Д.Джеймсона, которые исходили из того, что в сетчатке существуют рецепторы трех типов и что каждому из них соответствует свой пигмент, чувствительный к свету с определенной длиной волны. Однако они пошли дальше Геринга, предположив, что эти рецепторы связаны с тремя парами нейронных оппонентных процессов, протекающих на более высоких уровнях зрительной системы. Существует сине-желтый, красно-зеленый и черно-белый процессы, но функция последнего скорее заключается в передаче ощущения от интенсивности света, а не цветового тона. В каждой паре нейронных процессов один психологический эффект противоположен другому (то есть синий антагонистичен желтому, а зеленый – красному). Например, красно-зеленый оппонентный процесс протекает так, что реакции на зеленый и красный цвет – диаметрально противоположны. Следовательно, в соответствии с представлениями Гурвича и Джеймсона, кодирование цвета представляет собой двухстадийный процесс – информация о длине волны сначала обрабатывается в сетчатке рецепторами трех разных типов – колбочками, после чего поступает на более высокий уровень зрительной системы, где и протекают три оппонентных процесса.

4. ПЕРЦЕПТИВНАЯ ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ.

Как уже отмечалось, восприятие – нечто значительно большее, нежели передача нервной системой нейронных импульсов в определенные участки мозга. Восприятие предполагает осознание субъектом самого факта стимулирования и определенные представления о нем, а чтобы это произошло, необходимо предварительно ощутить «ввод» сенсорной информации, то есть испытать *ощущение*. Таким образом, можно сказать, что восприятие есть процесс осмысления стимуляции наших сенсорных рецепторов. Поэтому восприятие представляет собой задачу сосредоточения на сенсорном сигнале, анализе и интерпретации для создания осмысленного представления об окружающем мире.

Анализ восприятия можно рассматривать как конечный продукт когнитивных операций, последовательно выполняемых наблюдателем под воздействием раздражителя благодаря двум процессам:

- *Процессы передачи информационных данных*, или восходящие процессы, которые начинаются с простых элементов – дискретных сенсорных признаков, переданных сенсорными рецепторами. К этим признакам относятся разница в светимости, пространственные частоты, положение элементов в пространстве. Зрительная система функционирует по принципу восходящего процесса, когда конструирование и создание идентифицируемых паттернов и форм становится результатом перцептивного объединения базовых элементов визуальной системы под воздействием не контролируемых человеком когнитивных механизмов. Входящая сенсорная информация передается с базового уровня вверх, на более высокие и интегративные уровни.
- *Процессы концептуализации информационных данных*, или нисходящие процессы, включают произвольное вовлечение абстрактных и более высоких уровней анализа

в реализацию процессов на более низком уровне: эти процессы восприятия формы преимущественно базируются на знаниях, ранее полученных наблюдателем, его предшествующем опыте, осмыслении и интерпретации, а также ожиданиях.

И восходящие, и нисходящие процессы являются формой проявления когнитивной активности и активности зрительной системы, и многие перцептивные события требуют их сочетания и взаимодополнения.

Окружающий мир постоянно через сенсорные каналы снабжает мозг информацией. Но мы не можем обращать внимание на *всю* доступную информацию. Связь между воздействием на субъекта окружающей среды и его осознанием этого воздействия осуществляется путем избирательного отбора информации.

Как мозг и сенсорные системы справляются с грандиозным информационным потоком? Ответа на этот «простой» вопрос до сих пор нет, но, как правило, то, на чем сосредотачивается внимание индивида в каждый момент, является результатом высокоизбирательного процесса, ограничивающего информационный поток.

В соответствии с *теорией интеграции отличительных признаков* восприятие признаков объекта является результатом двух основных стадий обработки информации, отличающихся друг от друга уровнем направленного на признаки внимания и затраченными усилиями [39]. На начальной стадии – *стадии предвнимания* – происходит быстрое извлечение и обработка информации, полученной рецепторами и позволяющей воспринимать базовые, простые и заметные отличительные признаки объекта – *перцептивные примитивы*, – играющие роль фундаментальных единиц, или элементов, восприятия. Обработка этих элементов на стадии предвнимания происходит автоматически и быстро, без сознательных усилий и сосредоточения. Процессы, характерные для этой стадии, происходят параллельно, то есть все элементы, попадающие в поле зрения, обрабатываются одновременно.

Стадия сфокусированного внимания протекает не мгновенно, а требует от наблюдателя усилий и пристального изучения объекта, например, требующий времени *последовательный поиск*, когда изображение рассматривается элемент за элементом. В отличие от стадии предвнимания, когда обработка информации происходит быстро и сразу по нескольким направлениям, на этой второй стадии требуется тщательное изучение объекта и сознательное, направленное внимание. Стадия сфокусированного внимания позволяет индивиду перцептивно скомбинировать и сгруппировать различимые базовые элементы – перцептивные примитивы, не идентифицированные на предыдущей стадии, в сложные целостные объекты.

Какие можно выделить примитивные признаки, которые дают возможность узнавать и идентифицировать объекты?

Согласно Б.Джулезу, существуют некоторые простейшие элементы текстуры – *текстоны*, которые представляют собой специфические, различимые характеристики элементов, образующие текстуру. К ним относятся:

- форма,
- кривизна,
- линейные сегменты,
- ширина,
- высота,
- соединения частей,
- углы наклона,
- углы пересечения разных наклонов.

Чем больше отличаются друг от друга текстоны разных элементов, тем проще отличить друг от друга и сами элементы.

Теория распознавания по компонентам И.Бидермана исходит из того, что распознавание объекта начинается с обработки информации о наборе примитивных отличительных признаков. Любой воспринимаемый трехмерный предмет может быть разложен на ряд элементарных составляющих – геометрических модулей, или компонентов, называемых *геонами* («геометрическими ионами»), причем существует 24 базовых геона. Комбинируя их в разных вариантах

можно получить объект практически любой формы. Для узнавания предмета достаточно трех его геонов.

Рассмотрим теперь *информационный подход* к механизму восприятия, исходящий из представления о восприятии как процессе, основанном на сборе, представлении (репрезентировании), обработке и распознавании информации, отражающей свойства наблюдаемого субъектом реального мира.

Этот подход, как уже отмечалось, был предложен Дэвидом Марром и исходит из того, что такие значимые перцептивные действия, как распознавание объекта, включает в себя решение зрительной системой проблемы, связанной с *обработкой информации*. «Что значит видеть? Обычно, отвечая на такой вопрос, человек сказал бы, что видеть – это узнавать при осмотре, что и где находится (Аристотель считал так же). Другими словами, зрение – это процесс определения по изображениям, что именно присутствует в окружающем мире и где находится» [28, с. 19].

По мнению Марра, визуальная система анализирует изображение на сетчатке и извлекает из него информацию точно так же, как компьютеры решают сложные задачи. В соответствии с информационным подходом принципиальной моделью, позволяющей понять механизм восприятия, является то, как компьютер раскладывает образ на элементы и анализирует его. Теория Марра сформировалась на основе компьютерного моделирования зрительной системы в момент распознавания ею объекта. Информационный подход пытается проследить весь процесс зрительного распознавания – начиная от спроецированного на сетчатке образа и вплоть до активного узнавания предмета наблюдателем. Начальный этап решения задачи распознавания объекта – дробление этой задачи на ряд последовательно выполняемых операций. Результаты обработки («обсчета») информации, получаемые на каждой предыдущей стадии, являются исходными данными для следующей стадии, и этот процесс продолжается вплоть до окончательного решения перцептивной проблемы, то есть до того момента, когда предмет распознан.

Марр считает сетчаточное изображение достаточным для восприятия, потому что в нем содержится все необходимые «вводные данные» - стимуляция, которая должна быть проанализирована для получения информации. Марр определил три важнейших информационных уровня, последовательного анализа информации, содержащейся образе на сетчатке. Для каждого уровня анализа характерен отдельный, специфический процесс обработки, который важен для успешного решения проблемы распознавания. Эти уровни организованы по иерархическому принципу: последовательный анализ информации начинается извлечения абстрактного (общего) представления о каком-либо аспекте окружающей среды, описываемого математически и приводящего к конкретному представлению, то есть к распознаванию конкретного объекта. Тремя уровнями извлечения из изображений информации о форме объекта, обчисляемыми независимо друг от друга, являются следующие типы представления:

- *Первоначальный эскиз*. В зависимости от отражения света предметами и объектами, находящимися в поле человека, и от того, как его глаз фокусирует свет, образ, возникающий на сетчатке, содержит паттерны разной интенсивности. Результатом начальной обработки зрительной информации является предварительное описание этих физических компонентов – выявление из текстуры, формы, положения в пространстве и расстояния от наблюдателя. Это создание первоначального эскиза, который зрительная система «рассчитывает» на основании различий между объектами и их фоном, возникающих за счет разных интенсивностей отражаемого ими света, таких как различия в светимости и т.п. Эту стадию можно сравнить с набором рутинных математических операций, она служит для обнаружения и акцентирования прерывистости светимости – резких изменений интенсивности – в образе на сетчатке, выявляя границы и края объектов. Таким образом, составление первоначального эскиза заключается в извлечении из сетчаточного образа информации о краях, контурах и границах, а также информации об их местоположении и ориентации в пространстве.
- *2.5-мерный эскиз*. На этом уровне обрабатывается информация, полученная на предыдущем уровне, но теперь цель – определение ориентации и глубины контуров и структур физического мира *относительно наблюдателя*. Таким образом, извлекается информация о глубине и расстоянии, связанная непосредственно с удалением этих структур от данного наблюдателя. Можно сказать, что в самом названии этой

стадии в известной мере отражена именно та точка, с которой начинает вырисовываться еще недостаточно четкая, но уже более определенная, чем на первом уровне, информация об окружающей среде, соответствующая восприятию данного наблюдателя, то есть речь идет об окружающей обстановке, которую видит наблюдатель, находящийся в определенной точке.

- *Представление трехмерной модели.* На этой последней стадии обработки зрительной информации контуры и структуры, извлеченные на второй стадии, трансформируются в *трехмерные модели*. В результате человек получает объемное изображение физического мира, которое преимущественно не зависит ни от местоположения наблюдателя, ни от его ориентации в пространстве. На этом этапе индивид распознает конкретные окружающие предметы и их взаимное пространственное расположение.

Информационный подход существенно отличается от других подходов к перцептивной обработке информации, основанных на восходящих процессах. Он трактует рецептивную активность, то есть распознавание объекта, как результата выполняемых зрительной системой и последовательно протекающих стадий обработки и обсчета информации, каждая из которых обрабатывает определенную часть информации, содержащуюся в образе на сетчатке, а затем обобщает ее и передает на следующую, более высокую стадию для дальнейшей обработки. Другими словами, действия зрительной системы представлены в виде последовательности выкладок и элементарных расчетов, выполняемых на основании сетчаточного образа. Информационный подход скорее представляет собой описание последовательности операций, выполняемых компьютерной программой, предназначенной для обработки и анализа информации о некоторых физических свойствах окружающего мира, нежели традиционное описание того, как визуальная система и мозг обрабатывают сенсорный сигнал. Поэтому этот подход тесно связан с такими областями познания, как искусственный интеллект и информатика.

Если информационный подход трактует восприятие как последовательность процессов обработки информации, содержащейся в изображении на сетчатке, результатом которых становится постепенное распознавание объекта, то *коннекционистская модель* исходит из представления о параллельно протекающих процессах. Центральная идея состоит в том, что зрительная система имеет большое, но конечное число функционирующих нейронных структур, паттерн распределения активности которых определяется отличительными признаками объектов.

Коннекционистская модель рассматривает распознавание как механизм непосредственной «привязки» сетчаточного образа к определенному характеру связей между нейронными структурами. Активность подгрупп нейронных единиц – *алгоритм нейронных связей* – отражает признаки сложного раздражителя. Можно сказать, что данная модель исходит из того, что распознавание сложного стимула возможно лишь при сетевой структуре связей, возникающих между простыми (одиночными) нейронами, «специализирующимися» на идентификации определенных отличительных признаков.

Резюмируя изложенное, можно сказать, что в основе обоих рассмотренных подходов лежит ориентированный на математическую обработку анализ информации, содержащейся в сетчаточном образе. В основе информационного подхода лежит представление о восприятии как о конструктивной обработке информации. В соответствии с этим представлением изображение на сетчатке обрабатывается постадийно, причем каждая стадия включает выполнение ряда элементарных математических операций. Конечный результат предыдущей стадии является исходной информацией для последующей, в результате чего объем информации от стадии к стадии увеличивается.

Коннекционистская модель исходит из того, что восприятие является результатом возникновения определенных связей между нейронными структурами, «настроенными» на восприятие тех или иных отличительных признаков объектов, и представляет собой попытку связать изображение, расположенное на сетчатке глаза, со специфической сетью нейронных связей между простыми нейронными структурами, специализирующимися на идентификации простых отличительных признаков визуальных объектов.

Однако фундаментальным вопросом работы когнитивных механизмов все-таки является проблема того, каким образом отдельные элементы поля зрения перцептивно объединяются с образованием целостной фигуры, а другие становятся фоном?

Для поиска ответа на этот вопрос фактически возникло такое направление как гештальт-психология (нем. Gestalt – «форма», «целостная конфигурация»), созданное Максом Вертгеймером, Куртом Коффкой и Вольфгангом Келлером.

Если структуралисты полагали, что восприятие представляет собой сумму базовых, элементарных единиц («сырых» ощущений), то с точки зрения гештальтистов разложение восприятия на элементарные компоненты без утраты смысла невозможно. Каждая базовая единица восприятия сама является восприятием, то есть «гештальты» и есть фундаментальные единицы.

