

---

---

# ПСИХОТЕХНИКА

А.Н. Липов

## «HOLOPHONIC SOUND». К БИНАУРАЛЬНЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ ВОСПРИЯТИЯ ЗВУКА

---

**Аннотация:** статья посвящена новой технологии в области психоакустики, записи, воспроизведения и восприятия голофонического звука. Необычные эффекты голофонической технологии позволяют не только расширить теорию и технологии аудиозаписей, воспроизведения и восприятия звука, но и предполагают теоретические и практические приложения во многих областях социальной жизни, от изменений в понимании механизмов психофизиологии слуха, до возможных открытий в области психиатрии, психологии и психотерапии, средствах массовой информации, искусстве и др.

**Ключевые слова:** психология, голофонический звук, голография и голографическое распознавание образов, музыкальная акустика, психоакустика, бинауральный эффект.

**В**заимодействие музыки и техники — процесс, имеющий многовековую историю. Интерес музыкантов и слушателей к необычным звучаниям, к новым тембрам, равно как и стремление использовать для этого новые информационные технологии предопределили в конце XX века использование компьютеров процессе сочинения музыки. Появились возможности, связанные с музыкальными компьютерными технологиями, как новым инструментарием современного музыкального творчества.

В результатах различного рода исследований закономерностей создания и восприятия музыки, наряду с компьютерными, стали возникать и получили известность и некоторые «некомпьютерные» попытки изучения тех закономерностей музыкального восприятия, которые непосредственно связаны со слуховым восприятием. Вместе с возникновением и развитием в компьютерно-игровом, телевизионном, кино-экранном и др. «изобразительных» производствах 3D технологий, аналогичные тенденции и попытки в последнее время стали получать всё большее распространение и в различных технологиях создания объёмного или 3D звука<sup>1</sup>. Хотя кино и саундтреки представляют собой

сегодня основные виды объёмного звучания, сферы его применения намного шире, так как уже само качество объёмного звука позволяет создавать аудио-среду для всевозможных целей. Многоканальный звук может быть использован как для воспроизведения музыки, так и слов, природных или синтетических звуков, теле- и аудио-вещания. Коммерческая составляющая объёмного звука включает в себя видеокассеты, DVD-диски, а также HDTV — трансляции с кодируемым сигналом как сжатый DolbyDigital и DTS — сигналы, воспроизводящие как видео, так и аудиосигнал без потерь. Звуковые карты компьютеров неизменно содержат сегодня цифровой аудио-процессор для имитации объёмного звука стереофонического источника.

---

распространением звука во всех частях театра. Эксперимент с изобретением «объёмного звука» оказался неудачным.

Музыкальная часть «Фантазии» была исключена из фильма. Первоначальное применение многоканального звука состоящего из трех каналов звука и динамиков называли «Fantasound». Звук распространяется по всему кинозалу, с использованием около 54 динамиков. Объёмность достигалась с помощью суммы и разности фазы звука. Я. Ксенакисом, при разработке им павильона Philips на на всемирной ярмарке в Брюсселе, также был использован пространственный звук с 425 громкоговорителями для перемещения звука по всему зданию. Помимо этого существует также много других композиторов, которые проводили новаторскую работу по созданию объёмного звука работы за тот же период времени. Звук, именуемый сегодня как 5.1 звук возник в 1987 году в знаменитом французский кабаре Мулен Руж.

---

<sup>1</sup> Первое документально подтверждённая попытка использования объёмного звука было зафиксировано в 1940 г. для анимационного фильма студии У. Диснея «Фантазия», на создание которого У. Дисней вдохновила часть оперы Римского-Корсакова «Полёт шмеля». У. Дисней преследовал цель объёмной демонстрации музыкальной части его «Фантазии», с

В технологическом отношении объемный звук сегодня создается несколькими способами.

Первый и самый простой метод — объемный звук создается с использованием микрофонных систем для пространственной звукозаписи и/или смешивания в объемный звук для воспроизведения на аудио систему с помощью динамиков, окружающих слушателя для воспроизведения звука с различных направлений. Второй подход обработки звука основан на психо-акустической локализации звука методом моделирования двумерного (2D) звукового поля в наушниках. Третья технология, основанная на принципе Гюйгенса, представляет собой попытку восстановления записанного звукового поля в пространстве помещения слушателя, в форме так называемой «голофонии». Одна из систем, основанная на синтезе звукового поля (англ. Wave field synthesis — WFS), воспроизводит объемное акустическое поле за счет акустического фронта, созданного системой распределенных громкоговорителей в конкретном, ограниченном пространстве кинозала, или комнаты с домашним кинотеатром. Пространственное (объемное) звучание может быть достигнуто также изменением уровней из стереофонического источника звука с использованием цифровой обработки сигнала, на основе анализа стереозаписи с последующим изложением положения отдельных звуков в панораме, затем смещая их, соответственно, в пятиканальном поле. Звук в формате 3D считается наилучшим из ныне существующих.

В то же время с одной стороны, звук — это объективное физическое явление, колебательный процесс, порождающий в упругой среде быстро распространяющиеся волны. С другой стороны, явление субъективное психологическое: нечто воспринятое слухом и отразившееся в сознании в виде особого психического образа. При этом в каждом отдельном звуке в слуховом восприятии можно выделить пять основных свойств. Это громкость, тембр, высота, продолжительность и пространственная локализация. Одновременно громкость соотносится с амплитудой колебаний, тембр — с формой волны, высота — с частотой колебаний, а сама интенсивность спектра слышимых звуков огромна. Известно, что ухо человека номинально может слышать звуки в диапазоне от 20 Гц до 20000 Гц (20 кГц). Самые низкие частоты, которые были идентифицированы в лабораторных условиях как музыкальный тон — 12 Гц. Мелодии от 4 до 16 Гц могут быть восприняты с помощью тела как осязание.

Слуховой образ может быть определен в то же время и как психологическое представление звуковой сущности, которая демонстрирует некоторую когерентность в своем акустическом поведении. Мы струк-

турируем акустический мир в терминах когерентных звуковых объектов, которые мы можем обнаружить, выделить, локализовать, и идентифицировать. В этом плане создание и восприятие объемного звука неизбежно смыкается с *психоакустикой*, как наукой о восприятии звука человеком, которую можно классифицировать и как отрасль *психофизики*. Понятие «бинауральный» происходит от двух латинских слов «*bini*» и «*auris*», первое из которых значит «пара», а второе «ухо». Этот эффект отвечает за способность человека и высших животных, к которым наука относит и нас с вами, определять направление источника звука. Современные нейрофизиологи открыли, что, искусственно накладывая «чистые» бинауральные ритмы друг на друга в несколько «слоев», можно формировать ритмическую активность мозга в нужном направлении и таким образом вызывать у человека нужную картину ЭЭГ (т.е. желаемую картину электромагнитных волновых колебаний в мозге), а вместе с ней — и нужное состояние сознания, которому свойственна эта картина. Органы слуха выполняют двойное кодирование звука, как спектральное, так и временное, таким способом, что все данные в обоих видах представления могут быть доступны одновременно и в сенсорном представлении, посланном мозгу, где механизм кодирования и восприятия звука могут приводить к появлению некоторых малоизученных явлений и феноменов<sup>2</sup>.

Закономерно, что звук быстрее достигает того уха, которое обращено к источнику звуковых волн. Считается также, что человек способен различать направление звука с точностью до 3 градусов. Именно на временной разнице прихода волн в каждое из ушей и основан данный эффект. С бинауральным эффектом связано и другое, не менее важное свойство слуха, именуемое *эффектом биения*. Оно состоит в том, что если в правое ухо поступает сигнал, скажем, 550 Гц, а в левое — 562 Гц, то в результате формируется как бы биение частотой в 12 Гц. Этот звук слышим и ощущаем

<sup>2</sup> Психоакустика в настоящее время применяется в различных областях, от разработки программного обеспечения, и экспериментальных математических моделей в цифровой обработке сигналов, (для увеличения степени сжатия файлов), в конструкциях аудио - систем для точного воспроизведения музыки в театрах и домах до систем противовоздушной обороны, где, хотя и с ограниченным успехом ученые экспериментировали в создании новых видов акустического оружия, излучающего частоты, которые могут нанести физический вред или даже убить. Она также используется сегодня в музыке, где музыканты и художники продолжают создавать новые слуховые впечатления, маскируя нежелательные акустические частоты инструментов, в результате чего возрастает объем других частот

только в человеческом мозге или в сознании, то есть, в известном смысле можно сказать, что звук является искусственно возникаемым. Эффект появляется тогда, когда два аудио сигнала достигают двух ушей одновременно. В результате того, что оба этих колебания как бы складываются мозгом, возникает модуляция амплитуды сигнала с частотой, равной разности исходных частот. Именно на этом базовом эффекте основаны технологии синхронизации работы полушарий мозга, известные под брендом «Hemi-Sync» (о котором мы ещё скажем далее) на основе специально разработанных аудиоритмов в комбинации с различными естественными природными шумами, вроде шума морских волн, ветра и т.д.

