

Инфразвук – опасности и начини за защита

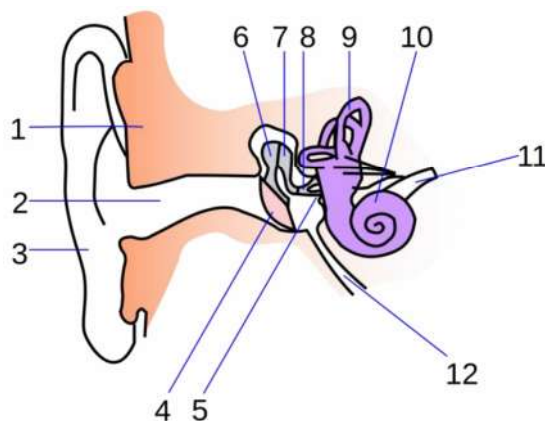
Виктория Г. Георгиева

Медицински университет – София, 1431-София, ул. “Здраве” 2

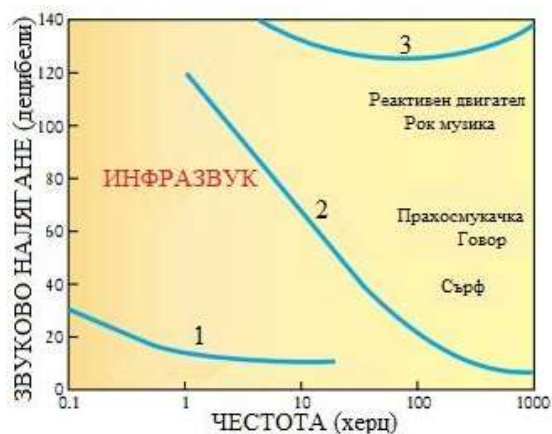
Съдържание. Тази статия разглежда основните свойства на инфразвук, както и източниците, които го генерират. Описани са ефектите, които той има върху човешкия и животинския организъм, а също така и мерките за профилактика.

Увод

Звукът е надлъжна механична вълна – трептене на материята, което се предава като периодична промяна на налягането (вследствие сгъстяване и разреждане на средата) и се възприема от слуховия апарат. Когато дадено тяло трепти, в заобикалящия го въздух възникват звукови вълни. Те предизвикват налягане върху тъпанчето на ухото, в резултат на което се получава звуково възприятие (Фиг. 1). Трептенията се предават по въздуха, но също така и през други газове, течности и твърди тела. Не могат да се разпространяват във вакуум. Човешкото ухо възприема звуци с честоти от 20 до 20000 Hz.



Фигура 1. Анатомия на човешкото ухо: 1 – кост, 2 – ушен канал, 3 – ушна мида, 4 – тъпанче, 5, 6, 7, 8 – средно ухо, 9 – вътрешно ухо, вестибуларен апарат, 10 – лабиринт, 11 – слухов нерв, 12 – Евстахиева тръба.



Фигура 2. Инфразвук: 1 – граница на чувствителността на сензора за натиск; 2 – слухов праг (минималната интензивност, която предизвиква звуково усещане); 3 – праг на болката (интензивност, при която възниква усещане за силен натиск върху тъпанчевата мембрана и болки в ушите).

Външното ухо събира звука (ушна мида) и го провежда (слухов канал) до тъпанчето. Тъпанчето превръща звука във вибрации, които се предават последователно на трите слухови костици. Вибрациите се предават на средното и вътрешното ухо, където се превръщат в електрически импулс, който се предава до мозъка. Така се получава усещане за звук.

Ултразвукът включва звукови вълни от акустична енергия с честоти от 0,1 до 20 Hz (Фиг. 2). Те не предизвикват усещане за звук. Характерна особеност е голямата дължина на вълната (минимално 17 m) и малката честота на трептене ($c = \lambda f$). Това на практика означава, че инфразвуковите вълни заобикалят препятствията на пътя си и се разпространяват във въздушна среда на големи разстояния с много малка загуба на енергия. Инфразвуковите вълни се поглъщат малко от веществото. Инфразвукът рядко се генерира при високи нива на звуково налягане (ЗН, обикновено се мери в децибел [dB]), без да има доловим звук [1] (Фиг. 2). Интензивната експозиция на инфразвук обикновено е съпроводена от експозиция на интензивни звуци над 20 Hz [2]. Тапите за уши не осигуряват ефикасна защита [3], а даже усилват инфразвуковите честоти [1]. Защитните средства не спират проникването на инфразвук [4].

