

Инфразвук и его источники

Инфразвук — упругие колебания и волны с частотами от 0,001 Гц до 16-20 Гц, лежащими ниже области слышимых человеком частот.

Инфразвуковые волны распространяются в воздушной и водной средах, а также в земной коре (сейсмические волны). Основная особенность инфразвука, обусловленная его низкой частотой, малое поглощение. При распространении в глубоком море и в атмосфере на уровне земли инфразвуковые волны частоты 10—20 Гц затухают на расстоянии 1000 км не более чем на несколько децибел.

Известно, что звуки извержений вулканов и атомных взрывов могут многократно обходить вокруг земного шара. Из-за большой длины волны мало и рассеяние инфразвука. В естественных средах заметное рассеяние создают лишь очень крупные объекты — холмы, горы, высокие здания.

Естественными источниками инфразвука являются метеорологические, сейсмические и вулканические явления. Инфразвук генерируется атмосферными и океаническими турбулентными флуктуациями давления, ветром, морскими волнами (в том числе и приливными), водопадами, землетрясениями, обвалами.

Источниками инфразвука, связанными с человеческой деятельностью, являются взрывы, орудийные выстрелы, ударные волны от сверхзвуковых самолетов, удары копров, работа реактивных двигателей и др. Инфразвук содержится в шуме двигателей и технологического оборудования. Вибрации зданий, создаваемые производственными и бытовыми возбудителями, как правило, содержат инфразвуковые компоненты. Существенный вклад в инфразвуковое загрязнение среды дают транспортные шумы. Например, легковые автомобили на скорости 100 км/ч создают инфразвук с уровнем интенсивности до 100 дБ. В моторном отделении крупных судов зарегистрированы инфразвуковые колебания, создаваемые работающими двигателями, с частотой 7—13 Гц и уровнем интенсивности 115 дБ. На верхних этажах высотных зданий, особенно при сильном ветре, уровень интенсивности инфразвука достигает 100 дБ.

Инфразвук почти невозможно изолировать — на низких частотах все звукопоглощающие материалы практически полностью теряют свою эффективность.

Воздействие инфразвука на человека. Использование инфразвука в медицине

На человека инфразвук оказывает, как правило, отрицательное действие: вызывает угнетенное настроение, усталость, головную боль, раздражение. У человека, подвергнутого воздействию инфразвука низкой интенсивности, 83

появляются симптомы «морской болезни», тошнота, головокружение. Появляется головная боль, повышается утомляемость, слабеет слух. При частоте 2-5 Гц и уровне интенсивности 100—125 дБ субъективная реакция сводится к ощущению давления в ухе, затруднению при глотании, вынужденной модуляции голоса и затруднению речи. Воздействие инфразвука негативно сказывается на

зрении: ухудшаются зрительные функции, снижается острота зрения, сужается поле зрения, ослабляется аккомодационная способность, нарушается устойчивость фиксации глазом наблюдаемого объекта.

Шум на частоте 2-15 Гц при уровне интенсивности 100 дБ приводит к возрастанию ошибки слежения за стрелочными индикаторами. Проявляется судорожное подергивание глазного яблока, нарушение функции органов равновесия.

Летчики и космонавты, подвергнутые на тренировках воздействию инфразвука, медленнее решали даже простые арифметические задачи.

Существует предположение, что различные аномалии в состоянии людей при плохой погоде, объясняемые климатическими условиями, являются на самом деле следствием воздействия инфразвуковых волн.

При средней интенсивности (140-155 дБ) могут наступать обмороки, временная потеря зрения. При больших интенсивностях (порядка 180 дБ) может наступить паралич со смертельным исходом.

Предполагают, что негативное влияние инфразвука связано с тем, что в инфразвуковой области лежат частоты собственных колебаний некоторых органов и частей тела человека. Это вызывает нежелательные резонансные явления. Некоторые частоты собственных колебаний для человека:

- тело человека в положении лежа - (3—4) Гц;
- грудная клетка - (5-8) Гц;
- брюшная полость — (3—4) Гц;
- глаза - (12—27) Гц.

Особенно вредно воздействие инфразвука на сердце. При достаточной мощности возникают вынужденные колебания сердечной мышцы. При резонансе (6-7 Гц) их амплитуда возрастает, что может привести к кровоизлиянию.

