

частотный диапазон С. в молодости ограничен 20—25 кГц, с возрастом эта граница постепенно снижается. По сравнению с др. млекопитающими С. человека и высших обезьян отличается сравнительно узким частотным диапазоном; однако у человека очень хорошо развита способность отмечать изменения частоты: в диапазоне частот 1,0—2,0 кГц люди с тренированным слухом могут обнаружить различия в неск. Гц, т. е. в десятые доли процента.

Динамич. диапазон С. человека принято считать от абс. порога слышимости (ок. $2 \cdot 10^{-5}$ Па на частотах 1,0—3,0 кГц) до порога болевого ощущения (ок. 20 Па на тех же частотах). Т. о., мощность сигналов на границах динамич. диапазона различается в 10^{12} раз, т. е. на 120 дБ. У многих животных динамич. диапазон С. столь же велик. Внутри своего динамич. диапазона С. человек способен заметить изменение амплитуды (звукового давления) всего в неск. процентов; не хуже дифференциальная чувствительность к изменениям амплитуды у мн. животных, напр. у рыб.

С помощью С. определяется направление на источник звука. При этом *бинауральный эффект* позволяет локализовать источник в горизонтальной плоскости с точностью ок. 1° . Для ориентировочной локализации звука по вертикали используются слабые частотные различия приходящих с разных направлений сигналов, что связано с особенностями отражения звука от ушной раковины. Важными качествами слуховых ощущений являются *высота звука*, определяемая с его спектральным составом и периодичностью, и *громкость звука*, сопоставляемая чаще всего с его энергией, интегрируемой за время 50—150 мс.

Наиб. удивительным свойством С., связанным с функционированием целостного мозга, является способность к практически мгновенной классификации сложных звуков по трудно формализуемым признакам, таким, напр., как интонация речи, особенности произношения определённым диктором и т. д. Способность к тонкому анализу звуковых сигналов С. сохраняет и в условиях *маскировки звука*, когда полезный сигнал сопровождается звуковыми помехами. Слуховую систему можно условно разделить на периферическую и центральную. Периферич. часть включает наружное, среднее и внутреннее ухо. Два первых отдела служат для концентрации звуковой энергии, осуществления акустико-механич. преобразования и передачи механич. колебаний в жидкую среду внутр. уха. В специализиров. слуховых отделах внутр. уха происходит частотный анализ механич. колебаний, их преобразование в аналоговые электрич. потенциалы рецепторных волосковых клеток, а затем — в импульсную активность волокон слухового нерва. Частотный анализ в слуховом отделе внутр. уха млекопитающих, наз. улиткой, осуществляется на эластичной базиллярной мембране с непрерывно меняющейся по длине упругостью и массой. Добротность анализатора резко усиливается вследствие существования активных механизмов положитель. обратной связи, обусловленных, по-видимому, вторичным электромеханич. преобразованием сигнала наружными волосковыми клетками, способными к изменению своей конфигурации. В отличие от наружных, внутр. волосковые клетки выполняют истинно рецепторные ф-ции, осуществляя только механоэлектрич. преобразование сигнала и выделение неизвестного ещё вещества — переносчика, приводящего к возбуждению волокон слухового нерва. Со слухового нерва начинается центр. часть слуховой системы, где вся информация о звуке представляется в виде частотно-импульсного кода нейронной импульсации. Отделы головного мозга, проводящие обработку звукового сигнала, составляют т. н. слуховой путь, состоящий у млекопитающих из последовательно расположенных групп ядер: кохлеарные ядра, ядра верх. оливы, ядра боковой петли, ядра задних холмов, медиальное колленчатое тело, слуховые зоны коры головного мозга.

Нейроны каждого из этих отделов или уровней слухового пути обеспечивают описание звукового сигнала по набору признаков: спектральным особенностям, особенностям временных изменений, наличию модуляций, наличию задержанных копий (эхо) и т. д. Эта обработка сигнала обеспечивает др. отделы головного мозга необходимой информацией для осуществления классификации звука, формирования слухового ощущения и принятия решения об ответной реакции организма. Процессы обработки сигналов в слуховом нейронном пути специфичны у разных видов животных.

При изучении С. используют методы психологич. и физиологической акустики. Методы первой из этих дисциплин применяются гл. обр. по отношению к человеку и позволяют определить разнообразные слуховые пороги, а также оценивать и сравнивать такие качества слуховых ощущений, как высота и громкость. При работе с животными используют поведенческие методы, основанные обычно на условных рефлексах и также позволяющие оценивать как абсолютные, так и дифференциальные пороги С.

Физиологич. акустика, изучающая последовательные этапы преобразования звукового сигнала на разных уровнях слуховой системы, пользуется разнообразными методами. Так, колебания базиллярной мембраны исследуют, используя *Мессбауэра эффект* или лазерную интерферометрию; при анализе характеристик импульсной активности одиночных нейронов широко применяют физ. и матем. методы анализа случайных процессов.

Особое место в исследовании С. занимают методы матем. и физ. моделирования. Широко используется моделирование периферич. слуховой обработки, прежде всего фильтрации сигнала в улитке внутр. уха. Исследования С. имеют важное практич. значение для диагностики и лечения нарушений С., к-рыми страдает, по ориентировочной оценке, 4—6% взрослого населения планеты. Второе важное практич. применение работ по изучению С. — разработка на бионической основе систем анализа и классификации сложных звуковых сигналов, прежде всего речи.

Лит.: Гельфанд С., Слух. Введение в психологическую и физиологическую акустику, пер. с англ., М., 1984; Бибинов Н. Г., Описание признаков звука нейронами слуховой системы наземных позвоночных, М., 1987. Н. Г. Бибинов. **СЛУЧАЙНАЯ ВЕЛИЧИНА** — одно из осн. понятий теории вероятностей; величина, значения к-рой зависят от случая, причём определены вероятности всех её значений. Примерами являются число выпадений решки при 10-кратном случайном бросании монеты или расстояние, на к-рое случайно движущаяся броуновская частица отошла от своего начального положения за время t .

В *вероятностной теории* для описания случайного явления принята след. схема: вводится подходящее «вероятностное» пространство (пространство элементарных событий) Ω — множество всех «мыслимых» случаев — реализаций этого явления, и каждому подмножеству $A \subset \Omega$ этих случаев (событию) приписывается неотрицательное число $P(A)$ — *вероятность* события A . Так, в случае 10 независимых бросаний монеты вероятностное пространство состоит из 2^{10} последовательностей $\omega = (\alpha_1, \dots, \alpha_{10})$, где каждое α_i — герб или решка (исход i -го бросания монеты), $i = 1, \dots, 10$; вероятность каждого события $A = \{\omega_1, \dots, \omega_N\}$, состоящего из N разл. последовательностей ω_k , $P(A) = N \cdot 2^{-10}$. Вероятностное пространство, описывающее броуновское движение частицы, состоит из всех мыслимых траекторий этого движения; правило, по к-рому вводятся вероятности событий $P(A)$, из этого пространства, довольно сложно (см., напр., [3]).

Теперь можно более строго определить С. в. $\xi = \xi(\omega)$, $\omega \in \Omega$) как числовую ф-цию на вероятностном пространстве Ω . В наиб. простом случае, когда ξ принимает лишь дискретное множество (конечное или счётное) значений x_1, \dots, x_n , набор вероятностей

$$p_k = P\{\xi(\omega) = x_k\}, \quad k=1, 2, \dots, n,$$