**Введение**

Инфразвук (от латинского infra - ниже, под), упругие волны, аналогичные звуковым, но с частотами ниже области слышимых человеком частот. Обычно за верхнюю границу инфразвуковой области принимают частоты 16—25 Гц*.* Нижняя граница инфразвукового диапазона неопределенна. Практический интерес могут представлять колебания от десятых и даже сотых долей Гц., т. е. с периодами в десяток секунд. Обычно слух человека воспринимает колебания в пределах 16-20000 Гц (колебаний в секунду). Инфразвук вызывает нервное перенапряжение, недомогание, головокружение, изменение деятельности внутренних органов, особенно нервной и сердечно - сосудистой систем. Для инфразвука характерно малое поглощение в различных средах вследствие чего инфразвуковые волны в воздухе, воде и в земной коре могут распространяться на очень далёкие расстояния. Это явление находит практическое применение при определении места сильных взрывов или положения стреляющего орудия. Распространение инфразвука на большие расстояния в море даёт возможность предсказания стихийного бедствия — цунами. Звуки взрывов, содержащие большое количество инфразвуковых частот, применяются для исследования верхних слоев атмосферы, свойств водной среды. "Голос моря" - это инфразвуковые волны, возникающие над поверхностью моря при сильном ветре, в результате вихреобразования за гребнями волн. Вследствие того, что для инфразвука характерно малое поглощение, он может распространяться на большие расстояния, а поскольку скорость его распространения значительно превышает скорость перемещения области шторма, то "голос моря" может служить для заблаговременного предсказания шторма. Своеобразными индикаторами шторма являются медузы. На краю "колокола" у медузы расположены примитивные глаза и органы равновесия - слуховые колбочки величиной с булавочную головку. Это и есть "уши" медузы. Они слышат инфразвуки с частотой 8 - 13 Гц. Шторм разыгрывается еще за сотни километров от берега, он придет в эти места примерно часов через 20, а медузы уже слышат его и уходят на глубину. Длина инфразвуковой волны весьма велика (на частоте 3.5 Гц она равна 100 метрам), проникновение в ткани тела также велико. Можно сказать, что человек слышит инфразвук <всем телом>. В этой работе описаны основные темы, касающиеся инфразвука.

**Источники инфразвуковых волн**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Источник инфразвука** | **Характерный частотный диапазон инфразвука** | **Уровни инфразвука** |
| Автомобильный транспорт | Весь спектр инфразвукового диапазона | Снаружи 70-90 дБ, внутри до 120 дБ |
| Железнодорожный транспорт и трамваи | 10-16 Гц | Внутри и снаружи от 85 до 120 дБ |
| Промышленные установки аэродинамического и ударного действия | 8-12 Гц | До 90-105 дБ |
| Вентиляция промышленных установок и помещений, то же в метро | 3-20 Гц | До 75-95 дБ |
| Реактивные самолеты | Около 20 Гц | Снаружи до 130 дБ |