Использование инфразвука в медицине

В последние годы инфразвук стали широко применять в медицинской практике. Так, в офтальмологии инфразвуковые волны с частотами до 12 Гц используются при лечении близорукости. При лечении заболеваний век используется инфразвук для фонофореза, а также для очищения раневых поверхностей, для улучшения гемодинамики и регенерации в веках, массажа и т.д.

Ультразвук

**Ультразвук- упругие колебания частиц среды с частотой $\nu > 10-15\text{кГц}$.
Верхняя частота 1013Гц .**

Свойства ультразвука

1. Малая длина волны ультразвука является основанием для того, чтобы рассматривать их распространение методами геометрической акустики. Физически это приводит к лучевой картине распространения.

Отсюда свойства: геометрическое отражение и преломление, фокусировка.

2. Возможность сосредоточения большой плотности потока энергии в ультразвуковых пучках ($\omega \sim \nu^2$).

В результате это приводит к разрушению живых клеток, омертвлению мелких животных.

Глубина полупоглощения для различных тканей.

Вид ткани	Частота МГц.	Глубина (см)
1. Мышца	0,8	2,1
2. Жир. Ткань	0,8	3,3
3. Костная ткань	0,8	0,23
4. Кровь	1,0	35,0

Глубина полупоглощения показывает, на какой глубине интенсивность колебаний уменьшается наполовину.

Источники ультразвука:

1. **Естественные**- летучие мыши (79-80тыс. Гц), кошки, собаки, дельфины, кузнечики.

2. **Искусственные**- обратный пьезоэффект, магнитострикция.

Пьезоэффект-явление, наблюдаемое в образцах анизотропных материалов.

Кристаллы целого ряда веществ (кварц, турмалин, титанат бария и т. д.) обладают замечательным свойством.

Если из них определенным образом вырезать пластинку, то при сжатии или растяжении такой пластинки на ее поверхности появятся электрические заряды — с одной стороны положительные, с другой — отрицательные. В этом и состоит пьезоэлектрический эффект. Этот эффект обратим.

Обратный пьезоэффект-состоит в механической деформации среды под действием внешнего электрического поля.

Пластинку покрывают с двух сторон металлическими электродами (например, алюминиевой фольгой), присоединяют к ним источник переменного напряжения,

пластинка попеременно то сжимается, то растягивается.

Эти колебания поверхности пластинки и возбуждают в среде ультразвуковые волны, удается получать ультразвуки сравнительно небольшой интенсивности.

Пьезоэффектом обладают кости человека, кварц и ниобат лития.

Если на пластинку из кварца подаётся напряжение $U=103$ В, то величина возникающей деформации приблизительно равна $\Delta X=2 \cdot 10^{-7}$ см (10-15 атомов приходится на ΔX).

Если смену зарядов производить с резонансной частотой, при том же напряжении, то размах колебаний возрастает и мощность ультразвука увеличится. Чем тоньше пластинка, тем выше резонансная частота

Если $d=1$ мм, то $\nu=2,88$ млн. колебаний в сек.

$d=0,5$ мм, то $\nu=5,76$ млн. колебаний в сек.

Обычный песок состоит из крупинок кварца. Если расплавить песок, получится кварцевое стекло.

Пьезоэффектом обладают кристаллы кварца, которые встречаются редко, поэтому их выращивают искусственно.

3. Магнитострикция-стержень (никель, кобальт, железо, ряд сплавов) в переменном магнитном поле меняет длину и приводит в колебательное движение прилегающие слои воздуха или жидкости, создавая ультразвук.

Состав (2%-ванадия, 49%-железа, 49%-кобальта) имеет большой 87

Магнитострикционный эффект.

Это явление, называемое магнитострикцией, используется для получения ультразвуков большой интенсивности.

Простейший **магнитострикционный излучатель** — это никелевый стержень, вставленный внутрь катушки, по обмотке которой пропускается переменный ток.

В катушке возникает при этом переменное магнитное поле и стержень в такт с его колебаниями периодически то сжимается, то расширяется, т. е. совершает механические колебания.