И всё же реальные исследования слухового аппарата пока не продвинулись настолько далеко, чтобы можно было уверенно заявить о том, как именно происходит процесс восприятия тех или иных звуков. Так, скажем, до сих пор точно не решен вопрос о том, как воспринимаются звуки ниже 100 Гц, вследствие того, что на мембране в ухе, отвечающей за восприятие звуков, не существует участка, определенного непосредственно под частоты ниже 100 Гц. По идее, мы как бы и не должны слышать эти звуки. Однако на деле происходит иначе. Одна из важнейших слуховых возможностей человека основана на бинауральном эффекте. Голофоническая (Hologonic) аудиозапись получила известность благодаря аргентинско-итальянскому исследователю в области звуковых волн Хьюго Зукарелли (Х. Zuccarelli) в 1983 г. В отличие от классической локализации объекта на основании разности длины звуковой волны, поступающей в органы слуха, Х. Зукарелли считал, что эти органы не только воспринимают звуковые волны, *но и создают их* (по принципу, аналогичному локализации объектов летучими мышами). Hologonic — это система бинауральных записей и воспроизведения звука, созданная Х. Зукарелли и основанная на утверждении, что система слуха действует как интерферометр, основанный на дисперсии фазы. Как и со стереофоническим звуком, звуковые характеристики Hologonic наиболее отчетливо и полно можно слышать через наушники. Хотя он может быть продемонстрирован с меньшей эффективностью и с двумя динамиками стереоканала.

Х. Зукарелли заинтересовался проблемами, связанными со способностью различных организмов локализовать звуки при аудио-восприятии. После тщательного изучения и анализа механизмов, при помощи которых животные различных видов добиваются точной идентификации источников звука, он пришел к заключению, что существующие модели не учитывают

важные характеристики человеческого акустического восприятия. Тот факт, что люди могут локализовать источник звука, не двигая головой и не меняя положения ушных раковин, ясно показывает, что механизм, отвечающим за человеческие возможности в этой области, является вовсе не различие в интенсивности входного сигнала в правом и левом ухе. Кроме того, оказалось, что даже люди, чей слух поврежден с одной стороны, могут локализовать источник звука.

Впоследствии, работая на кафедре психологии мозга в Буэнос-Айресе и руководя исследованиями сна и сновидений, исследователя особенно интересовала внешняя индукция визуальной стимуляции и памяти. Позднее, в Милане, изучая электронные и магнитные поля, Х. Зукарелли сформулировал идею голофонии, звукового эквивалента голографического восприятия звука. Подходя к теме звукозаписи скорее с нейрофизиологической, чем акустико-электронной стороны, Х. Зукарелли рассматривает слушание как активный, а не как пассивный процесс. Со времен Т. Эдисона и далее мы слушали записи механических вибраций, порожденных источником звука. При этом не принимается в расчет, как этот звук воздействует на частоты, исходящие от слушателя. Запись вибраций источника — лишь половина целостной картины звука; вторую половину создает слушатель, придавая звуку пространственный тембр.



Рис. 1. Манекен «Ринго».

Бинауральный стерео-микрофон Neumann KU 100 («Ринго») с технической точки зрения представляет собой стерео микрофон для бинауральной записи. Внешне — это корпус, имитирующий человеческую голову с ушными раковинами, внутрь которых вмонтированы микрофонные капсулы. Диаграмма направленности микрофонов определяется формой искусственных ушных раковин, идентичных человеческим. В отличие

от других способов записи звука, бинауральная стереофония обеспечивает звучание, максимальное приближенное к человеческому слуховому восприятию. Например, если мы слушаем запись голоса человека, стоящего в 25 метрах от микрофона, то услышим очень слабый голос — плохую запись.

С другой стороны, если мы слушаем того, кто разговаривает с нами, находясь примерно на таком же расстоянии в комнате, то мы осознаем, что человек стоит примерно в 25 метрах от нас, насколько громко он говорит, и где находится по отношению к вам. Мы слышим реальность. Голофония, придающая звуку трёхмерность, — запись этой реальности. Звук записан без микрофонов в обычном понимании этого слова, с помощью манекена, у которого есть череп, уши, волосы, внутренние жидкости и пустоты. То, что мы слышим через этот манекен, — взаимодействие между источником звука и ответным тоном, создаваемым нашими ушами или, в данном случае, — ушами манекена «Ринго» (рис. 1).

В этом случае наш мозг способен при восприятии записи звука интерпретировать результат и придать ему пространственный тембр. Х. Зукарелли утверждал, что особенностью в данном случае человеческий слуховой системы является звуковой излучатель, создающий ссылки звука, которые в сочетании с входящим звуком образуют интерференционную картину в ухе. Характер этой модели чувствителен к направлению входящего звука. Согласно его гипотезе, ушная улитка обнаруживает и анализирует эту картину, как *акустические голограммы*. Мозг интерпретирует эти данные и выводит направление звука. Статья Х. Зукарелли с представлением этой теории была напечатана в журнале «New Scientist» в 1983 г.

В 1983 г. Х. Зукарелли выпускает и аудиозаписи, озаглавленные — «Zuccarelli Holophonics» в Великобритании, который полностью состояли из короткой записи звуковых эффектов предназначенных, чтобы продемонстрировать саму систему. Они содержали звуки — сотрясение спичечного коробка, стрижку и работу вентилятора, жужжание пчелы, надувание и сдувание воздушного шара, шуршание полиэтиленового пакета, звуки полетов птиц, самолетов, взрывы фейерверков, грохот, и звуки езды гоночных автомобилей. Как оказалось, звуковые волны стимулируют мозг к воспроизведению очень реалистичного, трехмерного звука, включающий в себя, если можно так выразиться, дополнительные ощущения и запахи, которые обычно сопровождают звук, посредством синестезии стимулируются и другие восприятия в иных сенсорных зонах.

Воспроизведя этот механизм при записи звука, Х. Зукарелли развил технологию холофонического зву-

чания. Холофонические записи обладают поразительными возможностями воспроизведения акустической реальности со всеми ее пространственными характеристиками до такой степени, что без постоянного визуального контроля практически невозможно отличить записанное от реальных событий трехмерного мира. Так, звук щелкающих рядом с головой ножниц вызовет реалистичное ощущение, что вам стригут волосы, шум электрического фена создаст ощущение потока горячего воздуха, обдувающего волосы; услышав, как кто-то зажигает спичку, можно явственно почувствуете запах серы, а шепот женщины вблизи уха заставит ощущать ее дыхание. Чтобы адекватно объяснить все характеристики пространственного слуха, приходится постулировать, что человеческое акустическое восприятие использует голографические принципы, а человеческое ухо является не только приемником, но и передатчиком. В первые годы своего существования голофония была использована в музыкальных композициях некоторых исполнителей — PinkFloyd — “The Final Cut”, Harvest/E.M.I, (1982), Roger Waters — “The Prosand Cons of Hitchhiking”, Harvest, (1984), PsychicTV — “Dreams Less Sweet”, Some Bizzare (1983), Ottmar Liebert&Luna Negra — “UpClose: the Fritz Files.

При записи этих аудио-файлов использовались *принципы голографии*. Собственно говоря, принцип голофонической (или холофонической) записи используется во многих научных разработках в области голографического изображения (отсюда и название — Holophonicsound). Стало очевидным, что если учёные смогли «обмануть» два глаза, воспринимающего звуковые волны, то почему бы не проделать то же самое с ушами — звуковыми волнами. Вследствие голографичности акустического восприятия и удаётся записывать поразительно реалистичный 3D звук. В отличие от классической теории пространственной локализации объекта на основании разности длины звуковой волны, поступающей в левый и правый слуховые органы, Х. Зукарелли считает, что наши органы слуха не только принимают звуковые волны, но и создают их (принцип примерно сходен с локализацией объектов летучими мышами).

Перемещение мнимого источника звука в наушниках происходит вдоль, в ширину и в высоту. Разница получается не только по времени и громкости левого и правого, но также и в спектре и в смещении определённых групп частот по времени и наложении их друг на друга со смещениями и искажениями в пределах одного уха, плюс зависимость прихода прямого и отражённого звуков. Тем не менее, и сегодня в полной мере сложно объяснить, почему записанный звук звучит настолько реалистично, что некоторые реципиенты утверждают, что они могут чувствовать запах серы, хруст

печенья, крекера или шипение пузырьков лимонада и даже воспринимать их вкус. Появление восприятия, как ощущения и запаха, обычно сопутствующие бинауральному звуку голофонических звуковых волн, как правило, сопровождается стимуляцией мозга при воспроизводстве очень реалистичного трехмерного звука внутри нас, включая в себя стимуляторы.