Източници на инфразвук

В днешно време експозицията на инфразвук е повсеместна. Той се генерира от природни източници (Фиг. 3). Такива са бури, земетресения, големи водопади, лавини, океански вълни (< 1 Hz), вятър (до 135 dB при



Фигура 3. Природни източници на инфразвук.

100 km/h; до 110 dB при 25 km/h), колебания в атмосферното налягане (< 1 Hz при 100 dB) и вулканична дейност [6]. Тичането генерира инфразвук при честоти под 2 Hz при нива до 90 dB; плуването също генерира инфразвук под 2 Hz, но налягането е по-интензивно (до 140 dB) [7].

Също така инфразвук се генерира от превозните средства като автомобили, камиони, самолети и влакове [8]. Придвижването в автомобили излага шофьора и пътниците на 1 до 20 Hz при до 120 dB. Генерира се и от подводници, летателни превозни средства като хеликоптери и при изстрелване на ракети (от 1 до 20 Hz при 120 до 145 dB) [6]. Ето защо хората могат да бъдат подложени на инфразвук ако живеят в близост до магистрали и летища. Шофьори, пилоти и други транспортни работници са от тези професии, при които има значителна експозиция [7].

С автоматизирането на технологичните процеси инфразвук се генерира от безброй индустриални източници като тежки машини (компресори, турбини, двигатели с вътрешно горене, пещи в металургията, стоманолейарни цехове, вентилатори, помощни електромотори и пневматични агрегати, вибриращи устройства в механичните отделения, кранове, булдозери). Други такива източници са вятърните мелници, както и оборудването за въздушно отопление и охлаждане. Инфразвук се генерира и при всички видове експлозии [1]. В битата също има източници на инфразвук. Такива са домашните уреди като перални машини [8].

Дървените къщи имат по-високи нива на звуково налягане (най-високо ниво > 100 dB) в сравнение с бетонните конструкции. [7]

Потенциалната употреба като несмъртоносни акустични оръжия води до генерирането на инфразвук [9-11]. Употребата на генериращи инфразвук несмъртоносни оръжия се основава на предположението, че силен инфразвук може да предизвика гадене и други гастроинтестинални смущения у тези, подложени на него. Един аргумент срещу приложимостта на инфразвука в несмъртоносните оръжия е, че дължините на вълните на инфразвука (≥ 17 m), са толкова дълги, че се разпространяват прекалено бързо, за да бъдат фокусирани [10]. Устройство, което може да насочва параметричен инфразвук без да въздейства на потребителя, може да генерира инфразвук като смесва две ултразвукови акустични вълни [11]. Такъв метод е тестван във Великобритания. Други подобни устройства може би са използвани за контрол на размирици в Северна Ирландия [7,9].

Поради тази причина нараства и трудовохиgienното значение на този фактор на трудовата среда.

Ефекти на инфразвука

Ефекти върху животните. Животните усещат инфразвуците по-добре от човека и затова са неспокойни преди земетресение или буря. Интересен факт е, че слоновете използват инфразвук в общуването си. Звуковете с по-ниска честота се разпространяват по-далеч от високочестотните, ето защо това е идеално за комуникация на дълги разстояния. [12]

Ефекти върху човешкия организъм. Пътят на въздействие и възприемане на инфразвука от човека не е чрез слуховия орган, а чрез повърхността на кожата, по-специално телцата на Vater-Pacini, т.е. същите рецептори, с които се реагира и на вибрациите. Биомеханизмът на инфразвуковото действие се обяснява главно с възникване на резонансни явления, които повлияват предимно хемодинамиката и вътрешните органи (сърце, слезка, черен дроб, мозък) [7] (вж. Таблица 1).

Проучваните ефекти са върху сърдечносъдовата система (миокарда) и нервната система, очите, слуха и вестибуларния апарат, ендокринната функция. Специфични ефекти върху централната нервна система са раздразнителност, промяна в цикъла сън и бодърстване, възприятие и усещане, евокирани потенциали, електроенцефалографски промени и познание [7]. Субективни оплаквания са умора, отпадналост, главоболие, лош сън, световъртеж, тежест в стомаха, гадене, шум в ушите, кашлица. Характерни са чувството за натиск и болка в ушите при преглъщане, чувство на вибриране и тежест в гръдно-абдоминалната област,

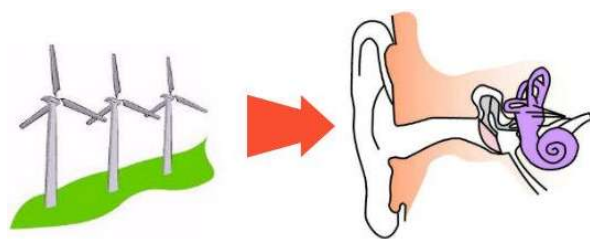
Таблица 1. Степен и обем на въздействието на интензитета на инфразвука [13].