Эти колебания стержня и возбуждают в среде ультразвуковые волны.

Биологическое действие ультразвука

1. Кавитация- сжатия и разряжения в жидкости, создаваемых ультразвуком полостей. При захлопывании выделяется значительная энергия, происходит разогревание вещества, ионизация и диссоциация молекул, возникают огромные давления (тыс. атмосфер).

Давление вызывающее кавитацию –2атм.или 135 Вт/см².

2. В биологических объектах происходят следующие процессы:

- Микровибрации на клеточном уровне
- разрушение биомакромолекул
- повреждение мембран, изменение проницаемости
- тепловое действие
- разрушение клеток и микроорганизмов, вирусов.

Химическое действие

Кавитация- под воздействием ультразвука в жидкостях образуются пустоты в виде мельчайших пузырьков, куда происходит испарение жидкости с кратковременным возрастанием давления внутри них.

При кавитации внутри пузырьков находятся мельчайшие капельки воды, которые имеют заряд противоположный стенкам. При сжатии их размеры уменьшаются и заряды оказываются расположенными на пузырьках очень малых размеров. В результате электрическое напряжение сильно возрастает. Между стенками и капельками происходят электрические разряды, напоминающие микроскопические молнии. Эти разряды являются одной из причин химического действия ультразвука.

В кавитационной полости возникают большие электрические напряжения и высокая температура.

Далее полость захлопывается, что приводит к появлению ударных волн.

Происходят процессы ионизации и диссоциации газов полости (расщеплении молекулы воды на радикалы Н⁺ и ОН⁻ с последующим образованием перекиси водорода Н₂ О₂).

Повышение температуры и большие перепады давления, которыми сопровождается прохождение ультразвука, могут приводить к образованию ионов и радикалов, способных вступать во взаимодействие с молекулами. При этом могут протекать такие химические реакции, которые в обычных условиях неосуществимы.

В воде:

$H_2O \rightarrow H^+ OH^-$ -получаются химически активные вещества.

Высокие давления и высокие температуры способны вызвать химические 89 превращения.

Расщепление молекул под действием ультразвука происходит под действием больших давлений в кавитационном пузырьке.

На этом эффекте основано изготовление эмульсий (сера, камфара).

Применение ультразвука

1. Бактериология, иммунология

Ультразвук производит разрыв бактериальных клеток и клеточных структур. (при захлопывании кавитационных полостей появляются ударные волны). Из клеток при разрыве извлекаются токсины, ферменты, гормоны.

Из коклюшной палочки извлекался эндотоксин, который терял токсические свойства и сохранял иммуногенные свойства по отношению к токсину (вакцина против коклюша).

2. Просмотр внутренних органов

Ультразвук отражается от тканей различной плотности ($\Delta\rho=10\%$), $v=(1-15)\cdot 10^6$ Гц, $\tau=10^{-6}$ с).

Ткани организма дают серию отражённых сигналов различной амплитуды, в результате образуется теневое изображение органов.

УЗИ плода (30 недель) 90

В канцерогенной ткани больше структур, отражающих ультразвук. И это послужило основой для диагностики опухолевых процессов (рак груди, щитовидки, мозга, глаз и т.д.).

3. **Ультразвуковая кардиология-** диагностируется наличие сужения митрального клапана.

4. **Ультразвуковая терапия-** ($v=500-2500$ Гц)

Факторы лечебного действия:

Механический (волнообразное распространение участков сжатия и разряжения)

Химический-способствует интенсивному протеканию физико-химических и биохимических реакций в тканях.

- Тепловой эффект- поглощение энергии ультразвуковой волны.

В результате терапевтический эффект-болеутоляющий, рассасывающий инфильтрат. 91

5. Ультразвуковой фонофорез лекарственных веществ-введение лекарственного вещества с помощью ультразвука.

Действие: механическое, лекарственное, спазмолитическое, рассасывающее.

6 Ультразвуковое сканирование-двухмерное изображение. Датчик движется, отражённые импульсы дают светящиеся точки, при слиянии которых формируется изображение исследуемого органа.

7. Прибор для слепых-ориентир.

8. Хирургия

- Рассечение костей
- Резка тканей
- Сварка костей
- Сварка мягких тканей