Еще более интересным является тот факт, что исследователи сообщают: некоторые люди с нарушениями слуха могут «слышать» Holophonic sound, потому что она стимулирует их мозг, даже если их аудио-механизмы приемника не работает должным образом. Раковины ушей и кости черепа неодинаково пропускают звуки разной частоты, поэтому, изменяя спектр звука, можно создать иллюзию, что источник звука находится позади или спереди. Бинауральный слух не имеет прямого отношения к мозговым волнам. Но музыка может влиять на настроение человека и, соответственно, меняется энцефаллограмма мозга. Созданный Т. Эдисоном первый восковой цилиндр записей в 1877 г., содержал много шипения, треск и шум. Можно сказать, что все достижения, которые были сделаны в звукозаписи с тех пор, были сосредоточены на создании более четкой, более чистых и подлинных звучаний записи. Улучшения в технологии записи были сделаны через первые десятилетия XX в. К концу 1950-х гг., методы были разработаны как для записи и повторного воспроизведения музыки, так и звуковых эффектов и записи человеческого голоса более точно и в режиме стерео. Стерео — звук воспроизводится двумя каналами, по существу, по одному каналу для каждого уха.

Даже при высокой точности стерео-записей, аудио-инженеры и аудио-энтузиасты заметили, что звуковые эффекты и записи голоса, казалось, не полностью воспроизводят жизнь, как звуки. Звук имеет факт физического присутствия, несет в себе послание о его местоположении в пространстве и времени, зачастую имеет конкретный адресат. Даже те звуковые эффекты, которые не слышит наше ухо, в действительности воздействуют на человека целиком (подпороговое раздражение). Именно этим в значительной степени обуславливается высокое качество звука записи звуковых эффектов с использованием «бинауральных» методов. Двухканальное цифровое записывающее устройство подключено к двум микрофонам, которые крепятся на голове манекена, имеющего все особенности головы человека — ушные раковины, пазухи и др. В 1970 г. был создан квадрофонический звук, который записывался и воспроизводился в четырех направлениях. Объемный звук родился, когда к четырём каналам звука присоединился пятый канал. 5-канальный объемный

звук использует записи и воспроизведения позиции: слева, справа, спереди, сзади и в центре. Объемный звук добавляет дополнительный канал сабвуфера низкой частоты (LFE или) звуков, чтобы ощутить больше реализма и позволить слушателю почувствовать звуки и звуковые эффекты. Добавление сабвуфера для создания более реалистичных звуков является очередным шагом на пути к развитию holophonic записи — шаг к объемному звуку. Голограммы используют несколько экспозиций изображения для создания голограмм. Holophonic записи использует несколько экспозиций звукозаписи для создания holophonic звука. При производстве Holophonic звукозаписи вместе с добавлением в запись новых слоев на нее проецируется и сама интерференционная картина.

Голофонические звуковые волны стимулируют мозг, воспроизводя при его восприятии очень реалистичный и трехмерный звук. Видимо поэтому, Holophonic звукозаписи в настоящее время используется все большее число профессиональных звукооператоров и звукорежиссеров для вещания, фильмов и мульти-медийных приложений. Даже на данный момент, более чем через 20 лет после его изобретения, лучший способ познакомиться с этим стилем — прорыв записи посредством специально разработанных динамиков или наушников, но он еще не готов для демонстрации домашним кинотеатром. Цифровой способ воспроизведения голофонической записи требует вычисления нескольких потоков записи с эффектом присутствия (Ambisonics). Существует цифровой способ вычисления сразу нескольких потоков записей с эффектом присутствия, но детали процесса записи запатентованы Х. Зукарелли и держатся в секрете, хотя исследователи в области акустики, проведя частотно-фазовый анализ этих записей, могут выстроить некоторые догадки.

### *Математический язык голограммы*

Хотя теории, предсказавшие появление голограммы, в 1977 г. впервые сформулировал Денис Габор (впоследствии Нобелевский лауреат)<sup>3</sup>, в конце 1960-х и начале 1970-х гг. теория К. Прибрама получила еще более убедительное экспериментальное подтверждение. Незадолго до окончания войны Габор вновь обратился к исследованиям по электронной оптике и начал ра-

<sup>3</sup> Денеш Габор (или Деннис Габор — 5.05.1900, Будапешт — 9.02.1979, Лондон) — венгерский физик, лауреат Нобелевской премии по физике в 1971 г. «за изобретение и развитие голографического метода». Именно ему принадлежит крылатая фраза: «Будущее нельзя предвидеть, но можно изобрести».

боту, которая, в конце концов привела его к созданию голографии. Д. Габор также интересовался тем, как человек слышит и разговаривает. По результатам этих исследований он создал также и теорию *гранулярного синтеза*. Когда Д. Габор впервые пришел к идее голографии, он не думал о лазерах. Его целью было улучшить электронный микроскоп, на то время довольно простое и несовершенное устройство. Он использовал исключительно математический подход, основанный на исчислении, изобретенном в XVIII в. французским математиком Жаном Фурье, составившим уравнения для перевода образов в волновую форму и обратно. С их помощью Д. Габор перевел изображение объекта в интерференционное «пятно» на голографической пленке, а затем нашел способ обратного преобразования интерференционных паттернов в первоначальное изображение, подобно тому, как телевизионная камера переводит визуальный образ в электромагнитные частоты, а телевизор восстанавливает по ним первоначальный образ.

Проще говоря, Ж. Фурье разработал математический метод перевода паттерна любой сложности на язык простых волн. Он также показал, как эти волновые формы могут быть преобразованы в первоначальный паттерн. Другими словами, подобно тому, как работает телевизионная камера и телевизор, математический аппарат, разработанный Фурье, преобразует паттерны. Уравнения, используемые для перевода образов в волновую форму и обратно, известны как преобразования Ж. Фурье. Именно они позволили Д. Габору перевести изображение объекта в интерференционное «пятно» на голографической пленке, а также изобрести способ обратного преобразования интерференционных паттернов в первоначальное изображение. Действительно, особое свойство каждой части голограммы отражать целое обусловлено частностями математического преобразования картины, или паттерна, на язык волновых форм. На протяжении 1960-х и в начале 1970-х гг. различные исследователи заявляли о том, что визуальная система работает как своего рода анализатор частот. Поскольку частота является величиной, измеряющей число колебаний волны в секунду, результаты экспериментов свидетельствовали: мозг может функционировать как голограмма.

Исследования, проведенные в 1960-х г., показали, что каждая клетка коры головного мозга, непосредственно связанная со зрением, настроена на определенный паттерн: некоторые клетки активизируются, когда глаз видит горизонтальную линию, другие — когда глаз воспринимает вертикальную линию и т.п. В итоге многие исследователи подтвердили предположение о том, что мозг принимает сигналы от высокоспециали-

зированных клеток, называемых детекторами свойств, и каким-то образом соединяет их для получения визуальной картины мира, т.е. визуальная система работает как своего рода анализатор частот. Несмотря на широкую популярность такой точки зрения, нейрофизиологи Рассел и Карен Девалуа почувствовали, что это лишь часть правды. Для проверки своего предположения они применили преобразования Фурье для представления черно-белых клеток в простые волновые формы. Затем провели эксперименты для выяснения того, как клетки мозга в зрительной части коры головного мозга реагируют на эти новые волновые формы и обнаружили, что клетки мозга реагировали не на первоначальные звуковые образы, а на тот вид, который им «придавали» преобразования Фурье. Однако для подтверждения этой гипотезы нейрофизиологами — супругами Расселом и Кареном Девалуа потребовалось время. И только в 1979 г. супруги Девалуа сделали решающее открытие — наш мозг преобразует видимые образы в волновые формы и обратно также как это сделал Фурье, используя свои уравнения и Д. Габор в своей голографии.

Предположение о том, что психика и мозг имеет в качестве одного из принципов своей работы голографический принцип, в то же время соотносилась и согласовывалась с теорией о том, что и вся Вселенная является голограммой, основывающейся на появившемся не так давно предположении, что пространство и время во Вселенной не являются непрерывными. Предполагается, что наш мир собран из микроскопических точек в единую красивую, даже выпуклую картинку. Впервые «безумная» идея о вселенской иллюзорности родилась у физика Лондонского университета Дэвида Бома, соратника Альберта Эйнштейна, в середине XX века. Как любой сколь угодно малый участок голограммы содержит в себе все изображение трехмерного объекта, так и каждый существующий объект «вкладывается» в каждую из своих составных частей. Трёхмерность — не единственное замечательное свойство, присущее голограмме. Если голограмму с изображением, например, дерева разрезать пополам и осветить лазером, каждая половина будет содержать целое изображение того же самого дерева точно такого же размера.