К основным техногенным источникам инфразвука относится мощное оборудование - станки, котельные, транспорт, подводные и подземные взрывы. Кроме того, инфразвук излучают ветряные электростанции. Природные источники мощного инфразвука – ураганы, извержения вулканов, электрические разряды и резкие колебания давления в атмосфере (уровень от 60 до 90 дБ. Но в этой вредной области инфразвука человек быстро догоняет природу и в ряде случаев уже перегнал ее. Так, при запуске космических ракет типа “Аполлон” рекомендуемое (кратковременное) значение инфразвукового уровня для космонавтов составляло 140 дБ(!), а для обслуживающего персонала и окружающего населения 120 дБ(!). Источником инфразвуковых колебаний являются грозовые разряды (гром), а также взрывы и орудийные выстрелы. В земной коре наблюдаются сотрясения и вибрации инфразвуковых частот от самых разнообразных источников, в том числе от взрывов обвалов и транспортных возбудителей. Он содержатся в шуме атмосферы, леса и моря, их источник — турбулентность атмосферы и ветер (пример, так называемый "голос моря" — инфразвуковые колебания, образующиеся от завихрений ветра на гребнях морских волн, существует и другие виды инфразвуковых волн ветрового происхождения). В воздухе возникают не только поперечные колебания, но и продольные, сила возникающего инфразвука пропорциональна квадрату длины волн. При скорости ветра 20 м/с мощность «голоса» может достигать 3 Вт с каждого метра фронта волны. При определенных условиях шторм генерирует инфразвук мощностью уже в десятки кВт. Причем основное излучение инфразвука идет приблизительно в диапазоне около 6 Гц — наиболее опасном для человека. Надо добавить, что «голос», распространяясь со скоростью звука, значительно опережает ветер и морские волны, к тому же инфразвук весьма слабо рассеивается с расстоянием. В принципе он может распространяться без значительного ослабления на сотни и тысячи километров, как в воздухе, так и в воде, причем скорость водяной волны в несколько раз превышает скорость воздушной. Так что — где-то бушует шторм, а в тысяче километров от этого места экипаж какой-то шхуны сходит от 6-герцового излучения с ума и в ужасе бросается в абсолютно спокойное море. При колебаниях порядка 6 герц человек испытывает чувство беспокойства, часто переходящее в безотчетный ужас; при 7 герцах возможен паралич сердца и нервной системы; при колебаниях на порядок выше возможно разрушение технических устройств. В общем, источников инфразвука довольно таки много. Развитие промышленного производства и транспорта привело к значительному увеличению источников инфразвука в окружающей среде и возрастанию интенсивности уровня инфразвука. Краткое описание техногенных источников инфразвука приведено в нижеследующей таблице:

**Инфразвук в нашем мире**

Инфразвук сопровождает нас в повседневном окружении. Инфразвуковые шумы, производимые градирнями теплоэлектроцентралей, различными устройствами всасывания воздуха или выпуска отработавших газов; неслышимые, но такие вредные инфразвуковые излучения мощных виброплощадок, грохотов, дробилок, транспортеров. Инфразвуковые волны активно распространяются в атмосфере. Всё это сказывается на нашем здоровье. Известны некоторые редкие трагические инценденты, предположительно связанные с инфразвуком. Виднейший акустик Т. Тарноци доложил о гибели в гроте Бордаль (Верхняя Венгрия) трех туристов в условиях резкого изменения атмосферного давления. В сочетании с узким и длинным входным коридором грот являл собой подобие низкочастотного резонатора, а это могло послужить причиной резкого увеличения колебаний давления инфразвуковой частоты.

Периодически наблюдавшееся появление судов - “летучих голландцев” с мертвыми на борту также иногда предположительно приписывали мощным инфразвуковым колебаниям, возникающим во время сильных штормов и тайфунов. Если мы смогли бы снабдить все суда простейшими инфразвуковыми самописцами уровня (инфразвукового шума), чтобы можно было сопоставить затем изменения самочувствия экипажа с записанными колебаниями давления воздушной среды. Пока же специалисты по охране окружающей среды ограничились тем, что установили, например, приемники инфразвука в верхних частях “точечных” зданий и при этом обнаружили следующее: во время сильных порывов ветра уровень инфразвуковых колебаний (частоты 0.1 Гц) достигал на тридцатом этаже 140 дБ, то есть даже несколько превышал порог болевого ощущения уха в диапазоне слышимых частот. В одном эксперименте показано, что даже небольшая, по сравнению с длинной инфразвуковой волны, комната может служить волновым резонатором с частотой 5,5 Гц. Экспериментально показано, что нахождение в разных частях даже небольшого помещения способно вызвать разнонаправленную реакцию органов и систем человека и животных. У человека, который находится в одном конце помещения, падает работоспособность, уменьшается частота различия звуковых импульсов и световых мельканий, резко активируется активность регуляции сосудистой системы и развивается реакция гиперкоагуляции крови (сверхсвёртываемости крови).

Это связано с прямым действием инфразвука на стенки кровеносных сосудов. В тоже самое время у человека, находившегося в противоположном конце помещения умеренно, но статистически достоверно, растет работоспособность, уменьшается активность свертывающих систем крови и улучшаются показатели реакции на частоту световых мельканий и звуковых импульсов.

Зависимость ответной реакции организма на нахождение человека и животных в разных частях одного и того же помещения сохранялась в пределах проверенной интенсивности инфразвука от 80 до 120 дБ и частотах 8, 10 и 12 Гц.