Рассмотрим, например, восприятие музыкальной мелодии. Если мелодия, известная по исполнению в одной тональности, прозвучит в другой тональности, но при этом ноты сохранятся прежние, она все равно останется узнаваемой. Узнавание мелодии – это нечто большее, чем просто восприятие нот в определенной последовательности, но если разложить ее на отдельные ноты, то мелодия просто перестанет существовать. Следовательно, важны не сами ноты, а связь *между* ними. Именно воспринимаемая связь и придает мелодии ее неповторимость, то есть создает гештальт-восприятие. Можно сказать, что восприятие целого доминирует над восприятием частей. Эта мысль нашла выражение в кредо гештальт-подхода – *целое не есть простая сумма его частей*.

Когда гештальтисты занимались исследованиями восприятия, то они сумели определить свойства фигур, позволяющих человеку воспринимать форму. Существует фундаментальная организующая тенденция воспринимать глобальны – когерентные – характеристики физического мира на основе расположения, местоположений и взаимодействия образующих его объектов. Вертгеймер описал следующие факторы:

- **фактор близости** – предметы могут группироваться на основании того, что отделяющее их расстояние кажется небольшим. Воспринимаемая близость – группирование – может быть как пространственной, так и временной;
- **фактор сходства** - тенденция группировать элементы, кажущиеся похожими, аналогична тенденции группировать элементы, расположенные на небольшом расстоянии друг от друга;
- **фактор «хорошего продолжения»** – элементы, лежащие на одной прямой линии или кривой линии простой формы, легко воспринимаются как единое целое;
- **фактор «общей судьбы»** - в соответствии с этим фактором элементы, двигающиеся в одном направлении, перцептуально объединяются в одну группу. Подобное группирование происходит на основе идентичности, но этот принцип применим к элементам, *находящимся в движении*;
- **факт симметрии** – приоритет в перцептивном группировании отдается более естественным, сбалансированным и симметричным фигурам;
- **фактор замкнутости** – при группировании предпочтение отдается тому варианту, который благоприятствует восприятию более замкнутой или завершенной фигуры. Незавершенным фигурам в определенной мере свойственна тенденция восприниматься как завершенные, особенно если стимулы предъявляются на короткое время;
- **фактор однотипной связи** – восприятие отдельно взятой структуры, образованной физически связанными между собой элементами. Это относительно новый результат, который позволили сформулировать недавние исследования (Rock & Palmer, 1990). Влияние однотипной связи на восприятие оказывается даже более сильным, нежели влияние сходств и близости элементов;
- **закон прегнантности**, или закон *хорошей формы* – совокупность многих из перечисленных выше факторов, постулирующая существование тенденции к восприятию самой простой и стабильной конфигурации из всех возможных вариантов. Однако хотя описательный термин «хорошая» интуитивно понятен, вкладываемый в него смысл нуждается в уточнении. Попытка количественно оценить структурные свойства формы, делающие ее «хорошей», была предпринята Хохбергом и Мак-Алистером (Hochberg&McAlister, 1953). Они предположили, что форма тем лучше, чем меньше информации требуется для ее распознавания. Иными словами, на практике больше вероятна реализация той перцептивной альтернативы, для которой нужно меньше информации, чем для других и которая базируется на «лучшей» из

возможных форм. Следовательно, с гештальтистской точки зрения, «хорошей» является простая и стабильная форма.

В реальности гештальтистские принципы не проявляются обособленно, независимо друг от друга, они взаимодействуют, создавая условия для четкого и осмысленного восприятия. Многочисленные иллюстрации действия указанных факторов можно увидеть на сайте www.log-in.ru

Как уже отмечалось, восприятие – это нечто большее, чем образование проекции стимула на сетчатку. Одной только совокупности внешних визуальных раздражителей – паттернов отдельных объектов, образованных линиями, точками и изменениями светлоты, – еще недостаточно для создания того осмысленного, структурированного визуального мира, который человек воспринимает на самом деле. Восприятие окружающего мира зависит и от определенной предрасположенности наблюдателя, и от его намерений. В обработке входящей визуальной информации важную роль играют и психологические процессы, более избирательные и изменчивые, чем рассмотренные выше гештальтистские принципы. На восприятие влияют и прошлый опыт, и напоминания, и ожидания, и внушение, и окружающая обстановка, и именно этим влиянием определяется готовность определенным образом – беспристрастно или предвзято – реагировать на визуальное стимулирование. То, что субъект настроен на определенное восприятие окружающего мира, является результатом всех этих влияний – определенной **перцептивной установкой**. В «Гамлете» Шекспир намекает на роль внушения в организации восприятия и придании смысла знакомым, но кажущимся бесформенными конфигурациям – облакам. Об этом идет речь в отрывке, в котором Гамлет откровенно издевается над Полонием:

Гамлет. Вы видите вон то облако, почти что вроде верблюда?

Полоний. Ей-богу, оно действительно похоже на верблюда.

Гамлет. Но, по-моему, оно похоже на ласточку.

Полоний. У него спина, как у ласточки.

Гамлет. Или как у кита?

Полоний. Совсем как у кита [40, т. 6, с. 89].

Следовательно, перцептивная установка – это своего рода определение перцептивных приоритетов, или готовность воспринимать мир, являющаяся следствием предшествующего опыта и контекста, в котором происходит восприятие. С помощью нисходящего процесса обработки информации перцептивная установка привлекает к участию в восприятии те допущения и тот предшествующий опыт, которые необходимы для выработки генеральных стратегий, применимых ко всей конфигурации. В свою очередь, эти подходы определяют восприятие элементов и их деталей. Следовательно, восприятие элементов «картины» определяется изначальной «большой картиной».

Восходящий Нисходящий процесс обработки информации предполагает механизм распознавания, в соответствии с которым оно начинается с извлечения базовой сенсорной информации, фиксируемой рецепторами (то есть информации о различиях в светлоте, информации об углах, контурах, ориентации). Затем эта информация интегрируется и обрабатывается зрительной системой до тех пор, пока стимул не будет распознан. Однако теперь мы подчеркиваем важное значение и роль нисходящих процессов, то есть такой организации восприятия, в которой главную роль играет контекст, предшествующий опыт и общие знания человека, перцептивная установка, ожидания и т.п.

Восприятие базируется на процессах обоих типов. Как правило, на восприятие человека влияют не только извлечение, интеграция и анализ информации о базовых признаках стимулов, но также формирующий перцептивную установку контекст и ожидания.

5. ВОСПРИЯТИЕ ДВИЖЕНИЯ И ПРОСТРАНСТВА.

Биологическая роль восприятия движения велика, информация о движении имеет решающее значение для выживания большинства биологических видов, а поэтому в ходе эволюционного развития именно к формированию способности воспринимать движение окружающая среда предъявляла самые жесткие требования.

Казалось бы, наиболее общий способ вызвать восприятие движения – последовательная стимуляция ряда соседних сетчаточных элементов. Однако, как показывают исследования, та-

ким способом нельзя вызвать восприятие всех форм движения. Движения объекта воспринимаются только в том случае, если его образ на сетчатке относительно неподвижен, то есть тогда, когда глаза совершают следящие движения. При этом движения глаз совпадают с движением объекта, вследствие чего ретинальное изображение более или менее неподвижно. По мнению Р.Грегори, существуют две взаимосвязанные системы восприятия движения:

- «изображение-сетчатка»
- глаз-голова.

Для системы «изображение-сетчатка» эффективный способ вызвать восприятие движения – последовательная стимуляция примыкающих друг к другу сетчаточных рецепторов. Если глаз относительно неподвижен, как, например, во время фиксации взгляда, по сетчатке «пробегает» ряд изображений, вызванных движущимся стимулом. Регистрируемое таким образом движение – результат последовательной активности рецепторов сетчатки, через которые «пробегает» образ предмета.

Когда человек следит глазами за движущимся объектом, то, как правило, его глаза совершают следящие движения, и изображение объекта на определенном участке сетчатки остается более или менее неподвижным. В этом случае движение глаз компенсирует движение объекта, но это не мешает субъекту воспринимать его. Если объект, за которым ведется наблюдение, передвигается на фоне неподвижной поверхности (например, катящийся по полу мяч), изображение объекта на сетчатке остается неподвижным, а и изображение поверхности будет скользить («пробегать») по ней. Однако для восприятия движения объекта восприятие стимуляции поверхностью не обязательно. Например, движение светящейся точки в темной комнате дает достаточно информации для восприятия движения, хотя в то время, когда мы следим за ней, нет никакой стимуляции сетчатки фоном.

Каким образом объект может быть воспринят как находящийся в движении, если его изображение на сетчатке более или менее неподвижно?

Когда глаза следят за движущимся объектом, мозг посылает им нейронные сигналы (эфферентные сигналы), благодаря которым глаза в глазницах двигаются именно так, как надо в данный момент. Эти команды глазным мышцам поступают непосредственно как ответ на движение объекта и только тогда, когда глаза совершают произвольные движения.

В то же время одним из наиболее распространенных зрительных событий является сканирование окружающей обстановки и восприятие ее как стационарной. Почему, несмотря на движение глаз, то, что находится в поле зрения, остается неподвижным?

Когда глаза совершают активные движения, по сетчатке пронесется поток образов окружающих нас предметов, при этом стимулируется ряд рецепторов сетчатки, и в соответствии с функционированием системы «изображение-сетчатка», мы должны были бы воспринимать движение, однако этого не происходит. Для объяснения этого явления в рамках **теории упреждения сигнала** была высказана мысль о наличии гипотетического нейронного механизма, который учитывает командные сигналы, автоматически приводящие глаза в движение, и сравнивает их с результирующими изменениями изображения на сетчатке, вызванными движениями глаз. Иными словами, когда мозг посылает глазным мышцам моторную команду, он одновременно посылает в гипотетический *центральный блок сравнения сигналов* и связанный с этой командой *упреждающий сигнал*, также называемый *утечкой сигнала*.

Полагают, что функции центрального блока сравнения сигналов исполняет мозжечок. Таким образом, сигналы, приводящие в движение глаза, регистрируются сетчаткой. Эта вводная информация о движении (*афферентные сигналы*), зарегистрированные сетчаткой, поступают в центральный блок сравнения сигналов, где сравниваются с упреждающими сигналами, пришедшими туда из мозга.

Если входящие сигналы согласуются с упреждающим сигналом или соответствуют ему, то есть если оба сигнала указывают на присутствие движения, то движения глаз вызывают перцептивную *отмену*, или подавления перемещения сетчаточного образа. Вследствие этого окружающая обстановка и воспринимается как стационарная, несмотря на изменения в ретинальном изображении, вызванные его перемещением. Следовательно, если изменения в сетчаточном образе произвольны, то есть являются исключительно результатом активных движений глаз, а не результатом движения объекта или всего того, что находится в поле зрения, последующий сетчаточный входящий сигнал соответствует упреждающему сигналу и зрительная

система компенсирует или отменяет эти изменения. Перцептивным результатом такой ситуации является восприятие визуального объекта как *неподвижного*. Напротив, если движения образа на сетчатке, отражением которого является сигнал, входящий в центральный блок сравнения, не соответствует упреждающему сигналу, движение *воспринимается*.

Это типичные условия функционирования зрения, в которых «работает» система восприятия движения «изображение-сетчатка», благодаря которой визуальная система способна отличить движение ретинального изображения, вызванного одними лишь активными, произвольными движениями глаз, от его движения, причиной которого является реального перемещении различных объектов.

Следовательно, когда человек следит за перемещающимся объектом, его образ остается зафиксированным на сетчатке благодаря функционированию системы «глаз-голова», а поэтому упреждающий сигнал *не вызывает* его перцептивной отмены. Именно поэтому мы и воспринимаем движение. Напротив, входные сигналы, являющиеся следствием стимуляции сетчатки фоном объекта, отменяются, и фон воспринимается как неподвижные. Таким образом, когда глаза совершают активные следящие движения, поле зрения неподвижного фона объекта стабильно, и воспринимается только перемещение физически движущихся объектов.

Интересные эффекты возникают в случае *непроизвольных* движений глаз, то есть в ситуации, когда отсутствуют упреждающие сигналы. В этом случае стимуляция сетчатки перемещающимися по ней изображениями не может быть компенсирована и движение объектов или всего того, что находится в поле зрения, будет восприниматься. Это наблюдение было сделано Германом фон Гельмгольцем: когда глазное яблоко приводится в движение искусственно, *пассивно*, то есть когда стимулируется *только* система восприятия движения «изображение-сетчатка», создается превратное впечатление, что все, попадающие в поле зрения, находится в движении.

Эксперимент, противоположный эксперименту Гельмгольца, произвел Эрнст Мах. Вместо приемов, искусственно вызывающих движение глаз, он фиксировал их мастикой так, чтобы они не могли двигаться. Когда же он все-таки пробовал привести их в движение, то оказалось, что визуальная сцена движется в том же направлении, что пытались двигаться глаза. Таким образом, одни лишь упреждающие сигналы без сравнения с ними афферентных сигналов движения создают только впечатление, что поле зрения перемещается в том же направлении, в котором пытаются, но не могут двигаться глаза.

Можно свести в следующую таблицу результаты экспериментов по изучению влияния движения объекта, изменений сетчаточного изображения и произвольных движений глаз на восприятие движения.