Поскольку частота является величиной, измеряющей число колебаний волны в секунду, результаты многих последующих после 80-х гг. экспериментов свидетельствовали: мозг может функционировать как голограмма. После этих открытий Карл Прибрам<sup>4</sup>

<sup>4</sup> Карл Х. Прибрам (нем. Karl H. Pribram; род. 25 февраля 1919, Вена) — известный американский врач, психолог и нейрофизиолог австрийского происхождения, на протяжении многих лет профессор Стэнфордского, затем Джорджтаун-

заялся переоценкой роли, которую частота играла и для других органов чувств. Вскоре он понял, что важность этой роли была недооценена учеными XX в. Физик Герман фон Гельмгольц показал, что ухо является анализатором частот. Более поздние исследования обнаружили, что наш орган обоняния также, по-видимому, основывается на так называемых осмических (от греч. «osme» — запах) частотах. Работы американского биофизика Д. Бекеша наглядно продемонстрировали то, что и наша кожа чувствительна к вибрационным частотам; более того, он даже представил некоторые данные, свидетельствующие об использовании К. Прибрамом идеи о голографичности мозга, позволившим ему понять многие возможности и методы его функционирования, в свою очередь объясняющие и многие способности частотного анализа органом вкуса. Примечательно, что Д. Бекеша пришел к тем же математическим преобразованиям и уравнениям Фурье, позволившим ему предсказать реакцию подопытных на различные вибрационные частоты.

Из этого следовал только один вывод — мозг «использовал» математический метод Фурье — тот же метод, что используется в голографии, для *преобразования видимых образов в волновые формы*. Тем самым открытие супругов Деваля было впоследствии подтверждено во многих лабораториях мира. И хотя из него не следовало неопровержимых доказательств голографичности мозга, все же оно предоставило достаточно доказательств справедливости теории

---

ского университетов, почётный доктор Монреальского и Бременского университетов. Один из авторов голографической концепции деятельности мозга, опирающейся на идеи Дэвида Бома. Среди наиболее известных работ К. Прибрама — книга «Языки мозга» (англ. *Languages of the Brain*; 1971, русский перевод — 1975). Междисциплинарные подходы, выдвинутые и разработанные К. Прибрамом в области «голографической нейрофизиологии» сопряжены с идеями кибернетики. «Языки мозга» К. Прибрама рассматривал на основе детерминации психического поведения человека в результате переработки (кодирования и перекодирования) поступающей в его мозг информации — образной и семантической.

Будучи сертифицирован как нейрохирург К. Прибрама — автор пионерских работ по определению лимбической системы, отношения лобной коры с лимбической системой, чувственно-конкретный «ассоциация» коры теменных и височных долей, а также классические моторной коры человеческого мозга. Для широкой общественности, К. Прибрама является известным за его развитием голономной модели мозга (Голономная модель — метафора, введенная Прибрамом в 1971 г., тождественная понятию голографического мозга), голографическую когнитивные функции и его вклад в текущие неврологические исследования в исследовании памяти, эмоций, мотивации и сознания.

К. Прибрама. Если продолжать разрезать голограмму на более мелкие кусочки, на каждом из них мы вновь обнаружим изображение всего объекта в целом. В отличие от обычной фотографии, каждый участок голограммы содержит информацию о всём предмете, но с пропорционально соответствующим уменьшением четкости. Георг фон Бекеша, Нобелевский лауреат в области физиологии, получил доказательство того, что мозг способен создавать иллюзию протекания внутренних процессов вне тела<sup>5</sup>. Проводимые им в конце 60-х эксперименты показали, что люди способны ощущать предметы в пространстве, не имея для этого сенсорных рецепторов. Бекеша располагал вибратор на коленях у слепых перцепиентов, добываясь, чтобы ощущение вибраций “перепрыгивало” с одного колена на другое и даже возникало в пространстве между коленями. По мнению К. Прибрама, работа Г. Бекеша согласуется с голографической моделью и проливает дополнительный свет на то, как интерферирующие волновые фронты (интерферирующие источники механической вибрации) помогают мозгу локализовать свое восприятие вне физических границ тела.

На первый взгляд наша способность узнавать знакомые предметы не кажется такой уж необычной. Однако исследователи считают ее весьма сложным процессом. Так, скажем, моментальное узнавание знакомого лица в толпе из нескольких сотен лиц основано не на неизвестных нам сверхспособностях, а на чрезвычайно быстрой и при этом надежной обработке информации мозгом. Еще в 1970 г. британский физик Петер Ван Хеерден в опубликованной в научном журнале «Nature» предположил, что в основе этой способности лежит особый тип голографии, известный как *голографическое распознавание образов*. В голографии распознавания образа предмета записывается обычным способом, за исключением того, что луч лазера отражается от специально устройства, известного

---

<sup>5</sup> Дьёрдь фон Бекеша (амер. Джордж Бекеша — 3.05.1899, Будапешт — 13.05.1972, Гонолулу, Гавайи, США) — американский физик, биофизик и физиолог, по национальности венгр. Основные труды по биофизике и физиологии слуха. Открыл закономерности колебаний базиллярной мембраны улитки внутреннего уха при действии звука и сформулировал теорию первичного амплитудно-частотного анализа звуков в органе слуха. Изучал передачу звука в среднем ухе. Предложил метод и прибор оценки слуха человека, порога различения слуха (аудиометр Бекеша). Исследования по костной проводимости звука, пространственному слуху и контрасту восприятия в сенсорных системах. Занимался исследованиями по био-и психоакустике, автор психофизической нейроквантовой теории; за работы по изучению механизма возбуждения в улитке внутреннего уха. Удостоен Нобелевской премии.

как фокусирующее зеркало, прежде чем попасть на неэкспонированную плёнку. Если второй предмет, подобный, но не идентичный первому, осветить лазерным лучом и отражённый от зеркала луч направить на плёнку — на плёнке появится яркое световое пятно. Причём, чем ярче и чётче световое пятно, тем ближе подобие между первым и вторым предметом. Если же два объекта не похожи друг на друга — световое пятно не появится. Разместив светочувствительный элемент за голографической плёнкой, мы получим систему распознавания образов.

Метод, аналогичный выше описанному и известный как *интерференционная голография* и может объяснить, например, механизм распознавания знакомых и незнакомых черт человека, которого мы не видели много лет. Этот метод заключается в том, что объект рассматривается через голографическую плёнку, содержащую образ объекта. При этом любая черта, изменившаяся по сравнению с первоначально записанным изображением, будет по-иному отражать свет. Для человека, смотрящего через плёнку, практически моментально становится ясным, что сохранилось, а что изменилось в объекте. При этом вызывает удивление факт исключительной точности метода, позволяющего регистрировать изменения, происходящие при нажатии пальцем, скажем, на гранитную плиту, впоследствии нашедший практическое применение в области материаловедения. В 1972 г. сотрудники Гарвардского университета Д. Поллен и М. Трактенберг, специализирующиеся на исследованиях зрительного восприятия, выдвинули гипотезу, согласно которой голографическая теория мозга может объяснить существование у некоторых людей фотографической памяти (известной также как «эйдетическая»)<sup>6</sup>.

Ее обладателю обычно требуется всего несколько мгновений для сканирования сцены, которую он желает запомнить. Если он хочет воссоздать запечатленную в памяти ситуацию, он «проецирует» ее ментальное изображение на экран перед открытыми или закрытыми глазами — экран реальный или воображаемый. Изучая некую Элизабет, профессора истории искусств Гарвардского университета, обладающую этими уникальными способностями, Д. Поллен и М. Трактенберг обнаружили, что при чтении ментально проецируемого образа страницы из гётевского «Фауста» ее глаза двигались так, будто она читала настоящую страницу. Заметив, что при уменьшении фрагмента голографической пленки записанный на нем образ не становится

более расплывчатым, исследователи предположили, что некоторые люди имеют особо рельефную память благодаря доступу к очень большим областям их голографической памяти. С другой стороны, большинство из нас, как следует из книги Майкла Талбота «Голографическая Вселенная», обладает гораздо менее рельефной памятью из-за ограниченного доступа к участкам голографической памяти<sup>7</sup>.