Предельно-допустимые уровни (ПДУ) звукового давления на рабочих местах устанавливается СН (санитарные нормы) 2.2.4/1.8.583-96 дифференцированно для различных видов работ. Общий уровень звукового давления для работ различной степени тяжести не должен превышать 100 дБ, для работ различной степени интеллектуально-эмоциональной напряженности не более 95 дБ.

**Применение инфразвука в медицине**

В настоящее время инфразвук начинают медленно использовать в медицине. В основном при лечении рака (удаление опухолей), в микрохирургии глаза (лечение заболеваний роговицы) и в некоторых других областях. В России впервые лечение инфразвуком роговицы глаза применили в Российской детской клинической больнице. **В**первые в практике детской офтальмологии при лечении заболеваний роговицы применен инфразвук и инфразвуковой фонофорез. **П**одведение лекарственных веществ к роговице с помощью инфразвука позволило не только ускорить процесс выздоровления, но и способствовало рассасыванию стойких помутнений роговицы, а также снизить количество рецидивов заболевания. Сейчас существуют немало физиоотерапевтических аппаратов использующих метод лечения инфразвуком. Но они имеют применение лишь в узких специализациях. По применению инфразвука против рака известно очень мало, существуют единичные устройства такого типа. Хотя перспективность их применения не вызывает больших сомнений. Сложность применения обусловлена тем, что инфразвук оказывает губительное воздействие на живой организм, нужно провести сотни испытаний и много лет работы, чтобы найти подходящие параметры воздействия. Будущее этого метода не за горами.

**Влияние инфразвука на организм человека**

В конце 60-х годов французский исследователь Гавро обнаружил, что инфразвук определенных частот может вызвать у человека тревожность и беспокойство. Инфразвук с частотой 7 Гц смертелен для человека. Действие инфразвука может вызвать головные боли, снижение внимания и работоспособности и даже иногда нарушение функции вестибулярного аппарата. Ритмы характерные для большинства систем организма человека лежат в инфразвуковом диапазоне:

* сокращения сердца 1-2 Гц
* дельта-ритм мозга (состояние сна) 0,5-3,5 Гц
* альфа-ритм мозга (состояние покоя) 8-13 Гц
* бета-ритм мозга (умственная работа) 14-35 Гц [6,138 ].

Внутренние органы вибрируют тоже с инфразвуковыми частотами. В инфразвуковом диапазоне находится ритм кишечника. По мнению Гавро, при 7 Гц возможен паралич сердца и нервной системы.