Система восприятия движения	Типичная активность	Активность объекта (или окружающей обстановки)	Образ на сетчатке	Произвольные движения глаз и упреждающие сигналы	Восприятие
«Изображение-сетчатка»	Фиксация	Движение	Изменяется	Нет	Движение
«Глаз-голова»	Сканирование	Неподвижен	Изменяется	Да	Отсутствие движения
«Глаз-голова»	Слежение	Движение	Не изменяется	Да	Движение

Рассмотрим первую ситуацию, когда активна только система «изображение-сетчатка». Объект перемещается в поле зрения, его образ на сетчатке изменяется, но глаза неподвижны. Упреждающих сигналов, способных отменить изменения, происходящие на сетчатке, нет, и движение воспринимается. Подобно возможно в том случае, когда взгляд зафиксирован на неподвижном объекте, в поле зрения возникает другой, движущийся объект. Во второй ситуации активна система «глаз-голова». Глаза сканируют неподвижную сцену, вызывая изменения

сетчаточного образа. Однако, поскольку движения глаз самопроизвольны, результирующие упреждающие сигналы компенсируют в центральном блоке сравнения сигналов сигналы об изменениях, происходящих на сетчатке, и движение не воспринимается. Именно это и происходит, когда человек просто смотрит на неподвижные предметы вокруг себя. Третья ситуация тоже описывает активную систему «глаз-голова». Объект перемещается на фоне другого, неподвижного объекта, а глаза наблюдателя совершают следящие движения. Изображение объекта на сетчатке зафиксировано. В результате. Поскольку движения глаз самопроизвольны, упреждающие сигналы отменяют изменения в ретинальном изображении, вызванные стимуляцией фоном, который поэтому и воспринимается как неподвижный. Однако поскольку эти сигналы не компенсируют сигналов от неподвижного ретинального изображения объекта, за которым следят глаза, последний и воспринимается как движущийся. Подобное происходит тогда, когда глаза следят за перемещающимся объектом.

Когда человек поворачивает голову, шею или поворачивается телом, и эти движения совершаются независимо от движений глаз, ему не кажется, что вокруг много двигающихся объектов. Общий механизм, лежащий в основе системы восприятия движения «глаз-голова», не просто следит за движениями глаз, но и управляет общей ориентацией индивидуума. Благодаря этому мозг учитывает взаимодействие визуальной информации и информации о положении тела в пространстве таким образом, что мы, совершая активные движения, несмотря на вызванные ими изменения сетчаточного изображения, *преимущественно* воспринимает окружающий мир как относительно стабильный.

Насколько эффективно человек обнаруживает движение? Пороговые значения для восприятия движения – минимальная скорость, которая может быть обнаружена, – зависят от многих физических психофизиологических факторов, а не только от скорости движения как таковой. Порог восприятия движения зависит от таких факторов, как:

- величина объекта и
- компоненты пространственной частоты,
- расстояние от движущегося объекта и
- его фон (однородный или текстурированный),
- уровень освещенности,
- стимулируемый участок сетчатки и
- степень адаптации глаз.

Лучше всего движение обнаруживается в тех случаях, когда хорошо освещенные стимулы, образы которых проецируются на центральную ямку глаза, перемещаются на форме неподвижного предмета. Когда стимулируется центральная ямка, хорошо освещенных стимул величиной $0,8 \text{ см}^2$, находящийся на расстоянии, равном 2 м, обнаруживается при условии, что скорость его движения равна примерно $0,2 \text{ см/с}$. Если стимул, находящийся на расстоянии 2 м от наблюдателя, движется со скоростью, превышающей 150 см/с , он воспринимается скорее как размытое пятно, нежели как движущийся стимул. Иными словами, объекты, которые перемещаются либо слишком медленно, либо слишком быстро, не воспринимаются как движущиеся.

В повседневной жизни люди постоянно движутся и воспринимают всевозможные объекты с разного расстояния, под разными углами зрения и при разном освещении. Благодаря этому характер стимуляции сетчатки постоянно меняется, однако вопреки этому воспринимаемый мир отличается стабильностью и неизменностью. Эта способность называется **константностью восприятия**, которая значительно расширяет наши представления о восприятии пространства.

Константность восприятия – одно из наиболее значительных достижений эволюции, однако при всей важности этот механизм зрительной системы еще недостаточно изучен. Константность восприятия реализуется автоматически и дана нам от рождения, поэтому обычно человек не задумывается о той роли, которую она играет в его взаимодействии с окружающим миром. Без константности восприятия непрерывно меняющиеся условия симуляции превратились бы в ряд хаотичных зрительных ощущений. Данная страница является белой независимо от того, чем она освещена – Солнцем, яркой настольной лампой, огнем зажигалки. При удалении или приближении к ней не кажется, что ее величина заметно увеличивается или уменьшается, однако в соответствии с законами геометрии величина изображения страницы на сетчатке

пропорциональна расстоянию между страницей и читателем. По своей форме страница прямоугольник, и ее форма не зависит от того, под каким углом смотреть на нее, однако ее изображение на сетчатке по своей форме практически всегда гораздо ближе к трапеции, нежели к прямоугольнику. Способность воспринимать неизменными отличительные признаки окружающей обстановки базируется отнюдь не только на абсолютном количестве отраженного света или на форме и величине ретинального изображения. Константность восприятия – нечто большее, чем простое восприятие изолированных визуальных стимулов. Наблюдатель должен каким-то образом оценить и интерпретировать сигналы, принимаемые им в ходе стимуляции, учитывая всю совокупность обстоятельств, в которых она происходит.

Существует несколько основных форм константности восприятия:

- Константность восприятия светлоты – это тенденция воспринимать светлоту объекта постоянной вопреки изменениям его освещенности. Отчасти этот вид константности можно объяснить постоянством свойств отражающей поверхностей и объектов и зависимостью светимости объектов от светимости фона.
- Константность восприятия размера – это тенденция воспринимать размер объектов постоянными вопреки изменениям размера ретинального изображения, которые происходят при изменении расстояния между объектами и наблюдателем. Можно отметить, что эта форма константности зависит от признаков глубины и удаленности – если эти пространственные признаки выражены слабо или отсутствуют, соответственно снижается или пропадает константность восприятия размера.
- Константность восприятия формы – это тенденция воспринимать форму объекта как постоянную даже тогда, когда он рассматривается под разными, порой существенно отличающимися углами зрения. Также же как и константность восприятия размера, эта форма константности зависит от объема доступной наблюдателю информации о пространственных признаках и появляется в той мере, в какой ему доступны сведения об угле наклона объекта и его ориентации.

Константность восприятия способствует тому, что воспринимаемый физический мир практически таков, каков он есть на самом деле, а в этом смысле константность – наглядный пример адаптивного механизма, соответствующего биологическим потребностям человека. Однако при некоторых условиях константность, судя по всему, уменьшает полноту и точность нашего восприятия, которое становится скаженным, или ошибочным, то есть *иллюзорным*.

Изучено огромное количество визуальных иллюзий восприятия. Среди них можно перечислить наиболее известные:

- иллюзия Луны,
- иллюзии Мюллера-Лайера,
- иллюзия Понцо,
- иллюзия Поггендорфа и др.

Исследователи предложили много способов объяснения и большое количество факторов, определяющих возникновение иллюзий. Главная гипотеза состоит в том, что происхождение каждой отдельной иллюзии связано с несколькими источниками, часто которых определяется структурой глаза и нейронными процессами, происходящими на сетчатке, а часть – когнитивными факторами более высокого уровня, включая логические суждения и предшествующий опыт. Можно предположить существование двух не зависящих друг от друга первичных уровней механизмов искажения, каждый из которых может участвовать в создании иллюзорного восприятия:

- *оптико-ретиальные (структурные) компоненты;*
- *когнитивные компоненты.*

В основе первых лежат анатомические или физиологические механизмы зрительной системы. Структурные факторы включают искажения, создаваемые такими формирующими ретинальное изображение элементами глаза, как роговица и хрусталик, а также фактор кривизны самой сетчатки глаз.

К числу когнитивных компонентов, вносящих свой вклад в возникновение иллюзий, относятся предшествующий опыт, научение и внимание. Кроме этих факторов можно перечислить следующие:

- продолжительность нахождения в поле зрения человека стимула, вызывающего визуальную иллюзию, и
- научение в результате опыта.

Хорошо известно, что эффект многих зрительных иллюзий при их продолжительном воздействии на зрительную систему снижается. Установлено, что обратная связь, или научение в результате опыта, играет решающую роль в снижении подверженности влиянию иллюзии Мюллера-Лайера. Однако несмотря на то что «степень иллюзорности» многих иллюзий при их продолжительном воздействии на визуальную систему и снижается, как правило, нулевого значения она не достигает.

Однако, обсуждая пространственные иллюзии, хотелось бы подчеркнуть следующее. Мы неоднократно говорили о том, что в результате эволюции зрительная система получает возможность извлекать полезную, точную пространственную информацию из естественных визуальных образов. Иллюзии ни в коем случае не опровергают этого положения. Несмотря на огромное количество зрительных иллюзий, они являются замечательным показателем успеха, достигнутого визуальной системой человека в ходе эволюции, ибо она все-таки очень редко позволяет вводить себя в заблуждение, результате которого становится искаженное восприятие пространства.

6. АУДИАЛЬНАЯ СИСТЕМА.

Слух – уникальный источник жизненно важной информации о том, что происходит в непосредственной близости от человека, а аудиальная система – одна из самых «бдительных» сенсорно-перцептивных система: она всегда начеку и в любой момент готова к восприятию звуковых сигналов. Мир наполнен звуками – некоторые из этих звуков - всего лишь шум, случайные звуки (гул, скрежет, лязг и скрип), которые в большинстве случаев не несут никакой важной информации. Однако часть слышимых звуков несет в себе полезную информацию о том, что происходит в непосредственной близости от субъекта – в первую очередь это относится к тем звукам, с помощью которых индивид определяет местоположение объектов.

Слух является основой, на которой базируется наша социальная структура. Эволюция голосового аппарата человека и сложного мозга создала основу для возникновения единственной в своем роде формы звуковой коммуникации с использованием языка.

Звуки, которые мы слышим, являются результатом преобразования определенной формы механической энергии и представляют собой паттерны последовательных возмущений давления, происходящих в разных средах – жидких, твердых или газообразных. Паттерн изменений давления воздуха, представленный в виде компрессий (сжатий) и декомпрессий (разрежений) окружающего воздуха, называется **звуковой волной**.

Основными физическими характеристиками звуковых волн являются:

- частота,
- амплитуда, или интенсивность, и
- сложность.

Перечислим сразу же соответствующие *психологические (субъективные)* эффекты звука:

- высота,
- громкость,
- тембр.

Частота является характеристикой, свидетельствующей о том, насколько быстро протекает цикл изменений давления и измеряется числом циклов изменений давления, происходящих в течение 1 секунды.

Для описания звуковых волн используется также **длина звуковой волны** – линейное расстояние между двумя последовательными компрессиями.

Частота характеризует физическое свойство звука – число изменений звукового давления в секунду. Психологическим параметром аудиального стимула, непосредственно связанным с

его частотой, является абсолютная высота тона, и звуки разной высоты вызывают у человека разные ощущения: они могут казаться высокими или низкими.

Предельные значения высоких и низких частот, воспринимаемых млекопитающими, приведены в таблице [37, с.534].

Предельные значения высоких и низких частот, воспринимаемых млекопитающими, принадлежащими к разным видам, Гц:

	Предельное значение низкой частоты	Предельное значение высокой частоты
Слон	17	10000
Человек	20	20000
Корова	23	35000
Лошадь	55	33500
Собака	60	45000
Обезьяна	110	45000
Крыса	650	60000
Мышь	1000	90000
Летучая мышь	3000	120000

Звуки отличаются друг от друга не только по высоте, но и по **амплитуде** – количеству изменения звукового давления, то есть степени смещения относительно положения покоя.

Громкость – слуховое ощущение, или психологический параметр, определяемый величиной амплитуды. Звуковые волны с большими амплитудами, соответствующими большим изменениям звукового давления, воспринимаются как громкие звуки, а волны с небольшими амплитудами, соответствующие незначительным изменениям звукового давления, воспринимаются как звуки малой интенсивности.

В таблице приведены данные о связи между звуковым давлением и децибелами для некоторых известных источников звуков [37, с.498]:

Давление, дин/см²	дБ	Источник звука
2000	140	Реактивный самолет в момент взлета. Может вызвать боль и стать причиной травмы.
200	120	Раскат грома, сопровождаемый ударом молнии, рок-музыка, передаваемая через усилитель.
20	100	Интенсивный транспортный поток, шум метро, пневматическая дрель.
2,0	80	Заводской шум, фен для сушки волос, пылесос.
0,2	60	Обычный разговор.
0,02	40	Офис, в котором занимаются канцелярской работой, или жилое помещение.
0,002	20	Шепот, шелест листьев.
0,0002	0	Слуховой порог.

Большинство звуков, которые человек слышит в реальной жизни, - это сочетание акустических сигналов. Каждый из которых может быть представлен своей собственной синусоидой, вследствие чего их общая суммарная синусоида отличается **сложностью**. Как правило, любой источник сложных звуковых колебаний одновременно создает звуковые волны с разными частотами. Самые низкие частоты, называемые **фундаментальной частотой**, или первой гармоникой, определяет высоту сложного звука. Например, струна колеблется как единое целое, однако колебания создает не только вся струна целиком, что является источником фундаментальной частоты, одновременно звуковые волны генерируются и отдельными участками струны, представляющими собой строго определенные доли ее общей длины.

Эти дополнительные колебания с частотами, кратными фундаментальной частоте, называются **гармониками** (обертонами). Иными словами, фундаментальная частота представляет собой самую низкую частоту сложной звуковой волны, все более высокие частоты, кратные частоте фундаментальной волны, представляют собой гармоники последней. Согласно теореме Фурье, любая сложная периодическая волна может быть представлена в виде суммы ряда простых синусоидальных волн, каждая из которых имеет свои собственные частоту и амплитуду. Математический анализ Фурье начинается с фундаментальной частоты – самой низкой частоты из всех, представленных в сложной волне. Именно к ней добавляются синусоидальные волны, более высокие частоты которых кратны фундаментальной частоте.

Однако аудиальная система может лишь приблизительно анализировать сложные волны по методу Фурье: она разлагает их на составляющие компоненты и направляет информацию о представленных в ней частотах на более высокие уровни аудиальной системы в головном мозге. Этот феномен известен как акустический закон Ома: когда на человека воздействует относительно сложный звук (аккорд, образованный несколькими нотами), то индивид оказывается способным оценить вклад, внесенный в него отдельно каждой нотой, то есть воспринять индивидуальные частотные компоненты сложного звука.