Технология *holophonіc* — не просто новый вид трехмерной записи, но *мозгоориентированный звук*, который при прослушивании в наушниках позволяет достаточно точно определять расположение источника в пространстве. Звук не просто блуждает из уха в ухо, как в обычной стереозаписи, а циркулирует в 3D пространстве: вокруг, вверху и внизу. Голофонический звук с таким же успехом обманывает уши, с каким световая голограмма. Алгоритм, эмулирующий человеческое ухо и стирающий барьер между ухом человека и динамиком наушника. Теперь звуки как бы присутствуют не в голове, а идут снаружи. В результате проведенных исследований ученые сделали удивительное открытие. Оказывается, наши уши излучают звуки. Это необычное открытие породило новое научное знание, которое и назвали голофонией. Необычность его состоит в том, что наши уши могут излучать определенный звук и если провести аналогию, то сравнимо с тем, если бы нос человека излучал запах. Как стало известно звуки, которые как выяснилось, производят наши с вами уши, в какой-то степени дают возможность понимать, о чем говорит собеседник, а также определять его месторасположение. Также звуки, которые излучают уши, усиливают воображение человека, делая его более пространственным и разнообразным. Получается, что уши человека работают как настоящий радар, создавая в нашем мозгу интерференционную картину. Итак, Х. Зукерелли создал так называемую голофоническую запись, при прослушивании которой создается ряд уникальных объемных эффектов — синестезий.

<sup>6</sup> См.: Талбот М. Фрагмент книги «ГОЛОГРАФИЧЕСКАЯ ВСЕЛЕННАЯ». М., 2004. [Электронный ресурс] // <http://www.fund-intent.ru/Document/Show/4919>.

<sup>7</sup> См.: Талбот М. Голографическая Вселенная. М., 2004. В основу книги положены гипотезы двух выдающихся современных ученых — пионера квантовой физики Дэвида Бома, ученика и последователя Эйнштейна, и известного нейрофизиолога К. Прибрама. Они пришли к выводу, что весь материальный мир, от снежинок и электронов до баобабов и падающих звезд, не имеет собственной реальности, а является проекцией глубинного уровня мироздания. Вселенная — это подтверждает ряд серьезных исследований — представляет собой гигантскую голограмму, где даже самая крошечная часть изображения несет информацию об общей картине бытия и где все от мала до велика, взаимосвязано и взаимозависимо.

### Бинауральные ритмы

Важной особенностью слухового восприятия является способность определять направление на источник звука при слушании двумя ушами. Это так называемый *бинауральный эффект*. Эффект бинауральных ритмов был открыт в Германии, 1839 г. ученым-экспериментатором Хайнрихом Вильгельмом Дофе. Исследования показывают, что восприятие азимутального направления прихода звука по отношению к положению головы человека связано с разностью фаз или времен прихода колебаний к правому и левому уху, а также с разностью интенсивности волны, приходящей к правому и левому уху. Эта технология позволяет человеку простым способом извлекать пользу из изменённых состояний сознания. Для того чтобы понять суть бинаурального эффекта, следует внимательно послушать пение хора или игру оркестра. Когда голоса людей или звук игры музыкальных инструментов сливаются в унисон, можно отчетливо слышать замедления тона, пульсирующего с определенной частотой (скоростью). Согласно известному правилу, частота биения накладываемых друг на друга звуковых потоков с близкими частотами будет равняться их разности. То есть если на одно ухо подается звук с частотой 500 Гц, а на другое — 515 Гц, мозг «слышит» бинауральный ритм с частотой 15 Гц. Важно отметить, что для достижения бинаурального эффекта разность частот не должна превышать 25-30 Гц. В противном случае эффект незаметен — слышны лишь два отдельных звука.

Суть эффекта такова — если в левое ухо «запустить», допустим, звук на 200 Гц, а в правое — на 209 Гц, то ушами отлично слышно биение в 9 Гц, что соответствует альфа-ритму мозга, поэтому такие волны будут расслаблять. А если послать волны с другой частотой биений, то будет какой-то другой эффект, а еще можно все смешать с шумом, чтобы было красиво и ускорилось-замедлялось. Согласно экспериментальным данным, накладывая различные бинауральные ритмы друг на друга, можно вызвать у человека конкретный вид мозговой активности, т. е. заставить его получить определённые ощущения. Википедия определяет бинауральные ритмы как *артефакт работы головного мозга, воображаемые звуки управляемой музыки, которую мозг воспринимает («слышит»), хотя реальные звуки отсутствуют*<sup>8</sup>. Чтобы фиксировать бинауральные ритмы, достаточно надеть стереонаушники, в которых на разные уши подаются сигналы, немного отличающиеся по частоте, разницу сигналов мозг восприни-

мает как естественные биения низкой частоты. Для того, чтобы такие биения были слышны, их частота тонов должна быть не выше 1000-1500 Гц, а разница частот не выше 30 Гц, но все же преимущественно не более 25 Гц. При большей разнице частот человек слышит два отдельных тона, и биения не возникает. С физической точки зрения это слияние двух волн, фазы которых периодически совпадают, тем самым создавая побочную волну низкой частоты. Бинауральные ритмы являются предметом исследования нейрофизиологов, в частности, занимающихся изучением слуха. Кроме того, бинауральные биения влияют на головной мозг, вызывая в нем волны, которые могут быть зарегистрированы при помощи электроэнцефалографии.

Современные нейрофизиологи открыли, что, искусственно накладывая «чистые» бинауральные ритмы друг на друга в несколько «слоев» можно формировать ритмическую активность мозга в нужном направлении и таким образом вызывать у человека нужную картину ЭЭГ (т.е. желаемую картину электромагнитных волновых колебаний в мозге), а вместе с ней и нужное состояние сознания, которому свойственна эта картина. Так, например, коммерческая марка Hemi-Sync означает процесс, процедуру, в которой участники прослушивают набор сложных аудиоритмов, в комбинации с музыкой и различными видами шума, выполняя при этом определённый вид концентрации. В большинстве случаев процесс Hemi-Sync включает в себя дыхательные упражнения, направленную релаксацию, внушение и визуализацию. Элементом этого процесса являются бинауральные ритмы. Механизмом их воздействия является, вероятно, отклик в электрической (ЭЭГ) активности мозга на частоте, идентичной частоте бинаурального ритма. Так, например, экспериментально было установлено, что разность интенсивности звука может до некоторой степени заменить разность фаз восприятия. Если, например, к левому уху приходит звук позднее, чем к правому, то в обычных условиях у левого уха звук слабее из-за экранировки головой.

Поэтому, даже когда никакого запоздания звука к левому уху не будет, но мы сумеем искусственно сделать около левого уха звук слабее (например, слушая через наушники, ослабим уровень в одном из них), нам будет казаться, что звук идет справа. Это — эффект компенсации фазового бинаурального эффекта амплитудным. Термин «бинауральный слух» относится к способности человека и животных определять направление на источник звука, благодаря различиям в параметрах звуковых волн, приходящих на разные уши. В музыкальной записи, если подавать сигналы разной амплитуды (громкости) на левый и правый наушник, этим можно создать иллюзию, как будто музы-

<sup>8</sup> См.: [электронный ресурс – <http://ru.wikipedia.org/wiki/>].

кальный инструмент находится слева или справа. Для звуков низкой частоты также имеет значение фаза (задержка). Раковины ушей и кости черепа неодинаково пропускают звуки разной частоты, поэтому, изменяя спектр звука, можно создать иллюзию, что источник звука находится позади или спереди. Бинауральный слух не имеет прямого отношения к мозговым волнам. Но музыка может влиять на настроение человека и, соответственно, изменится и энцефалограмма.

В 1956 г. компания, созданная американским писателем, автором книг о вне-телесном опыте Робертом Монро занялась исследованием эффектов звуковых волн на человеческое сознание, включая возможность обучения во время сна, причем большую часть тестирований Монро проводил на самом себе<sup>9</sup>. В 1958 г. во время одного из экспериментов он испытал состояние, в котором сознание было отделено от физического тела. Р. Монро применил к этому состоянию, в некоторых источниках называемому «астральной проекцией», термин ВТП (вне телесное переживание). Все книги писателя были переведены на многие языки и доступны отечественному читателю<sup>10</sup>. Наряду с этим, занимаясь успешным радиовещательным бизнесом, Монро начал экспериментировать и над собственным сознанием, методы контроля и стимуляции, при возникновении новых вне-телесных состояний сознания в лабораторных условиях. Эти исследования привели к разработке *технологии Hemi-Sync*, основанной на идее синхронизации частот работы полушарий мозга, при помощи бинауральных ритмов.