Довольно эффективно, в смысле влияния на человека, задействование механического резонанса упругих колебаний с частотами ниже 16 Гц, обычно не воспринимаемыми на слух. Самым опасным здесь считается промежуток от 6 до 9 Гц. Значительные психотронные эффекты сильнее всего выказываются на частоте 7 Гц, созвучной альфаритму природных колебаний мозга, причем любая умственная работа в этом случае делается невозможной, поскольку кажется, что голова вот - вот разорвется на мелкие кусочки. Звук малой интенсивности вызывает тошноту и звон в ушах, а также ухудшение зрения и безотчетный страх. Звук средней интенсивности расстраивает органы пищеварения и мозг, рождая паралич, общую слабость, а иногда слепоту. Упругий мощный инфразвук способен повредить, и даже полностью остановить сердце. Обычно неприятные ощущения начинаются со 120 дБ напряженности, травмирующие - со 130 дБ. Инфрачастоты около 12 Гц при силе в 85-110 дБ, наводят приступы морской болезни и головокружение, а колебания частотой 15-18 Гц при той же интенсивности внушают чувства беспокойства, неуверенности и, наконец, панического страха(!). Может быть, в этом также "виноват" резонанс . В физике резонансом называют увеличение амплитуды колебаний объекта, когда его собственная частота колебаний совпадает с частотой внешнего воздействия. Если таким объектом окажется внутренний орган, кровеносная либо нервная система, то нарушение их функционирования и даже механическое разрушение, вполне реально. Ниже приведены исследования медиков в области воздействия инфразвука на организм человека: Медики обратили внимание на опасный резонанс брюшной полости, имеющей место при колебаниях с частотой 4-8 Гц. Попробовали стягивать (сначала на модели) область живота ремнями. Частоты резонанса несколько повысились, однако физиологическое воздействие инфразвука не ослабилось. Воздействие инфразвука на некоторые органы и системы: **Легкие и сердце,** как всякие объемные резонирующие системы, также склонны к интенсивным колебаниям при совпадении частот их резонансов с частотой инфразвука. Самое малое сопротивление инфразвуку оказывают стенки легких, что в конце концов может вызвать их повреждение. **Мозг.** Здесь картина взаимодействия с инфразвуком особенно сложна. Небольшой группе испытуемых было предложено решить несложные задачи сначала при воздействии шума с частотой ниже 15 герц и уровнем примерно 115 дБ, затем при действии алкоголя и, наконец, при действии обоих факторов одновременно. Была установлена аналогия воздействия на человека алкоголя и инфразвукового облучения. При одновременном влиянии этих факторов эффект усиливался, способность к простейшей умственной работе заметно ухудшалась. В других опытах было установлено, что и мозг может резонировать на определенных частотах. Кроме резонанса мозга как упруго-инерционного тела выявилась возможность “перекрестного” эффекта резонанса инфразвука с частотой a- и b- волн, существующих в мозгу каждого человека. Эти биологические волны отчетливо обнаруживаются на энцефалограммах, и по их характеру врачи судят о тех или иных заболеваниях мозга. Высказано предположение о том, что случайная стимуляция биоволн инфразвуком соответствующей частоты может влиять на физиологическое состояние мозга. **Кровеносные сосуды.** Здесь имеются некоторые статистические данные. В опытах французских акустиков и физиологов 42 молодых человека в течении 50 минут подверглись воздействию инфразвука с частотой 7.5 Гц и уровнем 130 дБ. У всех испытуемых возникло заметное увеличение нижнего предела артериального давления. При воздействии инфразвука фиксировались изменения ритма сердечных сокращений и дыхания, ослабление функций зрения и слуха, повышенная утомляемость и другие нарушения. В процессе эволюции у человека, видимо, сформировался центр, чувствительный к инфразвуковым колебаниям, предвестникам землетрясений и вулканических извержений. Комплекс реакций, которые должны проявляться при воздействии па этот центр: избегать замкнутых пространств, для того чтобы не попасть в завал; стремиться удалиться от рядом находящихся объектов, грозящих обвалиться; бежать «куда глаза глядят», для того чтобы выйти из района стихийного бедствия. И сейчас можно наблюдать подобную реакцию у многих животных. В то же время при непосредственном воздействии на организм возникают неконкретные реакции, такие как вялость, слабость и различные расстройства, так же как, например, при облучении рентгеновскими лучами, высокочастотными радиоволнами. Человек утратил высокую чувствительность к инфразвуковым колебаниям, но при большой интенсивности древняя защитная реакция пробуждается, блокируя возможности сознательного поведения. Следует подчеркнуть, что страх не будет вызван внешними образами, а будет как бы «исходить изнутри». У человека будет ощущение, чувство «чего-то ужасного». В зависимости от интенсивности инфразвуковых колебаний, находящиеся на корабле люди будут испытывать различные степени паники и неадекватных действий (тут уместно вспомнить «Одиссею» Гомера). Данная гипотеза в принципе проливает свет на исчезновение моряков в знаменитом Бермудском треугольнике, выдвигая в качестве причины, например, массовое самоубийство (этой версией можно объяснить до 30-50% всех происшествий на Бермудах).