Психологическим аспектом восприятия звука, отражающим сложность звуковой волны, является тембр. Подводя итог, можно сказать, что высота сложного звука зависит, в первую очередь, от его фундаментальной частоты, а тембр – от гармоник.

В настоящее время доминируют две основные теории механизмов слуха, объясняющие каким образом сенсорные структуры уха так обрабатывают информацию о частоте звуков. Что у субъекта появляется возможность воспринимать абсолютную высоту тона:

1. **Теория места.** Каждой стимульной частоте соответствует свое строго определенное место на *базиллярной мембране* улиткового канала. Эта мембрана упруга и эластична, и ее смещение зависит от частоты воспринимаемого звука. В центральном улитковом канале находятся специализированные сенсорные структуры, нервы и опорные ткани, преобразующие звуковые колебания в нервные стимулы. Общее название этой рецепторной структуры – **кортиева орган**. В состав кортиева органа входят колонки специализированных волосковых клеток, объединенных в две группы, отделенные друг от друга кортиевым тоннелем. Клетки одной группы называются внутренними волосковыми клетками (их число равно приблизительно 3500), клетки другой группы – наружными волосковыми клетками (их число равно приблизительно 20000), каждая клетка имеет до 100 тончайших, чувствительных нитевидных щетинок, называемых *стереоресничками*, или просто ресничками. Внутренние клетки образуют одну колонку, а наружные волосковые клетки – три колонки. От внутренних и наружных волосковых клеток отходит около 50000 слуховых нервных волокон. Однако количество волокон, связанных с внутренними и наружными клетками, не равно и не пропорционально числу самих клеток. Приблизительно 90-95% нервных волокон принадлежат относительно расплывчатым внутренним волосковым клеткам, а остальные 5-10% - более многочисленным наружным волосковым клеткам. В зависимости от частоты колебаний жидкости, содержащейся в улитке, вызываются смещения разных участков базиллярной мембраны, которые в свою очередь, стимулируют связанные с ними волосковые клетки и соответствующие последним нервные слуховые волокна. Иными словами, волосковые клетки, расположенные у основания базиллярной мембраны, отличаются повышенной чувствительностью к высокочастотным звукам, а волосковые клетки вблизи верхушки улитки, напротив, более активно реагируют на стимуляцию низкими частотам. Организация по *топотопическому* принципу свойственна всем уровням аудиальной системы. Таким образом, нервные волокна, связывающие базиллярную мембрану со слуховой корой, переносят информацию о тех же самых определенных частотах, что и участок мембраны, который они иннервируют. Следовательно, теория места описывает пространственный код частоты. В качестве вывода отметим, что основой этой теории является представление о том, что разные частоты возбуждают разные участки базиллярной мембраны, а

также непосредственно связанные с этими участками волосковые клетки и принадлежащие им волокна слухового нерва и нейронные структуры аудиальной коры, благодаря чему человек и слышит звуки разной абсолютной высоты. Ранняя версия этой теории принадлежит Герману фон Гельмгольцу, который сформулировал ее в 1863 году, высказав предположение о пространственном распределении частот в улитке, то есть о том, что резонансные свойства ее разных участков различны, однако человеком, открывшим физический механизм возбуждения во внутреннем ухе следует признать Георга фон Бекеша (1899-1972), получившего экспериментальные доказательства теории места. Подводя итог, можно сказать, что в соответствии с теорией места частотный анализ и восприятие высоты звука определяется строй дифференциацией активности различных участков базилярной мембраны и тем, какие именно волосковые клетки иннервируются. Обработка информации об интенсивности, или амплитуде, аудиального стимула и возникающее вследствие этой обработки ощущение громкости звука определяются уровнем нейронных импульсов, генерируемых в результате смещения базилярной мембраны.

2. **Временная (частотная, или телефонная) теория** исходит из того, что базилярная мембрана колеблется как единое целое, воспроизводя частоту колебания звука. В результате этого потенциалы действия в нейронах аудиальной системы возникают с той же самой частотой, которая присуща звуковому стимулу. Следовательно, частота передается слуховому нерву напрямую, в результате колебаний структурных элементов улитки, и этот процесс во многом похож на передачу звуков диафрагмой телефонного аппарата или микрофона. Так, при частоте стимула 250 Гц слуховой нерв пропускает 250 импульсов в секунду, при частоте 500 Гц и 1000 Гц - соответственно в два и в четыре раза больше. Согласно временной теории, воспринимаемая высота звука определяется частотой прохождения импульсов по слуховому нерву, которая, в свою очередь, коррелирует с частотой звуковой волны. Следовательно, в восприятии абсолютной высоты тона роль анализатора принадлежит мозгу.

Эти разные подходы привели к тому, что в настоящее время имеются сторонники как первой, так и второй теории, но в последнее время сформировался синтетический подход, сочетающий обе теории – и места, и временной. Это значит, что в основе восприятия высоты тона могут лежать два не зависящих друг от друга, но взаимосвязанных механизма, каждый из которых реализуется для ограниченного интервала частот. Высокие частоты эффективно кодируются механизмом, на котором базируется теория места. Это подтверждается тем, что конкретное место смещения базилярной мембраны чрезвычайно избирательно и настроено на узкий интервал высоких частот.

Однако звуковые волны с частотами ниже 1000 Гц создают весьма широкий и плоский паттерн вибраций базилярной мембраны. Это значит, что ее максимальное смещение значительно менее специфично, чем смещение под воздействием высокочастотной стимуляции, и иная имеет такой строгой локализации. Следовательно, объяснение восприятия низких частот создает для теории места некоторую проблему, ибо она исходит из того, что определенной частоте соответствует максимальное смещение совершенно определенного участка базилярной мембраны. Однако временной теории вполне по силам решить ее: при частотах, не превышающих 1000 Гц, вся базилярная мембрана целиком вибрирует синхронно частоте изменений давления, фиксируемой улиткой.

Следовательно, в качестве вывода можно считать, что в кодировании информации о частоте задействованы оба механизма - и механизм, лежащий в основе теории места, и механизм, на котором базируется временная теория.

Сравнительный анализ анатомических особенностей органов слуха биологических видов показывает, что в процессе филогенетического развития длина базилярной мембраны увеличивается, что дает возможность человеку воспринимать высокочастотные звуки. Вместе с тем, как показывает статистический анализ, способность воспринимать звуки высокой частоты обратно пропорциональна расстоянию между ушами. Чем меньше это расстояние, тем выше воспринимаемые животными частоты. Можно сказать, что млекопитающим «приходится выби-

рать»: за возможность слышать высокочастотные звуки они «расплачиваются» невысокой чувствительностью по отношению к звукам низкой частоты, и наоборот.

7. ФИЗИЧЕСКИЕ И СЕНСОРНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ЗВУКА И ЕДИНИЦЫ ИХ ИЗМЕРЕНИЯ.

<i>Физический параметр</i>	<i>Единица измерения</i>	<i>Сенсорный параметр</i>	<i>Единица измерения</i>
Интенсивность, или амплитуда	Децибел (дБ)	Громкость	Сон, фон
Частота	Герц (Гц)	Высота	Мел
Сложность		Тембр	

Между громкостью и физической интенсивностью нет прямой зависимости, иными словами громкость растет медленнее, чем интенсивность. Чтобы привести в соответствие друг с другом эти два параметра, в качестве численной меры субъективной громкости была введена единица *сон* (от лат. *sonus* – звук) – внесистемная единица громкости, один сон эквиваленте громкости чистого тона с частотой 1000 Гц при громкости, равной 40 дБ.

Фон (от греч. *phone*– звук, голос) используется в качестве удобного способа оценки уровня громкости любого тона относительно интенсивности равного ему по громкости тона сравнения с частотой 1000 Гц.

Мел является единицей шкалы количественной оценки высоты звуков, это внесистемная единица высоты звука, для удобства за 1000 мел принята высота звука с частотой, равной 1000 Гц, и громкостью 40 дБ.

Децибел – стандартная единица измерения амплитуды звука, соответствует 1/10 бела, а *бел* – десятичный логарифм отношения энергий. Для расчета интенсивности в децибелах исходят из формулы:

$$N_{дБ} = 20 \cdot \log \frac{P^e}{P^r},$$

где $N_{дБ}$ – число децибел, P^e – звуковое давление, которое нужно выразить в децибелах, P^r – стандартное давление с которым сравнивается измеряемое давление и которое равно 0,0002 дин/см. Звуковое давление, которое должно быть выражено в децибелах, сравнивается с определенным стандартным давлением, близким по значению к порогу аудиальной чувствительности человека (для звука с частотой 1000 Гц).

Герц – единица измерения частоты, равная числу полных циклов изменения звукового давления в 1 секунду.

Приведем краткие данные, полученные в результате исследований соотношения между физическими и психологическими характеристиками звука. Можно отметить, что высота звука в первую очередь не зависит от частоты изменений звукового давления, выраженной в герцах, а его громкость от амплитуды (интенсивности) звуковой волны, измеряемой в децибелах.

Чувствительность аудиальной системы человека зависит от частоты звука: каждой частоте соответствует свой собственный слуховой порог. Чувствительность максимальна, а слуховой порог минимален для частот, равных приблизительно 3000 Гц. Это значит, что при одной и той же интенсивности звук с частотой 3000 Гц воспринимается как более громкий, чем звуки с другими частотами. Частота, равная приблизительно 3000 Гц, соответствует естественной резонансной частоте наружного ушного канала, чем и объясняется «предпочтение», оказываемое ей аудиальной системой.

Важный аспект восприятия интенсивности – величина, на которую нужно изменить интенсивность аудиального стимула, чтобы испытуемый смог уловить разницу между двумя стимулами. Эта величина называется *дифференциальным порогом*, или *порогом различения*. Частотам, приблизительно равным 3000 Гц, соответствует минимальный слуховой порог, следовательно, человек наиболее чувствителен именно к этим частота. Минимальное изменение интенсивности звука, необходимое для создания перцептивной разницы, составляет от 1 до 2 дБ.

Между интенсивностью звука и его громкостью нет прямой зависимости: громкость возрастает медленнее, чем интенсивность, в связи с чем используется шкала, основанная на мере

субъективной громкости – *соне*. Использование этой шкалы показывает, что при трехкратном увеличении интенсивности звука (или ее увеличении на 10 дБ) его громкость удваивается.

В определенных пределах частота звука влияет на его громкость, а именно: при сравнительно низких уровнях интенсивности ухо человека более чувствительно к частотам в диапазоне от 1000 до 4000 Гц, чем к другим частотам воспринимаемого им интервала. С точки зрения громкости это означает, что при равной интенсивности, звуки с частотой, близкой к 3000 Гц, кажутся громче, чем звуки с другими частотами.

Дифференциальный порог для частот вплоть до 1000 Гц равен 3 Гц, а отношение $\frac{\Delta f}{f}$ (отношение Вебера) для частот в диапазоне 1000-10000 Гц постоянно и равно 0,004. Порог различения зависит также и от уровня интенсивности звуков: чем ниже интенсивность, тем выше порог различения. Иными словами, чем слабее звук, тем труднее идентифицировать его как отличный от других звуков с близкими по значению частотами.

Между частотой звука и его высотой нет линейной зависимости: для тонов в диапазоне 1000 Гц высота тона (при увеличении его частоты) возрастает быстрее, чем для тонов с частотой более 1000 Гц. Кроме того, высота зависит также и от его интенсивности – при увеличении интенсивности воспринимаемая высота высоких звуков возрастает, а низких тонов – снижается.

Анализ стимулов, влияющих на звуковосприятие, показывает, что увеличение продолжительности звучания облегчает распознавание тонов и различение тонов разных частот. Чтобы слушатель смог воспринять высоту звука данной частоты как стабильную и узнаваемую, звук должен длиться не менее 250 мс. Как правило, мы значительно лучше распознаем тоны и различаем тоны разных частот. Когда время из звучания достаточно велико.

Продолжительность звучания влияет также и на громкость. Если в результате постепенного уменьшения продолжительности звучания становится менее 200 мс, для поддержания громкости на постоянном уровне нужно увеличивать интенсивность звука. Звуки, длящиеся менее 200 мс, воспринимаются как менее громкие, чем более продолжительные звуки той же интенсивности. В определенных пределах распознавание громкости и высоты звука возрастает по мере увеличения продолжительности кратковременной стимуляции.

Феномен слуховых *биений* возникает при одновременном стимулировании двумя разными частотами. Причина возникновения биений – поочередное взаимное усиление и подавление двух звуковых волн. Частота биений сложного тона, который возникает при этом, равна разности частот двух стимулов.

Явление акустической *маскировки* заключается в том, что присутствие одного тона мешает восприятию другого тона. Можно выделить следующие особенности маскировки:

- чем интенсивнее маскирующий тон (маска), тем больше маскирующий эффект;
- эффект маскировки проявляется сильнее в тех случаях, когда частоты маски и маскируемого тона близки по значению, чем когда они заметно отличаются друг от друга;
- маскирующий эффект интенсивных тонов проявляется сильнее в тех случаях, когда частота маскируемого звука значительно превосходит их собственную частоту, чем когда она меньше ее.

Объяснение эффекта маскировки на основании интерференции двух стимуляций на базиллярной мембране называется гипотезой «занятой линии» - конкурентный характер смещений базиллярной мембраны при стимулировании двумя тонами.

Усталостью слуха называется временное снижение чувствительности к звукам, следующим непосредственно за избыточной аудиальной стимуляцией, или возрастание порога их восприятия. Возрастание порога слухового восприятия вследствие усталости слуха называется временным сдвигом слухового порога. Избыточная аудиальная стимуляция может стать причиной и необратимости сдвига слухового порога.