В 1974 г. им был основан Институт Монро, работающий и по сей день. Р. Монро, в начале 50-х гг. XX в. первым в мире всерьез взялся за научное изучение механизма воздействия бинауральных ритмов на человека. Именно ему принадлежит открытие того, что при прослушивании звуков близкой частоты по

разным каналам (правому и левому) стереосигнала, человек как раз и ощущает бинауральные ритмы (биения). Он доказал, что человек при прослушивании стереофонической музыки через стереонаушники подсознательно ощущает разницу частот левого и правого звуковых каналов (данная частотная разница и лежит в основе рождаемых при этом в головном мозге слушателя бинауральных ритмов) (впервые существование бинауральных ритмов открыл немецкий ученый Г.В. Дав в 1939 г.), никто не исследовал их целенаправленное воздействие на состояние человека при прослушивании через стереонаушники.

В 40-е гг. XX в. эффект, схожий с эффектом бинауральных ритмов, был выявлен при восприятии людьми вспышек света, повторяемых с определенной частотой (данный эффект, в отличие от бинаурального, воспринимается не подсознательно, а именно самим сознанием). Последующие двадцать лет Монро продолжал свои исследования. Он разработал целый ряд методик аудиостимулирования, предназначенных для концентрации внимания, снятия стресса, улучшения сна и т.д. Присутствие резонансного отклика в теменных долях мозга в ответ на акустическое воздействие зафиксировано во многих ЭЭГ-исследованиях. Стимуляция бинауральными ритмами, вместе с другими элементами процесса Hemi-Sync, облегчает доступ к изменённым состояниям сознания<sup>11</sup>. Эффектив-

<sup>9</sup> Роберт Монро (30.10.1915 – 17.03.1995) зарегистрировал первый из нескольких патентов, касающихся аудио-методов, направленных на стимулирование функции головного мозга для синхронизации левого и правого полушарий. Монро считал, что технология, названная – Hemi-Sync (полусферическая синхронизация), может быть использована для укрепления психического благополучия или вызывать изменённые состояния сознания. Концепция Монро основана на эффекте, известном как бинауральные ритмы. В данный момент эта технология используется при создании серии продуктов, в таких сферах как концентрация внимания, умение справляться со стрессами, расслабление, оздоровление сна, умение справляться с болью и многих других.

<sup>10</sup> См.: «Journey soutof the body» – «Путешествия вне тела» М., 2007; «Far Journeys» – «Далёкие путешествия» М., 2005; «Ultimate Journey» – «Окончательное путешествие». М., 2005.

<sup>11</sup> По аналогичному принципу процесса Hemi-Sync работает и так называемая Мозговая машина («майнд-машина»), использующая звук и свет для достижения определённой частоты мозга пользователя. В теории результатом действия мозговой машины может быть состояние глубокой расслабленности, концентрации либо состояния изменённого сознания (транса), сравнимые с теми, что могут быть получены в результате медитации и применения гипноза. Процесс также синхронизирует звуковые волны. Компьютерные программы, генерирующие подобные эффекты, иногда называют псионическими. Мозговая машина обычно состоит из элементов управления, пары наушников и (или) мерцающих светодиодных очков. Блок управляет сессиями и светодиодными очками. Профессионально, они обычно называются – устройство аудиовизуальной стимуляции (AVS-устройство, англ. – auditory visual stimulation).

Современные мозговые машины могут соединяться с сетью Интернет, чтобы обновить программное обеспечение или скачать новые сессии. Сессии обычно используются для медитаций, нейро-обратной связи и т.д., чтобы улучшить эффект воздействия, существует множество приборов российского и иностранного производства, как стационарных, так и портативных. Самым известным российским прибором является «ТММ МИРАЖ». Из импортных весьма популярны устройства фирм «Photosonix» и «A/V Stim. См. в электронном ресурсе-<http://mikeprass.ru/?p=305>. Технология AVS подробно описана в электронных ресурсах: <http://>

ность Hemi-Sync в вызывании изменённых состояний подтверждается сообщениями тысяч пользователей Hemi-Sync, а также документированными физиологическими изменениями, происходящими при этом отличие от «бинаурального слуха».

### Бинауральная запись

Итак, бинауральная запись (от лат. *bi* — два + *auris* — ухо) — метод звуковой записи, при котором используется специальное расположение микрофонов, предназначенное для последующего прослушивания через наушники. История бинауральной записи восходит к 1881 г. Первый бинауральный блок, *Theatrophone*, был массив углеродных телефонных микрофонов установлены вдоль переднего края Оперы Гарнье. Сигнал послался по абонентам телефонной системы и предполагал, что каждый слушатель имеет крошечный динамик для каждого уха. Сегодня сложно судить о качестве звука, но большой интереса к технологии проявлено не было, пока около сорока лет спустя, когда радиостанции в штате Коннектикут (США) начали вещать «бинауральные шоу». В действительности бинауральный эффект не был реализован, потому, что станция в действительности в эфире шла передача левого канала на одной частоте и правого канала на другой. Для его восприятия слушатели тогда должны были бы иметь две рации с подключением каждой к правому и левому уху. Естественно, что обладания двух радиостанций было в то время, слишком материально обременительно для широкой аудитории и бинауральный эффект исчез в безвестность.

В то время бинауральный звук так и не получил своего должного технического развития в связи с, необходимостью дорогостоящего, специализированного оборудования для качественной записи такого рода, и необходимости специальных наушников для его воспроизведения. Большинство потребителей считали наушники очевидным неудобством и были заинтересованы только в записях, которые можно слушать на домашней стереосистеме или в автомобиле. Наконец, голофония относилась в то время к типу вещей, которые могут быть записаны по не типично высокой рыночной стоимости. Записей, сделанных в студии, было бы слишком мало, чтобы извлечь выгоду из использования бинауральных настроек.

В современную эпоху наблюдается возрождение интереса к бинауральным ритмам, в частности, в

среде аудиофильского сообщества, частично из-за широкой доступности наушников. Некоторое число пользователей формируют свои собственные наборы записи и обменивают их через интернет. В последнее время в средствах массовой информации появился термин «цифровые наркотики», под которым понимаются специальные аудиофайлы, либо программы, генерирующие звук. Тексты носят явно заказной пиаровский характер и, по всей видимости, оплачены мошенниками, которые пытаются заработать на «цифровых наркотиках». Для обозначения таких программ или файлов существуют сленговые выражения «*idozers*» и «*idosers*» — айдозеры<sup>12</sup>. Так, например, в 2006 году появилась программа *I-Doser*, позволяющая прослушивать файлы с определённым содержанием, которые подавались как звуки, которые вызывают эйфорическое состояние, сходное с эффектом от употребления «реальных» наркотиков, название для звуковых файлов, предположительно вызывающих психоактивное действие.

### Бинауральный эффект

Важной особенностью слухового восприятия является способность определять направление на источник звука при слушании двумя ушами. Это так называемый *бинауральный эффект*. Исследования показывают, что восприятие азимутального направления прихода звука по отношению к положению головы человека связано с разностью фаз или времен прихода колебаний к правому и левому уху, а также с разностью интенсивности волны, приходящей к правому и левому уху. Термин «бинауральный» не стоит путать со словом «стерео». Ранее мы уже отметили, что обычная стерео — запись не учитывает реальное расстояние между ушами, «звуковую тень» и отражения звука от головы и ушных раковин, хотя они вносят свои изменения в распространение звука — акустическую временную разницу и акустическую уровневую разницу. Из-за

<sup>12</sup> Производители аудойзеров утверждают, будто эти звуки могут вызывать у человека ощущения, сходные с ощущениями, вызываемыми употреблением настоящих наркотиков: курение марихуаны, употребление ЛСД и т.п. Такие эффекты якобы вызываются звуками за счет так называемых бинауральных ритмов. То есть эти ритмы, соответствующие частотам головного мозга человека, образуются в мозгу слушателя при прослушивании с помощью стереонаушников специально подобранных разных звуковых сигналов для левого и правого уха слушателя. Произведенные таким образом эмбиентные ((англ. *ambient* — окружающий) — жанр электронной музыки, основанный на модуляциях звукового тембра) звуки оказывают «влияние» на работу мозга человека.

того, что обычные звуковые колонки при воспроизведении вносят свои изменения в звучание бинауральной записи, необходимо использовать наушники, либо использовать подавление помех от звуковых колонок. Для прослушивания через обычные звуковые колонки или наушники, используют манекен без ушных раковин (для прослушивания используют манекен). Основное правило для идеальной бинауральной записи — записывающие и воспроизводящие цепи от микрофона и до мозга слушателя должны использовать идентичные (точные копии слушающего) ушные раковины и одинаковую «тень от головы».