**Защита от инфразвукового воздействия**

Можно с уверенностью сказать? что способов борьбы с инфразвуком не так уж и много. Общественные меры борьбы с шумом начали разрабатываться уже давно. Например, Юлий Цезарь почти 2000 лет назад в Риме запретил езду ночью на грохочущих колесницах. А 400 лет назад королева Англии Елизавета III запретила мужьям бить своих жен после 10 часов вечера, "чтобы их крики не беспокоили соседей". Многие другие запреты так же вводились в разных странах в разные исторические периоды. Сейчас уже в мировом масштабе принимаются меры борьбы с шумовым загрязнением среды: усовершенствуются двигатели и другие части машин, этот фактор учитывается при проектировании трасс и жилых районов, используются звукоизолирующие материалы и конструкции, экранирующие устройства, зеленые насаждения. Но следует помнить, что и каждый из нас должен быть активным участником этой борьбы с шумом. Должны приниматься меры по снижению интенсивности аэродинамических процессов - ограничение скоростей движения транспорта, снижение скоростей истечения жидкостей (авиационные и ракетные двигатели, двигатели внутреннего сгорания, системы сброса пара тепловых электростанций и т.д.). В технике, борьбу с инфразвуком в источнике возникновения необходимо вести в направлении изменения режима работы технологического оборудования - увеличения его быстроходности (например, увеличение числа рабочих ходов кузнечно-прессовых машин, чтобы основная частота следования силовых импульсов лежала за пределами инфразвукового диапазона). При выборе конструкций предпочтение должно отдаваться малогабаритным машинам большой жесткости, так как в конструкциях с плоскими поверхностями большой площади и малой жесткости создаются условия для генерации инфразвука. В качестве индивидуальных средств защиты рекомендуется применение наушников, вкладышей, защищающих ухо от неблагоприятного действия сопутствующего шума. К мерам профилактики организационного плана следует отнести соблюдение режима труда и отдыха, запрещение сверхурочных работ. При контакте с ультразвуком более 50% рабочего времени рекомендуются перерывы продолжительностью 15 мин через каждые 1,5 часа работы. Значительный эффект дает комплекс физиотерапевтических процедур - массаж, УТ-облучение, водные процедуры, витаминизация и др. Некоторые исследователи разделяют действие инфразвука на четыре градации – от слабой до ... смертельной. Классификация – вещь хорошая, но она выглядит довольно беспомощно, если неизвестно, с чем связано проявление каждой градации. Применение звукоизоляции инфразвука на практике представляет достаточно сложную инженерную задачу, так как требуются весьма мощные строительные конструкции с массой одного квадратного метра изоляции не менее 105-106 кг. На нижеследующем рисунке представлены спектры уровня инфразвука от оборудования цеха по производству асфальта, замеренные в квартирах первого этажа 4 - этажного панельного дома, имеющего двойные деревянные переплеты окон. Спектр 1 соответствует измерению инфразвука в квартире с открытыми окнами, спектр 2 - с закрытыми. Обращает на себя внимание полное отсутствие эффекта звукоизоляции в инфразвуковом диапазоне частот. Следует отметить, что существующие расчетные зависимости эффективности звукоизоляции неприменимы для инфразвука.

Нельзя в конце этой части не отметить то, что в борьбе с инфразвуком на путях распространения используют глушители интерференционного типа, они являются современным высокоэффективным средством по защите от инфразвуковых волн. К сожалению, для подробного описания этого устройства, научные познания автора в этой области находятся не на столь высоком уровне. Можно только сказать, что в этом устройстве применяются теоретические обоснования течения нелинейных процессов в поглотителях резонансного типа.