Аудиальной адаптацией называется снижение чувствительности к какому-либо звуку, наступающая после продолжительной стимуляции им. На практике это означает, что воспринимаемая громкость физически неизменного звука с течением времени уменьшается. Иными словами, долго звучащий тон со временем начинает казаться менее громким. Известно, что результатом трех минутного непрерывного воздействия звука, интенсивность которого равна 80

дБ, становится снижение чувствительности к нему примерно на 20 дБ, то есть спустя 3 минуты он воспринимается как звук с интенсивностью, равной 60 дБ. Аудиальная адаптация – весьма распространенное явление, она объясняет, почему, например, человек сразу же замечает внезапную остановку таких постоянно работающих приборов, как холодильник и или кондиционеры воздуха: резкое прекращение аудиальной стимуляции обостряет наше восприятие.

Продолжительное воздействие интенсивного звука снижает чувствительность к громкости. Разумно предположить, что длительно воздействие относительно слабого аудиального стимула способствует повышению чувствительности к звукам низкой интенсивности. Увеличение чувствительности вследствие относительной *нехватки* аудиальной стимуляции аналогично темновой адаптации – процессу привыкания к плохому освещению, которая проявляется в том, что пребывание в темноте способствует значительному увеличению чувствительности визуальной системы. Не исключено, что под воздействием всех аудиальных впечатлений дня чувствительность уха к ночным звукам уменьшается.

Однако, резюмируя изложенное необходимо обратить внимание на одно принципиальное обстоятельство. Практически все приведенные численные данные были получены лабораторным путем с использованием строго контролируемых и моночастотных тонов, то есть чистых тонов относительно длительного звучания, которые совершенно не похожи на те звуки, которые встречаются в природе. Искусственные звуки отличаются от естественных, прежде всего, именно своей частотой и продолжительностью, в природе продолжительно звучащие чистые тона – крайне редкое явление.

Способность пространственной локализации звуков жизненно важна и для животных, и для человека. Благодаря ей становится возможным определить местоположение источника звука и избежать столкновения с ним, кроме того, оно направляет визуальное внимание. Чтобы точно определить положение источника звука в пространстве, нужно определить как его направление, так и удаленность. Источниками этой информации являются *монауральные*, то есть воспринимаемые одним ухом и *бинауральные* – воспринимаемые обоими ушами – признаки.

Как правило, основным монауральным признаком, с помощью которого слушатель определяет относительную удаленность источника звука, является интенсивность последнего. Чем громче звук, тем его источник кажется ближе. Если одновременно слышны два звука, то более громкие обычно воспринимаются как менее удаленные. Если громкость одиночного звука постепенно изменяется, то изменяется и восприятие его удаленности. Неподвижный наблюдатель воспринимает затихающий звук как удаляющийся, а тот звук, громкость которого возрастает, – как приближающийся.

Оценка удаленности движущегося источника звука от неподвижного наблюдателя зависит от того, приближается источник звука к наблюдателю или удаляет от него. Изменение громкости приближающегося звука кажется наблюдателю большим по сравнению с аналогичным по величине изменением громкости удаляющегося звука. Иными словами, сложный звук, издаваемый приближающимся объектом, кажется наблюдателю более громким, чем аналогичный по громкости звук, издаваемый удаляющимся объектом. Несмотря на то что в обоих случаях физические изменения интенсивностей равны по величине, но противоположны по направлению, существует зависящая от направления движения источника звука асимметрия в восприятии возрастающей громкости приближающегося звука и уменьшающейся громкости удаляющегося звука. Это свидетельствует, что громкие звуки, то есть менее удаленные имеют большее прецептивное значение, чем слабые.

Свидетельством относительной удаленности движущегося источника звука может быть также и изменение высоты, происходящее благодаря эффекту Доплера, согласно которому воспринимаемая частота звуковой волны зависит от скорости движения источника звука, а именно при движении источника звука частота каждой последующей звуковой волны несколько выше частоты предыдущей волны. Перцептивный результат этого явления состоит в том, что с увеличением частоты звуковых волн, проходящих через данную точку, воспринимаемая в этой точке *высота* звука возрастает. После прохождения источника звука мимо неподвижного наблюдателя возникает обратная картина, а именно расстояние между волнами увеличиваются, частота уменьшается, и звук воспринимается наблюдателем как более низкий.

Хотя информация об относительном удалении источника звука может быть получена и монаурально, монауральный слух значительно снижает способность к восприятию направления

звука, особенно если этот звук очень непродолжителен или слаб. Для неподвижного наблюдателя, воспринимающего звук только одним ухом, положение его источника в разных точках пространства равновероятно. Но если этот звук повторяется или звучит достаточно долго, наблюдатель, воспринимающий его одним ухом, может локализовать его источник с помощью движений головы. Поворачивая голову в ту сторону, откуда раздаются звуки, и в противоположную сторону, слушатель получает определенный паттерн изменений громкости, который помогает определить местоположение источника звука. Иными словами, когда единственное функционирующее ухо приближается к источнику звука, последний кажется громче, когда же ухо удаляется от него, звук кажется слабее.

Однако точная локализация источника звука возможна только на основании бинауральных признаков. Речь идет об использовании аудиальной системой физического различия в стимуляции, возникающего благодаря тому, что уши находятся в разных точках пространства. Это можно назвать сравнением звуков получаемых от одного источника и стимулирующего оба уха.

Обычно при этом существенное значение играют следующие критерии:

- интерауральные различия по времени прибытия звука – небольшая разница во времени, возникающая вследствие того, что звук, особенно резкий, достигает одного уха раньше, чем другого. Различие во времени поступления звука в левое и в правое ухо, равного всего 0,0001 с или менее, достаточно для того, чтобы оно при одинаковой интенсивности звуков могло стать признаком для пространственной локализации звука;
- интерауральные различия в интенсивности звука – механизм, лежащий в основе этого явления сходен с предыдущим. Преодолевая разные расстояния до левого и правого уха, звук не только первым стимулирует то ухо, которое находится ближе к его источнику, но и стимулирует его несколько более интенсивно. Причина этого явления преимущественно заключается в том, что голова играет роль некоторого препятствия, мешающего продвижению звуковой волны к более удаленному уху. Голова как бы «экранирует звук», и ухо, находящееся на противоположной источнику звука стороне, оказывается в ее «тени». Следовательно, звуковые волны. Которым, чтобы достичь его, нужно обогнуть голову, теряют часть своей энергии и приходят к нему менее интенсивными, чем волны, стимулирующие ухо находящееся на той же стороне, что и источник звука. Чтобы объекты могли оказать экранирующее влияние на звуковую волну, они должны превосходить ее по своим пропорциям, а это значит, что длинные низкочастотные волны способны преодолеть экранирующее влияние головы. Поэтому влияние экранирующего эффекта головы на интерауральные различия интенсивности возрастает по мере возрастания волновой частоты, то есть по мере уменьшения длины волны. Известно, что различия в интенсивностях звуковых волн с частотой ниже 1000 Гц, исходящие от удаленных источников и стимулирующих правое и левое ухо, ничтожны малы. В подобных случаях локализация звуков базируется почти исключительно на интерауральном различии во времени. В реальных условиях низкочастотные и высокочастотные сложные звуки, как правило, возникают одновременно, а это значит, что в большинстве житейских ситуаций успешная пространственная локализация звуков, скорее всего, зависит от обоих механизмов и от интераурального различия во времени, и от интераурального различия в интенсивности. Но хотя локализация звука действительно основана на восприятии интерауральных различий во времени и интенсивности, слушатель на практике не ощущает ни того, ни другого. Иными словами, он не сознает их существования, а слышит слитные звуки, возникающие в определенных точках пространства. Значит, в основе локализации звука лежит скорее последовательность нейронных процессов, чем сознательная оценка интенсивности акустических сигналов и времени их прибытия отдельно в правое и левое ухо;
- эффект предшествования – некоторые звуковые волны воздействуют на слушателя непосредственно по выходе из источника звука. Однако многие волны достигают ушей только после отражения от поверхностей и объектов, находящихся

в непосредственной близости от звучащего объекта. Несмотря на многочисленные отражения, создаваемые единичной волной, как правило, слышен только один звук, локализация которого основана преимущественно на первом воспринятом звуке. Если отражающие поверхности находятся не настолько далеко от нас, что требуется относительно продолжительное время – около 35 мс или более – для того, чтобы эхо достигло наших ушей, мы вообще не слышим его. Тенденция слышать только единичный звук, локализация которого определяется преимущественно временем прибытия первого звука и несть эффект предшествования;

- различие фаз – при определенных условиях, особенно когда речь идет о низкочастотных звуках, локализации источника звука может способствовать определение фазовой разности между звуками, достигающим правого и левого уха. Длина низкочастотных волн превышает диаметр головы. Огибая голову, такие волны могут разойтись по фазе, а это значит, что звуковые волны, стимулирующие правое и левое ухо, могут находиться в разных стадиях цикла компрессия-разрежение. И в некоторых случаях это расхождение по фазе может сыграть роль признака локализации сдвига. Но при локализации звуков, частота которых превышает 1000 Гц, расхождение по фазе значения не имеет;
- стереофоническое звуковосприятие – стимулирование ушей сигналами, несколько отличными друг от друга. Если звуки приходят только по одному каналу или если один канал настроен на большую интенсивность, чем второй, то для слушателя источник звуков будет локализован в направлении этого канала;
- роль движений головы – горизонтальное или вертикальное движение головы позволяет локализовать соответствующие источники звука. Вообще любое движение тела, создающее различие в стимуляции левого и правого уха, непосредственно отражающее положение источника звука, может помочь в локализации последнего;
- роль ушной раковины – в процессе звуковосприятия складки, углубления и изгибы ушной раковины играют роль небольших отражающих поверхностей, создающих для источников сложных звуков, которые находятся на разном направлении от слушателя, различные паттерны интерференции отраженных звуковых волн. В результате звуки, возникающие перед слушателем или над ним, могут восприниматься им иначе, чем звуки, источники которых находятся позади него или под ним;
- эхолокация – использование организмом акустического сигнала, возникшего в результате отражения генерированного им звука, для получения биологически релевантной информации.

В реальной жизни на человека одновременно воздействует огромное количество накладывающихся друг на друга звуков разного характера. Мы все время сталкиваемся с тем, что можно назвать *аудиальной сценой*. Нас постоянно окружают звуки человеческой речи, шума, музыки и т.п., и все это вместе образует сложный звуковой поток. Однако вопреки этой акустической сложности мы обычно воспринимаем отдельные, изолированные аудиальные события. Иными словами, как правило, мы слышим не какофонию звуков, источниками которых являются на связанные между собой различные объекты, мы способны разобраться в них и идентифицировать различные звучащие объекты как отдельные события – мы перцептивно анализируем сложную аудиальную сцену и раскладываем ее на компоненты.

8. КИНЕСТЕТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА. РАВНОВЕСИЕ И СИСТЕМА ОРИЕНТАЦИИ В ПРОСТРАНСТВЕ.

Все перемещающиеся в пространстве живые существа должны сохранять определенную ориентацию по отношению к окружающим их объектам, что реализуется благодаря наличию у них целой системы органов, куда входят зрение, проприоцепция и вестибулярный аппарат, который отвечает за восприятие изменения положения головы и тела в пространстве, а также направления движения.

Сенсорные органы, «ответственные» за слух и общую ориентацию индивидуума в пространстве, имеют общую эволюционную историю и тесную анатомическую связь.

Не исключено, что универсальным взаимодействием между всеми животными окружающим миром является гравитация. Органы и рецепторы, чувствительные к гравитации, сформировались в ходе эволюции одними из первых. Они присутствуют у всех биологических видов и принцип их действия одинаков. Детекторы гравитации активизируются под воздействием механической стимуляции, в связи с чем они и называются **механорецепторами**. Простейшие механорецепторы, являющиеся органами равновесия беспозвоночных животных и называемые **статоцистами** (от греч. stato – стационарный и skystis – пузырь), представляют собой первые специализированные органы, развившиеся в ходе эволюции животного мира. Хотя статоцисты разных видов животных функционируют по-разному, действие их главных сенсорных структур основано на одном и том же базовом принципе. Статоцист представляет собой заполненную жидкостью полость, связанную с внутренней мембраной рецепторной ткани, содержащей волосковые клетки. Внутри статоциста находятся мельчайшие, свободно перемещающиеся частички, называемые **статолитами** (от греч. lith – камень). Статолиты тяжелее жидкости, содержащейся в полости статоциста, и относительно свободно перемещающиеся в ней. Если тело совершает прямолинейное движение, то благодаря инерции и гравитации статолиты смещаются относительно мембраны рецепторной ткани, связанной с волосковыми клетками. Следовательно, статолиты реагируют на гравитацию и на движение тела по прямой, то есть на движение вверх-вниз, вперед-назад, вправо-влево, и, смещаясь, оказывают при этом давление на особые рецепторы – волосковые клетки, связанные с внутренней мембраной.

Статоцистам и статолитам позвоночных присущи те же самые структурно-анатомические особенности и механизм функционирования. Детекторами гравитации позвоночных называются **отоцистами** (от греч. oto – ухо), а содержащиеся в полости отоциста подвижные мелкие частички, реагирующие на прямолинейное движение и на гравитацию, так же, как статолиты, – **отолитами** (буквально – «ушными камнями»).

Система ориентации возникла в ходе эволюции как адаптация к активному движению, поэтому она не очень хорошо приспособлена к таким пространственным условиям, которые либо крайне редки, либо вовсе отсутствуют в природе. Так, вестибулярная система не реагирует на длительное пассивное движение, скорость которого постоянна. Причина этого феномена состоит в том, что при пассивном движении, совершаемом с неизменной скоростью, вестибулярные жидкости, отолиты и рецепторы вскоре начинают перемещаться с той же самой скоростью и не происходит никакого смещения одних компонентов относительно других.

Вестибулярные рецепторы реагируют только на ускорение или замедление, то есть на изменение скорости движения. Иными словами, вестибулярные органы приспособлены для распознавания «стартов и финишей», а также изменений движения и не приспособлены к распознаванию движения, совершаемого с постоянной скоростью.