Повторимся, этот эффект создается на основе метода, известного как «записывающая голова пустышки», в котором голова-манекен оснащена микрофоном в каждом ухе. Бинауральные записи предназначены для воспроизведения только через наушники и не будут переводить надлежащим образом звуки посредством стерео динамиков. После регистрации, бинауральный эффект может быть воспроизведен с помощью наушников или диполь — стерео. Он не работает с моно воспроизведения и не может работать при использовании громкоговорителей. Бинауральные записи могут очень убедительно воспроизвести расположение звук сзади, впереди, выше, или везде, откуда звук в действительности и пришел во время записи. При самом простом методе записи два микрофона расположены примерно в 18 см друг от друга и направлены в разные стороны. Однако этот метод не даёт настоящей бинауральной записи.

Данное расстояние между микрофонами — будет представлять собой грубое значение для среднего расстояния между ушными каналами, и этого расстояния будет явно недостаточно. Более точный метод записи требует специального оборудования. Типичное бинауральное устройство записи состоит из двух высокочувствительных микрофонов, прикреплённых к макету головы и находящихся внутри форм, имитирующих ушные раковины. Это позволяет полностью записать искажения звука, происходящие, когда звук огибает человеческую голову и отражается от внешнего и внутреннего уха. Бинауральные «внутриушные микрофоны» могут быть подключены к записывающему устройству, что позволяет обойтись без манекена, используя в его роли голову автора записи. Неясно как, но оказывается фактом, что ушные раковины человека и видимо, многих животных, излучают. Оба эти явления, позволяющие различать направления на источник, называются соответственно фазовый и амплитудный бинауральные эффекты. При слушании шумов низких тонов или коротких непериодических звуковых импульсов решающую роль играет фазовый

бинауральный эффект. Бинауральный эффект позволяет легче — сосредоточивать свое внимание на нужном нам источнике звука при наличии мешающих источников. Так, мы легко слышим собеседника, даже когда рядом идут другие разговоры или имеются сильные мешающие звуки, — это так называемый «эффект шумного общества» (Cocktailparty — effect). Подобное свойство слуха может быть использовано в технике пеленгования шумящих объектов.

Возможность различения слухом нужных нам звуков на фоне мешающих шумов и определения направления на источник звука являются свойствами слуха, интересными с точки зрения инженера, специализирующегося в области радиоэлектроники и электроакустики. Если бы механизмы и функциональные схемы центральной нервной системы человека, позволяющие выделять звуковой сигнал на фоне помех и определять направление на источник (а в ряде случаев и расстояние до него) были бы достаточно хорошо изучены, это позволило бы построить электронные модели аппаратов, обладающих аналогичными свойствами в отношении электрических сигналов и электромагнитных волн. Элементарная схема поступления раздражений от слухового нерва в кору головного мозга состоит в следующем. Нервные импульсы, возбуждаемые в чувствительных окончаниях нервных волокон слухового нерва, распространяются по слуховому нерву и достигают центров слуха в левом и правом полушариях головного мозга. При этом как в правое так и в левое полушария поступают импульсы от каждого уха. Нервные пути расщепляются и перекрещиваются в области так называемого «варолиева моста» — отдела задней части мозга и среднего мозга.

Нейроны (клетки нервных волокон) с помощью ответвлений (синапсов), принадлежащих разным волокнам, связаны между собой. Для того чтобы прореагировать, нейрон должен получить импульс от соединенных с ним других нейронов. При этом возможны различные комбинации воздействий и реакций. Так, например, нейрон может возбуждаться (передавать раздражения дальше вдоль нервного волокна) под действием пришедшего импульса, или, наоборот, тормозиться. Торможение может возникнуть благодаря импульсу, пришедшему через синапс от другого волокна, нейрон может также оставаться невозбужденным, если к нему приходит импульс только от одной связи, и возбуждаться, если к нему одновременно приходят импульсы по двум путям. Такие взаимодействия нейронов позволяют мозгу «разобраться» в последовательности моментов воздействия и разностях интенсивности звуковой волны у правого и левого уха. В результате в зависимости от разности

фаз пришедших звуков и разности их интенсивности возбуждаются те или иные группы клеток слуховых центров мозга.

Экспериментально было установлено, что разность интенсивности может до некоторой степени заменить разность фаз. Так, если, например, к левому уху приходит звук позднее, чем к правому, то в обычных условиях у левого уха звук слабее из-за экранировки головой. Поэтому, даже когда никакого запоздания звука к левому уху не будет, но мы сумеем искусственно сделать около левого уха звук слабее (например, слушая через наушники, ослабим уровень в одном из них), нам будет казаться, что звук идет справа. Это эффект компенсации фазового бинаурального эффекта амплитудным. Близким к этому является еще одно свойство слуха, важное для действия систем усиления голоса оратора с помощью громкоговорителей — эффект «предварения» (или эффект Хааса). Эффект предварения впервые детально описан в 1949 г., хотя о нем было известно и раньше. В общем виде он заключается в том, что в пределах определенного отрезка времени ранее поступивший звуковой сигнал (фронт звуковой волны) доминирует в слуховом восприятии над звуками, поступившими позднее (эхо).

Как отмечает, один из ведущих специалистов в области психоакустики А. Алдошина, ушная раковина имеет сложную геометрию, она действует как акустическая антенна: на низких частотах она усиливает общую энергию сигнала, на средних и высоких частотах начинают сказываться резонансы ее внутренних полостей, усиливая некоторые частоты. Кроме того, происходит интерференция прямого звука со звуком, отраженным от отдельных участков ушной раковины, то есть ушная раковина действует как фильтр, внося максимальные искажения в области 6-16 кГц, причем форма этих искажений зависит от того, спереди или сзади находится источник звука, и под каким углом подъема он расположен в медианной плоскости<sup>13</sup>. Если один и тот же звук излучается двумя источниками, находящимися на разном расстоянии ют нас, то мы не замечаем дальний источник и нам кажется, что звук приходит только от одного источника, более близкого. Эффект предварения сохраняется, даже если дальний источник создает более громкий звук. На технологии бинауральных ритмов основана *технология аурализации*, дающей возможность почувствовать слушателю музыку в конкретном месте — относительно конкретного помещения. Существует даже понятие

бинауральных импульсных характеристик помещения (BRIR), набор которых является по сути цифро-звуковым кодом заданного помещения. С английского языка аббревиатура BRIR переводится, как «binaural room impulse response».

Как следствие — в голофоническом звучании, вне сомнения, заложены довольно многообразные теоретические и практические приложения во многих областях социальной жизни, от пересмотра понимания процессов в физиологии и патологии слуха до области психиатрии, психологии и психотерапии, в средствах масс-медиа, предпринимательстве, искусстве, религии, философии и многих других областях. Необычайные эффекты голофонической технологии позволяют и в совершенно новом свете оценить то значение, которое придавалось звуку в различных традициях духовной философии. Открытие Х. Зукарелли распространило голографическую модель на мир акустики и стало, таким образом, существенным вкладом в возникающую парадигму, связывающую современную науку с голографическим принципом, наиболее адекватно объясняющим большинство характеристик пространственного слуха. Когда мы прослушиваем голофоническую запись, мы невольно погружаемся в новый мир — мир синестезии, мир смешанных ощущений и смысла. Помимо этого голофония, вне сомнения — лучший звук и более надежные трехмерные, «голографические» звукозаписывающие алгоритмы. Это означает, что эффективная зона прослушивания значительно расширяется, что обеспечивает больший объем и гибкость самого восприятия звука.

При прослушивании записей через высококачественные наушники, слушатель испытывает ощущение, будто находится «внутри» звукового поля. Кроме того, на основе манекена KU100 могут быть решены и прикладные задачи — документальная запись звуков природы, театральных постановок, семинаров и конференций, измерение акустики помещений, акустических параметров автомобилей, анализ разборчивости речи, показателей шума и т.д. Даже на данный момент, более чем через 20 лет после его изобретения, лучший способ познакомиться с голофонической записью — через специально разработанные динамики или наушники, т.к. она еще «не готова» для демонстрации на основе, скажем, домашнего кинотеатра.

Бинауральный акустический эффект, хотя и не массово, применяется сегодня и во многих нетрадиционных областях, ранее прямо не связанных с акустикой. Это, прежде всего — повышение эффективности обучения, — улучшение памяти; управление состоянием организма; лечение некоторых болезней, определение поврежденных областей в мозге; меди-

<sup>13</sup> См.: Алдошина И. Основы психоакустики [электронный ресурс] // <http://www.forums.mixgalaxy.ru/viewtopic.php?t=30029>

тация; расслабление и при организации «быстрого отдыха». Возможность различения слухом нужных нам звуков на фоне мешающих шумов и определения направления на источник звука являются свойствами слуха, интересными с точки зрения инженера, специализирующегося в области радиоэлектроники и электроакустики. Кроме эффектов пространственной локализации, наличие бинаурального слуха, то есть двух слуховых приемников, обеспечивает и целый ряд других преимуществ в получении и переработке слуховой информации. К их числу можно отнести: бинауральную чувствительность и суммацию громкости, бинауральные слияния звукового образа и биения, эффект предшествования, бинауральную маскировку и демаскировку, эффекты «правого» и «левого» уха при восприятии речи и музыки и др.