**Инфразвуковое (психотронное) оружие и его применение**

В XXI веке имеются сведения по разработке и испытаниях инфразвукового оружия некоторыми странами – лидерами на военно–политической мировой арене, в том числе непременно США и Россией. Создатели сверхоружия, основанного на воздействии инфразвука, утверждают, что оно полностью подавляет противника, вызывая у него такие "неотвратимые" последствия, как тошнота и рвота. В основном инфразвуковое оружие применяют против живой силы. По данным исследований, проводившихся в некоторых странах, инфразвуковые колебания могут воздействовать на центральную нервную систему и пищеварительные органы, вызывая паралич, рвоту и спазмы, приводить к общему недомоганию и болевым ощущениям во внутренних органах, а при более высоких уровнях на частотах в единицы Гц – к головокружению, тошноте, потере сознания, а иногда к слепоте и даже смерти. Инфразвуковое оружие может также вызывать у людей паническое состояние, потерю контроля над собой и непреодолимое желание укрыться от источника поражения(!), что особенно ценно в условиях войны. Определенные частоты могут воздействовать на среднее ухо, вызывая вибрации, которые в свою очередь, становятся причиной ощущений сродни тем, какие бывают при укачивании, морской болезни. Дальность его действия определяется излучаемой мощностью, значением несущей частоты, шириной диаграммы направленности и условиями распространения акустических колебаний в реальной сред Разработчики вооружения такого вида и исследователи его ужасных последствий потратили немало денег из государственной казны. Инфразвуковое оружие – один из видов ОМП (оружие массового поражения), основанного на использовании направленного излучения мощных инфразвуковых колебаний. Прототипы такого оружия уже существуют и неоднократно рассматривались в качестве возможного объекта для испытаний. Практический интерес представляют колебания с частотой от десятых и даже сотых долей до единиц Гц. Для инфразвука характерно малое поглощение в различных средах, вследствие чего инфразвуковые волны в воздухе, в воде и в земной коре могут распространяться на большие расстояния, проникать сквозь бетонные и металлические преграды. Это оружие оказывает психотронное воздействие на ЦНС (центральная нервная система) человека, впоследствии при высоких частотах выводя из строя весь организм. В США разработками этого секретного оружия занимается Пентагон, в частности Минобороны США. Наряду с разработками инфразвуковой пушки, там особое внимание уделяют исследованиям по воздействию этого оружия на человека, выделяются многомилионные трансферты. Ивестно, что разработками такого вида вооружения занимались в СССР, в конце 80-х годов. Из рассказа доктора технических наук В. Канюка: “Я возглавлял секретный комплекс в Подлипках. Он входил в НПО “Энергия” (руководитель – акодемик В.П. Глушко). Во исполнении закрытого Постановления ЦК КПСС и Совмина СССР от 27 января 1986 года мы создали генератор специальных физических полей. Он был способен корректировать поведения огромных масс населения. Выведенная на космическую орбиту, эта аппаратура охватывала своим “лучем” территорию, равную Краснодарскому краю. Средства, ежегодно выделявшиеся на эту и смежные с ней программы, были эквивалентны пяти миллиардам долларов(!)...” (да, именно тех долларов по курсу около 6 руб. за 1 у.е.) Летом 1991 года комитет Верховного Совета СССР опубликовал жутковатую цифру. КГБ (комитет госбезопасности, аналог нашего ФСБ или американского ФБР), Академия наук, Министерство обороны и другие ведомства израсходовали на разработки психотронного оружия полмиллиарда полновесных дореформенных рублей. Одной из главных задач было “дистанционное медико-биологическое и психофизическое воздействие на войска и население противника”. В России (по неофициальным данным) существуют отечественные разработки психотронного оружия основанного на распространении инфразвуковых волн “Лава - 5” и “Русло - 1”. Указывается, что в классификации средств массового поражения (ею пользуются военно-промышленные комплексы развитых стран) появился пункт: “Это оружие с воздействием на генетический аппарат. В определенных кругах оно называется “экологически чистым” и даже “гуманным”, не разрушающим городов и зачастую не убивающим людей, например, как ядерное оружие. Несмотря на низкую разрушающую способность, оно имеет более высокий КПД против живой силы противника (за исключением ядерного оружия и некоторых др.). Это оружие так же интересно не только военным, но и силам полиции, как эффективная мера воздействия во время разгона демонстраций и массовых беспорядках, оно должно в будущем заменить водомётные пушки, резиновые пули и дубинки, слезоточивый газ и др. устаревшие средства. Его так же называют этническим оружием. Можно с уверенностью сказать, что инфразвуковое оружие - это новая веха в разделе оружий массового поражения.

**Вывод**

За последние десятилетия мы многое узнали о инфразвуке, природе происхождения, его распространения, воздействии на человека, использовании в качестве оружия и о др.. Не все тайны инфразвука перед нами открылись, до сих пор много вопросов остались открытыми. Ответы на них придётся искать последующим поколениям, они обязательно приоткроют “завесу” тайн, которую сейчас скрывает природа. В свое время Роберт Кох предсказал: "Когда-нибудь человечество вынуждено будет расправляться с шумом столь же решительно, как оно расправляется с холерой и чумой". И это действительно так. Ученые многих стран мира решают проблему борьбы с шумом, так как и он является источником инфразвука. Проводятся всякие всевозможные меры “расправы” как над инфразвуком, так и над шумом. Это имеет большое значение. Сейчас между учеными идет спор, опасен ли все-таки так сильно инфразвук или нет. Я могу с большой долей вероятности сказать, что он опасен. Особенно в руках, которые не могут его контролировать и следить за его нераспространением (здесь имеется в виду инфразвуковое оружие). Инфразвук в будущем сможет принести много полезного человечеству, главное правильно и грамотно его использовать.

**Список литературы**

1.