Вестибулярной системе присуща способность к габитуации и адаптации. Если индивидуум будет длительное время двигаться по прямой с возрастающей скоростью или вращаться вокруг своей оси, ощущение движения постепенно притупится, а, возможно, в какой-то момент и вовсе исчезнет. Наступающее в результате избыточной продолжительной стимуляции движением и сохраняющееся на длительный срок уменьшение чувствительности вестибулярной системы называется вестибулярной *габитуацией*. В отличие от габитуации *адаптация* наступает значительно быстрее и сохраняется на более короткий срок.

9. КОЖНАЯ ПЕРЦЕПЦИЯ.

Кожа реагирует на физические свойства окружающих объектов и поверхностей, именно через нее человек получает информацию о том, с чем он вступает в непосредственный контакт. Кроме того, благодаря коже индивид ощущает тепло и холод, а также испытывает боль. Однако кожная чувствительность не ограничивается только этими общими ощущениями. Прикасаясь ко поверхностям и объектам, человека испытывая сложные, «смешанные» ощущения, определяет на ощупь такие их свойства, как масляничность, тягучесть, влажность, шероховатость, гладкость, а также способны чувствовать щекотку, зуд, вибрацию. Более того, ощупывая разные предметы, можно распознать те из них, которые представляют собой трехмерные фигуры. В этом случае мы принимаем решение не только на основании тактильной информации, сообщаемой кожей, но и получаем кинестетическую информацию, то есть информацию от мышц,

сухожилий и суставов пальцев и кистей руки. Иногда кинестетическую информацию и информацию, получаемую за счет кожной чувствительности, называют общим термином «телесные ощущения». «Кожная» информация воспринимается не только непосредственно через кожу, но и опосредованно – через такие структуры, как волосы и ногти.

Кожные ощущения отличаются от всех остальных ощущений тем, что его рецепторы не сосредоточены в какой-то одной, четко ограниченной, определенной сенсорной системе (как сетчатка для зрения или улитка для слуха), а распределены едва ли не по всему кожному покрову, и хотя его основное назначение – защита организма, он не только воспринимает ощущения, но и выполняет разные другие функции, что ни в коей мере не умаляет значения кожи именно как сенсорного органа. Без кожной реакции невозможно движение – не чувствуя ответной реакции поверхности, к которой прикасаешься, невозможно совершать даже самые простые движения (вспомните, например, как трудно идти, если «отсидел ногу»).

Площадь кожи взрослого человека среднего роста и среднего телосложения равна примерно 1,8 м², что примерно у 1000 раз превышает поверхность сетчатки, а ее масса 4-5 кг. Кожные рецепторы реагируют на стимуляцию двух видов:

- давление, или прикосновение (такая стимуляция также называется контактной, осязательной, тактильной);
- температура (холод и тепло).

Основным «пунктом назначения» потенциалов действия, возникающих в кожных рецепторах, является участок обоих полушарий головного мозга, называемый соматосенсорной корой. Передача чрезвычайно большого объема информации вследствие стимуляции кожи возможна в первую очередь потому, что нервные волокна каждого участка кожного покрова пространственно представлены в соматосенсорной коре. Кортикальное представительство кожной рецепции в ней имеет топографический характер: соседние участки кожного покрова представлены в соседних участках соматосенсорной коры.

Кожа некоторых частей тела, например, пальцев рук, губ, характеризуется большой плотностью рецепторов, что делает их более чувствительными. Эти участки кожного покрова представлены и большими по площади участками соматосенсорной коры, а потому лучше приспособлены к распознаванию «нюансов» стимуляции, нежели другие кожные зоны, например, плечи или икры ног. Чем больше кортикальная зона, обрабатывающая информацию, поступающую от данного участка кожного покрова, тем выше чувствительность этого участка к таким отличительным признакам стимулов, как их локализация и детали текстуры. Общее правило таково: чем тоньше движения, выполняемые данной частью тела, тем лучше она представлена в соматосенсорной коре и в тесно связанной с последней двигательной коре.

Помимо того, что отдельные зоны соматосенсорной коры связаны с определенными участками кожного покрова, его нейронная активность также связана со стимуляцией определенных участков кожи. Потенциалы действия в нейронах соматосенсорной коры возникают только в ответ на стимуляцию «закрепленных» за этими нейронами участков кожного покрова. Участок кожи, связанный с данным конкретным нейроном, называется его *рецептивным полем*. Иными словами, рецептивное поле – это специфический участок кожи, который при соответствующей стимуляции либо создает в определенном нейроне соматосенсорной коры потенциалы действия.

Между прикосновением и давлением применительно к кожной чувствительности существует немало отличий. Основное отличие – отличие *пассивного прикосновения*, при котором наблюдатель не контролирует рецепцию стимуляции (если, например, ему на кожу кладут различные объекты) от *активного прикосновения*, при котором наблюдатель активно контролирует восприятие стимулов (например, поднимает объекты, здесь работают мышцы).

Хотя термином тактильное обычно называют любое ощущение, возникающее в ответ на кожную стимуляцию, правильнее использовать его для обозначения механической стимуляции, вызывающей деформацию кожного покрова, например, изменение его формы.

Несмотря на то, что весь поверхностный слой кожи реагирует на стимуляцию давлением или прикосновением как единое целое, наибольшей чувствительностью к тактильной стимуляции обладают те части тела, которые играют роль «исследователей» – пальцы, кисти рук, некоторые участки рта и кончик языка – здесь плотность рецепторов высока. Менее чувствительные участки кожного покрова – кожа ног, предплечий и туловища – это те участки, которые связа-

ны с менее важной для организма тактильной, или механической, стимуляцией. Надо заметить, что центральная нервная система способна изменять чувствительность отдельных участков кожного покрова в зависимости от ситуации.

Механическая стимуляция кожи воспринимается специализированными рецепторами, называемыми *механорецепторами*. Нервные волокна, связанные с этими рецепторами, передают нейронный импульс головному мозгу по проводящим путям спинного мозга, а обработка кожной информации осуществляется специализированными участками соматосенсорной коры, топографически связанными с участками кожного покрова.

Поверхность кожи очень чувствительна к легкому надавливанию. В идеальных лабораторных условиях ощущение давления возникает при «смещении» кожи менее чем на 0,001 мм. Однако чувствительность к тактильной стимуляции зависит не только от интенсивности самой стимуляции, но и от стимулируемого участка: разные зоны кожного покрова обладают разной чувствительностью.

Человек без труда может определить, какой именно участок кожи подвергается тактильной стимуляции. Способность к локализации тактильного ощущения на определенном стимулируемом участке кожного покрова называется *точечной локализацией*. Стимуляция кончика пальца или губы локализуется исключительно правильно: ошибка определения точки стимуляции не превышает 2 мм, что же касается стимуляции руки от локтя до плеча, бедра или спина, то ошибка при ее локализации превышает 1 см. Точность локализации стимуляции данного участка кожного покрова напрямую зависит от плотности и количества распложенных в нем рецепторов и соотносится с кортикальным представительством этих рецепторов в коре головного мозга.

Вторым важным критерием локализационной способности кожи является *пространственный порог тактильной чувствительности* – минимальное расстояние между двумя разными, но находящимися рядом точками, одновременная стимуляция которых вызывает два самостоятельных, отличных друг от друга тактильных ощущения. Если стимулируются две точки, расположенные очень близко друг к другу, возникает одно тактильное ощущение. Как и в случае со способностью к локализации единичного стимула, наиболее чувствительные участки кожного покрова – кисти рук и некоторые части лица – имеют очень низкие пространственные пороги. Например, порог для подвижного большого пальца руки равен примерно 4 мм, а для относительно неподвижной икры ноги он составляет 48 мм, то есть в 12 раз больше.

Продолжительное монотонное давление или прикосновение может привести к уменьшению или полной утрате кожной чувствительности: наступает адаптация к прикосновению. Время, необходимое для наступления адаптации, зависит от ряда факторов, и, в первую очередь, от интенсивности стимуляции и от величины стимулируемого участка кожного покрова. Время, необходимое для полной адаптации к монотонной пассивной стимуляции, прямо пропорционально ее интенсивности и обратно пропорциональна площади стимулируемого участка кожи.

Когда рука ощупывает какой-либо объект, совершая различные движения, в том числе и хватательные, информация, получаемая кожными рецепторами, стимулируемыми давлением, объединяется с информацией иного рода, называемой *кинестезией* (от греч. *kineo* – двигать) – восприятие положения части тела и движения, а именно позы, положения движения в пространстве верхних и нижних конечностей и других мобильных частей тела (пальцев рук, запястий, головы, туловища, позвоночника). Информация об их положении в пространстве иногда называется *проприоцепцией*.

Несмотря на то, что кинестетическая стимуляция в отличие, скажем, от визуальной или аудиальной, не создает четкого или осознанного ощущения, кинестетическая система – это постоянный источник важной пространственной информации о нашем теле. Не прикладывая для этого никаких усилий, человек знает, какое положение в пространстве занимает и в каком направлении двигаются его конечности, спускается по лестнице, не глядя на ноги, закрыв глаза, может прикоснуться к кончику носа, и вообще, даже в темноте может прикоснуться к любой части своего тела.

Сочетание кожной и кинестетической стимуляции образуют основу канала восприятия, называемого *гаптической системой* (от греч. *hapsis* – хватать, держать). Гаптическая система отвечает за восприятие геометрических свойств, формы, размеров и пропорций тех объектов, с

которыми человек вступает в контакт. Более того, когда индивид совершает с объектами разные манипуляции, например, берет их в руки, взвешивает на ладони, сжимает, растягивает, гаптическая система не только извлекает из этого информацию об их форме, но также и информацию о весе и консистенции. Точное представление об объекте может быть составлено на основании весьма быстрого «тактильного знакомства» с ним, называемого «гаптическим взглядом». Например, не обязательно осматривать чашку, чтобы понять, где находится ручка, для этого вполне достаточно просто ощупать края чашки.

Как правило, гаптическое восприятие – это результат самых разнообразных отношений индивидуума с окружающим миром. В действительности большинство произвольных, перцептивно-моторных контактов являются источниками смешанной стимуляции – кожной и кинестетической. В основе единого по своей сути ощущения лежат согласованные действия различных рецепторов. Проводящие пути кожных и кинестетических ощущений функционально связаны между собой: информация о кожной и кинестетической стимуляции поступает в один и тот же участок соматосенсорной коры и исследователям всегда было удобнее изучать их вместе. Короче говоря, системы обработки кинестетической и кожной информации функционируют как единая перцептивная система.

Источником кинестетической и кожной информации, необходимой для гаптического восприятия, является не пассивная кинестетическая и кожная стимуляция, а активное прикосновение: одновременная кинестетическая и кожная стимуляция – результат целенаправленных, произвольных действий, известных как *динамичное прикосновение*. Известный пример такой способности – *тактильная стереогнозия* (пространственная чувствительность) (от греч. *stereo* – твердый, объемный и *gnosis* – знание) – способность весьма точно воспринимать на ощупь пространственные твердые объекты.

Как уже отмечалось – кожа является также источником температурных ощущений. Эти ощущения возникают в результате кожной стимуляции температурой той поверхности, с которой кожа контактирует. Сенсорную модальность, предназначенную для восприятия термической информации, условно можно рассматривать как адаптивную систему, помогающую избегать перегрева и переохлаждения, а потому способствующую поддержанию температурного равновесия организма.

Температурная чувствительность не связана с анализатором какого-то *одного* типа. Предполагают, что роль рецепторов термической регуляции играют нервные окончания определенного типа, которые являются также и рецепторами болевых ощущений. Более того, на тепло и холод реагируют разные терморепцепторы, лежащие на разной глубине. Рецепторы, реагирующие на холод, располагаются довольно близко к поверхности, а детекторы тепла – более глубоко. Возможно, именно этим определяется более высокая чувствительность к стимуляции холодом, чем к стимуляции теплом. Терморепцепторы в виде термочувствительных точек, диаметр которых равен примерно 1 мм, распределены по поверхности кожи неравномерно.

Ни температура кожного покрова как таковая, ни температура поверхности или среды, с которой кожа соприкасается, не дают оснований для точного прогноза характера теплового ощущения. Термины «теплый» и «холодный» – это относительные понятия, используемые для характеристики температуры кожи по сравнению с температурой окружающих объектов, с которыми она контактирует. Объекты более теплые, чем кожа, кажутся при прикосновении теплыми, так как тепловая энергия передается от них коже благодаря проводимости или излучению. Объекты, температура которых ниже, чем температура кожи, кажутся на ощупь холодными, поскольку они «забирают» у кожи тепловую энергию.

Другим важным фактором помимо теплопроводности, влияющим на термоощущения, является *термическая адаптация*.

Продолжительная стимуляция холодом или теплом снижает термическую чувствительность, то есть повышает пороговые значения холодовой и тепловой чувствительности соответственно. При адаптации к тепловой стимуляции одновременно снижается порог холодовой чувствительности, то есть возрастает чувствительность к стимуляции холодом. Точно так же продолжительная стимуляция холодом снижает порог тепловой чувствительности, в результате чего ощущения тепла способны вызвать и более низкие температуры, чем обычно.

Уникальной особенностью полной адаптации к термической стимуляции является то, что престают восприниматься термические свойства того стимула, к которому достигнута адапта-

ция, человек не ощущает ни тепла, ни холода и стимул воспринимается им как нейтральный. Температура адаптации, неспособная вызвать термоощущения, называется **физиологическим нулем**. Вокруг каждой температуры, к которой достигнута адаптация, или физиологического нуля, есть узкий температурный интервал, при котором не возникает ни теплового, ни холодного ощущения. А это значит, что существует некая нейтральная зона полной термической адаптации, или термической индифферентности. Величина этой нейтральной зоны зависит от ряда факторов, но обычно она на 2-4° больше или меньше физиологического нуля. Следовательно, чтобы стимул вызвал термоощущения, он должен лежать за пределами нейтральной зоны, а характер результирующего термоощущения зависит от направления смещения температуры. Обычно физиологический нуль совпадает с нормальной температурой кожи, равной 33°.