Каждое из этих свойств слуха имеет огромное значение для восприятия окружающего нас звукового пространства и все в большей степени используется в современных звуковых технологиях записи, передачи и воспроизведения, особенно с помощью быстро развивающихся компьютерных методов обработки звука. Все эти свойства бинауральной слуховой системы (пространственная локализация, слияние слухового образа, эффект предшествования и др.), используются в настоящее время в развитии индустрии «бинауральных технологий», включающих в себя создание программно-аппаратных средств, новых приборов, технологий звукозаписи и др. К числу наиболее эффективно развивающихся технологий в голофонии в настоящее время можно отнести и создание трехмерных виртуальных звуковых пространств (т.н. «аурализация», бинауральная стереофония, адаптивные процессоры и др.).

Бинауральный слух, кроме эффектов пространственной локализации, наличие бинаурального слуха, то есть двух слуховых приемников, обеспечивает целый ряд других преимуществ в получении и переработке слуховой информации. К их числу можно отнести — бинауральную чувствительность и суммацию громкости, бинауральные слияния звукового образа и биения, эффект предшествования, бинауральную маскировку и демаскировку, эффекты «правого» и «левого» уха при восприятии речи и музыки и др. Каждое из этих свойств слуха имеет огромное значение для восприятия окружающего нас звукового пространства и все в большей степени используется в современных звуковых технологиях записи, передачи и воспроизведения, особенно с помощью быстро развивающихся компьютерных методов обработки звука<sup>14</sup>. Таким образом, наличие двух слуховых приемников позволяет услышать и более тонкое различие звуков по высоте и по громкости, что имеет принципиально важное значение как для аудиотехники, так и для восприятия музыки. Очевидно, что если бы механизмы и функциональные схемы центральной нервной системы человека, позволяющие выделять звуковой сигнал на фоне помех и определять направление на источник, были бы достаточно хорошо изучены, это позволило бы построить электронные модели аппаратов, обладающих аналогичными свойствами в отношении электрических сигналов и электромагнитных волн. Однако, процессы, протекающие в нервных путях и в коре головного мозга, столь сложны, что на сегодня им нельзя дать точного объяснения и полностью симитировать их электрическими схемами. Такого рода задачи стоят перед новой отраслью науки — биофизикой и ее частью — биоакустикой.

### Список литературы:

1. Алдошина И.А. Высококачественные акустические системы излучатели. М., 1985.
2. Алдошина И., Приттс Р. Музыкальная акустика. СПб., 2009.
3. Белунцов В. Музыкальные возможности компьютера. СПб., 2000.
4. Гасанова Р.Т. гызы. Пространство звука (музыкальный звук как объект междисциплинарных исследований). Баку, 2006.
5. Герасимович Г.И., Эйныш Е.А. Применение музыкотерапии в медицине // Медицинские новости. 1999. № 7. С. 17-20.
6. Голдмен Д. Целительные звуки. М., 2003.
7. Гордеева Т.Ю. Музыкальный звук как феномен культуры. М., 2007.
8. Денисюк Ю.Н. Псевдоглубокая голограмма, ее свойства и возможные применения. Л., 1991.
9. Денер-Фойгт Г.Г. Введение в музыкотерапию. СПб., 2003.
10. Ди Специо М. Занимательные опыты. Свет и звук. М., 2004.
11. Догель И.М. Влияние музыки на человека и животных. Казань, 1888.

<sup>14</sup> Там же.

12. Захарова Н.Н., Авдеев В.М. Функциональные изменения центральной нервной системы при восприятии музыки // Журн. высш. нерв. деят. 1982. Т. 32. Вып. 5. С. 915-929.
13. Еременко К. Музыка от ледникового периода до века электроники. М., 1991.
14. Ковтунович М.Г. Связь психо-акустических и психо-эмоциональных характеристик восприятия музыки // Мир психологии. 2003. № 4. С. 184-195.
15. Мерриам А. Антропология музыки // Альманах музыкальной психологии. М., 1995.
16. Петрушин В.И. Теоретические основы музыкальной психотерапии // Журнал неврологии и психотерапии им. С.С. Корсакова. 1991. № 3. С. 96-99.
17. Петрушин В.И. Музыкальная психология. М., 1994.
18. Прибрам К. Языки мозга: экспериментальные парадоксы и принципы нейропсихологии / Пер. с англ. Н.Н. Даниловой, Е.Д. Хомской; под ред. А.Р. Лурия. М., 2009.
19. Пинчук Н.В. Психоакустика и воздействие шума. СПб., 2007.
20. Радзишевский А.Ю. Основы аналогового и цифрового звука. М., 2006.
21. Лисицин М.Н. Артерия. М., 1999.
22. Hudde H., Schröter J. Verbesserungen am Neumann-Kunstkopfsystem // Rundfunktechnische Mitteilungen. Heft 1(1-6) // Audio Engineering Society. E-Librari, 1981.
23. Neumann Georg. Zur Theorieder optimalen Wiedergabe von stereofonen Signalen über Lautsprecher und Kopfhörer // Rundfunktechnische Mitteilungen. RTM, 1981.

### **References (transliteration):**

1. Aldoshina I.A. Vysokokachestvennyye akusticheskiye sistemy izluchately. M., 1985.
2. Aldoshina I., Pritts R. Muzykal'naya akustika. SPb., 2009.
3. Beluntsov V. Muzykal'nye vozmozhnosti komp'yutera. SPb., 2000.
4. Gasanova R.T. gyzy. Prostranstvo zvuka (muzykal'nyy zvuk kak ob'ekt mezhdistsiplinarnykh issledovaniy). Baku, 2006.
5. Gerasimovich G.I., Eynysh E.A. Primenenie muzykoterapii v meditsine // Meditsinskie novosti. 1999. № 7. S. 17-20.
6. Goldmen D. Tselitel'nye zvuki. M., 2003.
7. Gordeeva T. Yu. Muzykal'nyy zvuk kak fenomen kul'tury. M., 2007.
8. Denisyuk Yu.N. Psevdoglubokaya gologramma, ee svoystva i vozmozhnyye primeneniya. L., 1991.
9. Dener-Foygt G.G. Vvedenie v muzykoterapiyu. SPb., 2003.
10. Di Spetsio M. Zanimatel'nye opyty. Svet i zvuk. M., 2004.
11. Dogel' I.M. Vliyaniye muzyki na cheloveka i zhivotnykh. Kazan', 1888.
12. Zakharova N.N., Avdeev V.M. Funktsional'nye izmeneniya tsentral'noy nervnoy sistemy pri vospriyatii muzyki // Zhurn. vyssh. nerv. deyat. 1982. Т. 32. Vyp. 5. S. 915-929.
13. Eremenko K. Muzyka ot lednikovogo perioda do veka elektroniki. M., 1991.
14. Kovtunovich M.G. Svyaz' psikho-akusticheskikh i psikho-emotsional'nykh kharakteristik vospriyatiya muzyki // Mir psikhologii. 2003. № 4. S. 184-195.
15. Merriam A. Antropologiya muzyki // Al'manakh muzykal'noy psikhologii. M., 1995.
16. Petrushin V.I. Teoreticheskiye osnovy muzykal'noy psikhoterapii // Zhurnalnevrologii i psikhoterapii im. S.S. Korsakova. 1991. № 3. S. 96-99.
17. Petrushin V.I. Muzykal'naya psikhologiya. M., 1994.
18. Pribram, K. Yazyki mozga: eksperimental'nye paradoksy i printsipy neyropsikhologii / per. s angl. N.N. Danilovoy, E.D. Khomskoy; pod red. R. Luriya. M., 2009.
19. Pinchuk, N.V. Psikhoakustika i vozdeystvie shuma. SPb., 2007.
20. Radzishevskiy A.Yu. Osnovy analogovogo i tsifrovogo zvuka. M., 2006.
21. Lisitsin M.N. Arteriya. M., 1999.
22. Hudde H., Schröter J. Verbesserungen am Neumann-Kunstkopfsystem // Rundfunktechnische Mitteilungen. Heft 1 (1-6) // Audio Engineering Society. E-Librari, 1981.
23. Neumann Georg. Zur Theorieder optimalen Wiedergabe von stereofonen Signalen über Lautsprecher und Kopfhörer // Rundfunktechnische Mitteilungen. RTM, 1981.