Термические ощущение в большей степени определяется *отношением* температуры поверхности кожи к температуре ее окружения, нежели абсолютной физической температурой последнего.

Когда температура кожного покрова приближается к экстремальным значениям, то есть когда кожа сильно нагревается или охлаждается, термические ощущения смешиваются с болевыми. Восприятие **боли** играет важную биологическую роль: оно предупреждает организм о потенциальной угрозе его жизни.

Самый очевидный результат болевых ощущений - стремление как можно быстрее освободиться от их источника и тем самым избавить себя от еще больших неприятностей.

Боль представляет собой сильноестораживающее ощущение, генерируемое телом в ответ на специфическую стимуляцию. Человек не только способен отличить боль от других ощущений, но и отличить одну разновидность боли от другой. Кратковременную боль от булавочного укола или пореза, можно охарактеризовать как острую или резкую, она легко локализуется и вызывает немедленную реакцию. Подобные болевые ощущения сильно отличаются от тупой боли, которая возникает в глубине тела (спина, грудь, живот) и может сопровождаться потливостью, учащенным сердцебиением и обычно плохо локализуется.

Восприятие боли разными индивидуумами различно. Восприятие интенсивности и характера болевых ощущений зависит от предшествующего опыта человека, от того, насколько он понимает, что именно является причинной возникновения боли и каков ее характер, а также влияния социальных и культурных факторов. Другая проблема, возникающая при попытке объективной оценки болевого ощущения, связана с тем, что разные стимулы способны вызвать одинаковые ощущения, а один и тот же стимул – в зависимости от ситуации и характера контактов стимулируемого человека с окружающими – может вызвать совершенно разные болевые ощущения.

Пороги болевой чувствительности зависят не только от интенсивности стимуляции, вызывающей боль, но от ее распределения и от времени ее воздействия. Возникновение второго болевого ощущения, отвлекающего от первого, тоже способно уменьшить боль.

Боль – сложное субъективное чувство, включающее в себя нечто гораздо более, нежели простая сенсорная реакция на опасный для организма стимул. Такие психологические факторы, как настроения и ожидание, внимание и внушение, мотивация, эмоциональное состояние и когнитивные процессы, а также понимание источника боли и приписываемое ей значение, способны заметно влиять как на интенсивность болевого ощущения, так и на его характер. У женщин и мужчин разная чувствительность к болевым ощущениям и разные пороги болевой чувствительности.

К боли невозможно привыкнуть, более того, с эволюционной точки зрения адаптации к ней и ней должно быть, ибо в противном случае ценность боли как средства выживания биологических видов была бы значительно меньше. Однако это не означает, что адаптации к боли вообще не наступает. Основное и принципиально важное биологическое значение боли заключается в том, что будучи ответной реакцией на опасную для жизни стимуляцию, она возникает *мгновенно*. Будучи также и весьма упорным, и достаточно примитивным ощущением, боль сразу же привлекает к себе внимание и вызывает немедленную реакцию. А это значит, что как только боль заявила о себе и получена реакция на нее, затягивание болевого ощущения на более продолжительный срок лишено какого бы то ни было биологического смысла, более того, боль, к которой долго не наступает адаптация, вредна.

Адаптация к боли после того, как она заявила о себе, необходима, поскольку длительное внимание к ней может отвлечь от действий, нужных для выживания, или помешать их осуществлению, в первую очередь, речь идет о таких действиях, которые направлены на устранение источника болевого ощущения или на то, чтобы избежать столкновения с ним. Короче говоря, когда организму нужно предпринять действия, критически важные с точки зрения его выживания, боль должна утихнуть.

В тех случаях, когда адаптация к болевым ощущениям, источником которых является кожа, не наступает, остаются сомнения по поводу того, постоянны ли условия стимуляции, так как это непереносимое условие и требование наступления адаптации. Чаще всего адаптация не наступает именно по причине непостоянства стимуляции. Однако в определенных пределах адаптация к некоторым проявлениям болевой чувствительности кожи все-таки наступает. Способность кожи адаптироваться к болевым ощущениям при некоторых температурах зависит от условий стимуляции. Например, пятиминутного пребывания руки в воде при температуре 0° С, достаточно для того, чтобы наступила полная адаптация к боли.

Боль возникает в результате стимуляции специального рецептора - **ноцицептора** (от лат. *posere* – повредить). Воздействие на такой рецептор может причинить организму вред и привести к неприятным ощущениям.

10. ХЕМОРЕЦЕПТОРЫ: ВОСПРИЯТИЕ ВКУСА И ЗАПАХА.

Восприятие вкуса и запаха основано на стимуляции специализированных рецепторов химических веществ, поэтому указанные рецепторы и получили название *хеморецепторов*.

Химические сигналы являются посредниками в передаче непрерывного потока информации, благодаря чему и играют роль мощных побудительных мотивов, вызывающих мгновенные биологические и поведенческие реакции. Следовательно, способность человека к хеморецепции есть результат длительной эволюции, обусловленный жизненной потребностью реагировать на динамичные и исключительно информативные химические средовые факторы. По мнению Дж.Гибсона, функционально вкусовые ощущения и обоняние можно рассматривать как систему поиска и дегустации пищи, включающую в себя различные связанные с пропитанием действия:

- поиск пищи;
- ее дегустацию и оставление в рационе;
- отказ от дальнейшего использования.

В этом процессе запах предшествует вкусу: это сигнал, который пища посылает на расстоянии, а ее окончательную судьбу решает вкус – либо одобрение, либо нет.

Человек способен воспринимать четыре первичных вкуса:

- сладкий;
- соленый;
- горький;
- кислый.

Какие именно химические стимулы способны вызвать первичные вкусовые ощущения?

Во-первых, они должны быть растворенными или растворимыми в воде веществами, и это требование относится ко всем потенциальным источникам вкусовых ощущений. Обычно потенциально вкусное, или имеющее вкус, вещество должно раствориться в слюне, чтобы его вкус можно было оценить, что ограничивает количество веществ, способных вызвать вкусовые ощущения, водорастворимыми соединениями.

Во-вторых, вкусовые качества вещества зависят от их химической природы. Как правило, кислым вкусом обладают вещества, являющиеся по своему химическому составу и строению кислотами.

В-третьих, сладкий вкус ассоциируется с органическими соединениями, молекулы которых построены из атомов углерода, водорода и кислорода, например, углеводами и аминокислотами.

Однако следует отметить, что строгой зависимости между строением вещества и вызываемым им вкусовым ощущением не существует.

Пороговые значения вкусовой чувствительности зависят от характера вкусового ощущения, на них оказывают влияние такие факторы:

- концентрация стимульного вещества;
- особенности стимулируемого участка поверхности языка;
- природа химических стимулов, воздействовавших на полость рта или на язык до определения порога чувствительности;
- температура стимульного раствора;
- возраст и наследственность испытуемого.

Самые низкие пороги чувствительности для большинства веществ, имеющих определенный вкус, лежат в интервале температур от 22° С до 32° С. Не все участки поверхности языка одинаково чувствительны к стимуляции всеми химическими веществами. Максимальной чувствительностью к горькому вкусу обладают передняя поверхность языка и мягкое небо, к сладкому вкусу – передняя поверхность, к кислому вкусу – боковые поверхности, к соленому вкусу одинаково чувствительна практически вся поверхность языка, но наиболее чувствительна передняя и боковые поверхности. На основании этих различий в чувствительности нельзя сделать вывод о специфичности вкусовых сосочков соответствующих участков поверхности языка.

При продолжительном воздействии на язык одного и того же раствора возникает **адаптация** к вкусовым ощущениям, то есть появляется относительная нечувствительность к ним. Адаптация зависит от многих факторов, среди которых наибольшее значение имеет концентрация стимульного раствора. Более того, адаптация к одному какому-нибудь вкусу влияет на восприятие вкуса некоторых других растворов. Если их пробуют непосредственно после наступления адаптации.

Абсолютные пороги вкусовой чувствительности к репрезентативным стимулам приведены в таблице [37, с.715].

Вещество	Среднее значение порога (молярность раствора)
Кофеин	0,0007
Никотин	0,000019
Хининсульфат	0,000008
Лимонная кислота	0,0023
Уксусная кислота	0,0018
Соляная кислота	0,0009
Иодид натрия	0,028
Хлорид натрия	0,01
Фторид натрия	0,005
Глюкоза	0,08
Сахароза	0,01
Натриевая соль сахарина	0,000023

Функциональное предназначение восприятия запахов, или **обоняния**, - обеспечение животных и человека информацией о химических стимулах, находящихся как на расстоянии, так и в непосредственной близости от них.

Считается, что для человека обонятельная система значительно менее важна, чем для многих других биологических видов, во всяком случае, само выживание человека как биологического вида от нее не зависит. Но, как уже отмечалось, в сочетании с восприятием вкуса восприятие запахов играет в жизни человека важную роль. Оно помогает ему в отборе продуктов питания и в поддержании чистоты окружающей среды, а в некоторых случаях, например, когда речь идет о цветах или о еде, является и источником эстетического наслаждения.

Потенциальными стимулами обонятельной системы могут быть только *летучие* или легко испаряющиеся вещества. Летучесть вещества является необходимым, но не достаточным условиям стимуляции обонятельной системы, поскольку многие вещества, например вода, будучи летучим, лишены запаха. Чтобы проникнуть сквозь водно-липидный слой, покрывающий ре-

цепторы запаха, потенциальные стимулы обонятельной системы должны быть также растворимыми и растворимыми в липидах (жирах).

Большинство стимулов обонятельной системы принадлежит к органическим соединениям. При обычных условиях ни один их химических элементов, встречающихся в природе в свободном состоянии, не имеет запаха. Однако прямая зависимость между химическими свойствами вещества и его восприятием в качестве обонятельного стимула отсутствует. Есть достаточно оснований считать, что запах вещества определяется не одним каким-то свойством, а совокупностью разных свойств.

Обоняние отличается от восприятия вкуса еще и тем, что первичные запахи неизвестно. Не исключено, что единого «набора» первичных запахов вообще не существует. Известно немало классификаций запахов, основанных на интроспекции и субъективных ощущениях, но принципиальная проблема заключается в том, чтобы выделить несколько фундаментальных, первичных запахов, при смешении которых возникает 10000 или более сложных ароматов, воспринимаемых обонятельной системой человека. Возможно, существует множество избирательно «настроенных» рецепторов, сложное взаимодействие которых и позволяет человеку воспринимать несметное количество отличных друг от друга запахов.

У человека роль органов обоняния исполняют *обонятельный эпителий*, называемый также *обонятельной слизистой оболочкой*, располагающийся в стенках верхнего отдела носовой полости и занимающий площадь около 6,5 см². Обонятельный эпителий распределяется по обеим сторонам носовой полости, разделенной носовой перегородкой. Носовая перегородка делит носовую полость на две ноздри, а обонятельный эпителий – на два участка («островка»). Наличие двух носовых проходов усиливает остроту восприятия запахов, ибо благодаря им при каждом втягивании воздуха носом рецепторная система получает через две ноздри две отдельные «пробы», содержащее пахучее вещество. Более того, две ноздри так же помогают в локализации источника запаха, как два уха – в локализации источника звука.

Кодирование информации как об интенсивности (силе) обонятельных стимулов, так и об их природе (то есть распознавание запахов) начинается с активности слизистой оболочки обонятельного эпителия. Именно тут одоранты в виде сложных электрических и химических сигналов проникают через слизистую оболочку и воздействуют на рецептивные по отношению к различным химическим соединениям мембраны обонятельных рецептивных клеток.

Что же касается порогов обонятельной чувствительности, то для обнаружения одоранта достаточно чрезвычайно низкой концентрации. На порог обонятельной чувствительности влияет пол и возраст человека, причем женщины более, чем мужчины, чувствительны к запахам вообще и к запахам, аналогичным аромату мускуса. Женщины лучше, чем мужчины, идентифицируют запахи. У пожилых людей порог обонятельной чувствительности значительно выше, чем у молодых, однако этим не ограничивается влияние старения на обоняние: пожилые люди не только менее чувствительны к запахам, чем молодые, но и подвержены дисфункциям обонятельной системы.

Обоняние – динамичное ощущение, подверженное вследствие взаимодействия разных запахов влиянию такого явления, как адаптация.

Некоторые репрезентативные пороги обонятельной чувствительности приведены в таблице [37, с.747].

Вещество	Запах	Пороговая концентрация (мг вещества на 1 л воздуха)
Метилсалицилат	Хвои	0,001
Амилацетат	Банана	0,039
Масляная кислота	Пота	0,009
Сероводород	Тухлых яиц	0,00018
Кумарин	Ванили	0,00002
Цитраль	Лимона	0,000003
Этилмеркаптан	Тухлой капусты	0,00000066
Ксилол-мускус	Мускуса	0,00000075

11. ВОСПРИЯТИЕ ВРЕМЕНИ.

Восприятие течения времени является уникальной перцепцией продолжительности событий. Ранее эта проблема привлекала в основном физиков, математиков, биологов, философов. Но резюме этих усилий можно резюмировать словами блаженного Августина: «Если никто не спрашивает меня об этом, я знаю, что такое время. Но если я пытаюсь объяснить, что такое время тому, кто задает мне такой вопрос, я понимаю, что не знаю этого» [37, с.771].

Восприятие течения времени, для того чтобы отличить его от физической продолжительности времени, было названо обладанием протяженностью, то есть сжатостью/растянутостью времени. Оно имеет скорее когнитивную, нежели физическую или нейронную основу. Действительно, нет ни очевидных сенсорных рецепторов, предназначенных для восприятия времени, ни каких-либо непосредственных, наблюдаемых ощущений, вызываемых специфическими стимулами, связанными со временем.

Хорошо известна циклическая природа многих физиологических процессов, в качестве примера можно привести изменение температуры тела человека: разница между максимальной температурой днем и минимальной ночью составляет примерно $1,8^{\circ}$. Многие повторяющиеся физиологические изменения и действия животных (паттерны потребления пищи, воды) отражают их фундаментальную адаптацию к ежесуточной смене дня и ночи. Паттерны активности, воспроизводимые регулярно и повторяющиеся ежесуточно, называются суточными ритмами, поскольку продолжительность цикла составляет примерно 24 ч. Средний суточный ритм человека, определенный при тщательно контролируемых экзогенных факторах, составляет 24,18 ч.

Складывается впечатление, что суточные физиологические ритмы регулируются преимущественно стимуляцией сетчатки светом. Однако свет необязательно должен стимулировать сетчатку, поэтому что суточная ритмичность свойственна также и незрячим индивидам, хотя механизм, обуславливающий этот феномен, пока неизвестен.

По специальному проводящему тракту ретинальные сигналы поступают в ядро мозговых клеток *гипоталамуса – супраоптическое (надзирательное) ядро*, которое играет роль регулятора, задающего тем суточной, временной организации многих физиологических функций. Оттуда сигнал поступает в эпифиз, расположенный в промежуточном мозге. Именно *эпифиз* (шишковидное тело) является тем органом, который непосредственно реагирует на свет или его отсутствие, так как оно вырабатывает гормон – *мелатонин*, секреция которого зависит от освещенности – свет ее тормозит, а его отсутствие – стимулирует. Мелатонин синхронизирует функции некоторых органов и желез, регулирующих суточные биологические циклы. В частности, он снижает температуру тела и облегчает отход ко сну. Причем можно отметить, что даже у незрячих людей визуальная подсистема, «ответственная» за подавление секреции мелатонина, функционирует нормально.

Исходя из того, что циклическая биоповеденческая активность является феноменом, существование которого не вызывает сомнений, можно поискать в нервной системе механизм восприятия времени – некие *биологические часы*. Сторонники этой гипотезы исходят из существования устойчивого к воздействию непосредственной внешней стимуляции непрерывного автоматического биологического ритма, с помощью которого организм сравнивает продолжительность действия различных стимулов и событий. Периодичность, характеризующаяся измеримой частотой, свойственна электрической активности мозга. Биению пульса, сердцебиению, дыханию, метаболическим и эндокринным процессам, терморегуляции и циклам общей активности, хотя многие из этих циклов – не очень удачные примеры ритмов, ибо исключительно подвержены внешней стимуляции. А потому изменяют в широких пределах.

Х.Хогланд выдвинул гипотезу, что именно температура влияет на восприятие времени. Он обнаружил, что при высокой температуре тела субъективная минута короче, чем при низкой. Хогланд предположил, что увеличение температуры тела ускоряет протекающие в организме процессы, и человеку кажется, что время идет быстрее, то есть имеет место переоценка времени. Согласно его гипотезе, мозг имеет некие биологические часы, регулирующие скорость протекающих в организме процессов обмена веществ, которая, в свою очередь, влияет на восприятие течения времени.

Аналогично понижение температуры должно оказывать противоположный эффект – оно замедляет метаболические процессы и ход предполагаемых биологических часов, результатом чего должна стать недооценка течения времени.

Эту гипотезу подтверждает и воздействие лекарственных препаратов на субъективное восприятие течения времени: те из них, которые ускоряют обменные процессы в организме, приводят к «переоценке» времени, а препараты, замедляющие обменные процессы, оказывают противоположный эффект.

Другая точка зрения на восприятие времени исходит из результатов когнитивной активности человека. Иными словами, восприятие времени представляет собой когнитивную конструкцию, продукт умственной активности, определяемой природой и масштабом когнитивной обработки информации, выполненной за данные промежутки времени.

Теория Р.Орнштейна исходит из того, что восприятие человеком продолжительность какого-либо временного отрезка зависит от того, что сохранилось в его памяти. Основным тезисом заключается в том, что воспринимаемая продолжительность временного отрезка определяется количеством информации, сознательно усвоенной в этот период времени и сохраненной.

Орнштейн указывает на существование прямой зависимости между количеством событий и воспринимаемой продолжительностью данного отрезка времени. Его эксперименты продолжались одно и то же время – 9 мин 20 с, однако количество стимулов – звуковых сигналов – было различно. Увеличения числа стимулов во время эксперимента привело к тому, что испытуемым данные эксперименты показались более продолжительными.

С зависимостью восприятия времени от количества событий связан и труднообъяснимый, но имеющий положительно подтверждение тезис, согласно которому «заполненные» промежутки времени, то есть временные отрезки, «содержащие» такие стимулы, как звуковые или световые сигналы, обычно воспринимаются как более продолжительные, чем «пустые» временные интервалы между предъявлениями двух сигналов. Можно сказать, что «пустой» промежуток времени содержит меньше информации, которую нужно обрабатывать, чем «заполненный», вследствие чего при их сравнении и может восприниматься как более короткий. Однако пассивно проживаемый «пустой» временной интервал способен также обострить восприятие времени, и у человека может возникнуть впечатление, что прошло больше времени, чем на самом деле. Следовательно, в зависимости от характера ситуации и от того, чем человек занят, «пустой» промежуток времени может восприниматься им либо как более продолжительный, либо как более короткий, чем равный ему по физической продолжительности «заполненный» промежуток.

Как правило, чем сложнее предъявляемый стимул, тем более продолжительным кажется период тестирования. Установлено, что на восприятие времени влияет и характер выполняемой работы, а именно то, насколько она знакома исполнителю и предсказуема. Если речь идет о знакомой, хорошо организованной и предсказуемой деятельности, тогда человек заранее знает, что ему следует ожидать и в какой последовательности нужно выполнять те или иные действия, то человек воспринимает время относительно точно. Напротив, если задание незнакомо и непредсказуемо и человек не знает, чего именно ему следует ожидать, то ему кажется, что проходит больше времени, чем на самом деле, то есть время, затраченное при этом, переоценивается.

Согласно теории восприятия времени, основанной на объеме сохраненной информации, воспринимаемая продолжительность промежутка времени зависит также и от того, каким образом организована информация, представленная в течение этого промежутка, то есть как она закодирована и сохранена в памяти, а также от количества сохраненной в памяти стимульной информации. Следовательно, чем больше информации о прошедшем временном интервале сохранилось в памяти, тем более продолжительным он кажется.

Альтернативой теории Орнштейна, согласно которой восприятие времени зависит от объема сохранившейся в памяти информации, является теория, которая исходит из того, что восприятие времени непосредственно зависит от *центра внимания*. Сторонники *когнитивно-аттенционной теории* считают, что существуют два не зависящих друг от друга механизма внимания:

- 1) невременной механизм обработки информации, связанный с обработкой информации о происходящих когнитивных событиях;
- 2) когнитивный таймер, кодирующий и обрабатывающий информацию о времени.

Следовательно, при выполнении типичного задания «на время», испытуемые делят свое внимание между его когнитивными требованиями и обработкой информации о том конкретном временном интервале, который им нужно оценить. Поскольку оба эти механизма претендуют на ограниченный «запас» внимания конкурируют между собой за обладание им, характер восприятия времени напрямую зависит от относительного объема внимания, отданному каждому из этих процессов. Если временным аспектам задания уделяется больше внимания, чем когнитивным, затраченное не его выполнение время кажется больше, чем есть на самом деле, а если основное внимание уделяется когнитивным аспектам, то испытуемому кажется, что он затратил на выполнение задания меньше времени, чем на самом деле. Согласно этой теории восприятие времени непосредственно зависит от того, сколько внимания испытуемый уделяет течению времени.

Изучение литературы позволяет сделать вывод о существовании некой связи между активностью организма и чувством времени. Точно так же можно говорить и о том, что временное восприятие сложных событий испытывает некоторое когнитивное влияние. Как показывают исследования, оба подхода имеют право на существование и их использование определяется продолжительностью временного интервала. С наибольшим успехом биологическое объяснение может быть использовано при очень непродолжительных временных интервалах, в то время как более продолжительные временные отрезки, воспринимаемы более опосредовано и с большим вниманием к внешним событиям и невременным факторам. «подпадают» под действие когнитивного подхода. По мере увеличения временного периода возрастает вероятность вовлеченности в его оценку памяти и других, менее специфических когнитивных процессов.

Кроме того, на восприятие времени оказывает влияние и возраст человека. Многим кажется, что с возрастом время словно ускоряет свой бег. Такие сравнительно продолжительные периоды, как промежутки между днями рождения и ежегодными праздниками, воспринимаются людьми относительно продолжительности собственной жизни: она служит для человека некой шкалой, с которой он сравнивает данный конкретный промежуток времени.

На восприятие времени влияет и величина окружающего пространства, в чем состоит *эмпирическая относительность пространства и времени* (А.Дж.Делонг). Чем меньше визуальное пространство, тем более продолжительным кажется воспринимаемый отрезок времени.

Кроме того, существует тесная связь между выполнением некоторых действие и восприятием времени, и они влияют друг на друга:

- влияние времени на восприятие расстояния называется *тау-эффектом*. Если испытуемый оценивает два одинаковых расстояния, то расстояние, которому соответствует более продолжительный период времени, покажется ему более протяженным
- противоположный эффект, выражающийся в том, что восприятие времени зависит от расстояния, называется *каппа-эффектом*. Если расстояние между первым и вторым стимулами больше, чем расстояние между вторым и третьим стимулами, первый временной интервал будет восприниматься как более продолжительный.

Тау- и каппа эффекты наблюдаются и при визуальной, и при аудиальной событийной стимуляции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Айзенк Г.Ю. Интеллект: новый взгляд // Вопр. психол. 1995. № 1. Сс. 111-131.
2. Андерсон Дж. Когнитивная психология. СПб., 2002.
3. Баксанский О.Е., Кучер Е.Н. Когнитивные науки: междисциплинарный подход. М., 2003.
4. Баксанский О.Е., Кучер Е.Н. Когнитивные науки: от познания к действию. М., 2005.
5. Брунер Д.С. Психология познания. За пределами непосредственной информации. М., 1977.
6. Веккер Л.М. Психические процессы: В 3 т. Л., 1974.
7. Величковский Б.М. Когнитивная наука: основы психологии познания. В 2 тт. М., 2006.

8. Величковский Б.М. Современная когнитивная психология. М., 1982.
9. Величковский Б.М., Зинченко В.П., Лурия А.Р. Психология восприятия. М., 1973.
10. Восприятие и деятельность. М., 1976.
11. Восприятие. Механизмы и модели. М., 1974.
12. Выготский Л.С. Собрание сочинений: В 6 т. Т. 2. М., 1982.
13. Гельфанд С.А. Слух. Введение в психологическую и физиологическую акустику. М., 1984.
14. Гибсон Дж. Экологический подход к зрительному восприятию. М., 1988.
15. Грегг Дж.Р. Опыты со зрением в школе и дома. М., 1970.
16. Грегори Р.Л. Глаз и мозг. Психология зрительного восприятия. М., 1970.
17. Грегори Р.Л. Разумный глаз. М., 1972.
18. Клацки Р. Память человека. Структуры и процессы. М., 1978
19. Коул М., Скибнер С. Культура и мышление. Психологический очерк, М., 1977.
20. Лернер Г.И. Психология восприятия объемных форм (по изображениям). М., 1980.
21. Линдсей П., Норман Д. Переработка информации у человека. Введение в психологию. М., 1974.
22. Линдсей П., Норман Д. Переработка информации у человека. Введение в психологию. М., 1974.
23. Логвиненко А.Д. Зрительное восприятие пространства. М., 1981.
24. Логвиненко А.Д. Психология восприятия: Учебно-методическое пособие для студентов факультетов психологии государственных университетов. М., 1987.
25. Логвиненко А.Д. Чувственные основы восприятия пространства. М., 1985.
26. Логвиненко А.Д. Чувственные основы восприятия пространства. М., 1985.
27. Лурия А.Р. Ощущения и восприятие. М., 1975.
28. Марр Д. Зрение. Информационный подход к изучению представления и обработки зрительных образов. / Пер. с англ. М.: Радио и связь, 1987.
29. Найссер У. Познание и реальность. М., 1981.
30. Пиаже Жан. Избранные психологические труды. Психология интеллекта. Генезис числа у ребенка. Логика и психология. М., 1969.
31. Рубинштейн С.Л. Основы общей психологии: В 2 т. М., 1989.
32. Смирнов С.Д. Психология образа. Проблема активности психического отражения. М., 1985.
33. Солсо Р. Когнитивная психология. СПб., 2005.
34. Фресс П., Пиаже Ж. Экспериментальная психология. Вып. I, II. М., 1966.
35. Фресс П., Пиаже Ж. Экспериментальная психология. Вып. VI. М., 1978.
36. Хрестоматия по ощущению и восприятию. М., 1975.
37. Шиффман Х. Ощущение и восприятие, СПб, 2003.
38. Wright W.D. The Rays are not Coloured. Nature, 1963.
39. Treisman A. Properties, Parts and Objects. In K.R.Boff, L.Kaufman & J.P.Thomas (Eds.), Handbook of Perception and Human Performance, Vol. II Cognitive Processes and Performance. New York: Wiley, 1986.
40. Шекспир В. Гамлет. Цит. по: Шекспир В. Полн. собр. соч.: В 8 т./ Пер. М.Л.Лозинского. М.: Искусство, 1960.
41. Н.А. Кузнецов, О.Е. Баксанский, Н.А. Гречишкина. Фундаментальное значение информатики в современной научной картине мира. // ИНФОРМАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ (INFORMATION PROCESSES) Электронный научный журнал Том 6, 2, 2006.
42. Н.А. Кузнецов, О.Е. Баксанский, Н.А. Гречишкина. Происхождение знания: истоки и основания. // ИНФОРМАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ (INFORMATION PROCESSES) Электронный научный журнал Том 7, 1, 2007.