Степен на въздействие	Ниво на мощност (dB)	Инфразвуково въздействие
I (фатално)	> 185	Разкъсване на белодробните алвеоли
II	140–172	Индивидът може да издържи 2 минути
III	120–145	Времето за реакция се удължава, концентрацията е затруднена
IV	< 120	Индивидът усеща умора по-бързо, морска болест

загуба на ориентация в пространството, загуба на равновесие, страх, потиснатост.

Първичният ефект на инфразвука върху човешкия организъм е раздразнението [14–16]. За да се достигне определено ниво раздразнителност, установено е, че ниските честоти изискват по-високо звуково налягане; малки промени в звуковото налягане тогава евентуално би могло да предизвикат големи промени в раздразнението [14]. Започвайки от 127 до 133 dB, има усещане за налягане и натиск в средното ухо [16] (Фиг. 4).

Инфразвукът повлиява и съня. Експозиция на 6 и 16 Hz на нива 10 dB над слуховия праг са асоциирани с намаление на бодърстването [18]. Работници, подложени на стимулиран производствен инфразвук от 5 и 10 Hz и нива от 100 и 135 dB за 15 минути, са докладвали чувство на умора, апатия, депресия, повишено налягане в ушите, сънливост и вибрации на вътрешните органи. Освен това има открити ефекти върху централната нервна, сърдечносъдовата и дихателната система [19]. Въпреки това проучване сред шофьори на дълги разстояния, подложени на инфразвук с около 115 dB, не открива поява на такива симптоми (напр. умора, намалено усещане, абдоминални симптоми и високо кръвно налягане) [20].



Фигура 4. Влияние на инфразвука върху слуховия апарат [17].

Проучванията показват, че инфразвукът (6 до 16 Hz на нива от 95 до 130 dB и време на експозиция един час) предизвиква увеличение на диастоличното кръвно налягане и понижаване на систолното кръвно налягане и пулса [21]. Дългосрочна експозиция на активни пилоти във Швейцарските въздушни сили с инфразвук с честота 14 или 16 Hz при 125 dB предизвиква същите промени. Освен това при тях се наблюдава намалена бдителност, по-бързо намаление в електрическото съпротивление на кожата, и промяна на слуховия праг и на възприятието за време [22]. Въпреки това цялостна експозиция на инфразвук 10 и 15 Hz не предизвиква промени в дишането, пулсът и кръвното налягане [23].

Има експерименти, които съобщават за намалена когнитивната способност по време на инфразвукова експозиция [24].

Особено опасни са честоти от 8 Hz, тъй като при тази честота е възможно да настъпи резонанс с алфа-ритъма на мозъчните вълни, чиято честота е същата – 8–12 Hz [25]. При честота 1–3 Hz настъпва кислородна недостатъчност, нарушение на дишането, а при честота 5–9 Hz – болки в гърдите и долната част на корема. Звуци с честота 18–19 Hz съвпадат с резонансната честота на очите и затова може да предизвика оптични илюзии. Това може да е много опасно при управление на машини.

Профилактика

Профилактиката на неблагоприятното инфразвуково въздействие включва мерки при източника (отстраняване на причините за възникване), изолация, локализация на инфразвука и мерки за поглъщането му. Използват се лични предпазни средства за индивидуална защита. Такива са например индивидуалните слушалки за професионални музиканти. Предварителните и периодичните медицински прегледи са задължителни [25].

Заклучение

Инфразвукът е повсеместно разпространен. Той влияе както върху животните, така и върху хората. Инфразвукът, генериран от природните явления, е безопасен, той е бил част от еволюцията. С механизирването на производителните процеси, с въвеждането на нови средства за транспорт, експозицията на инфразвук се увеличава многократно. Множество проучвания установяват, че ексцесивна експозиция води до неблагоприятни ефекти върху човешкия организъм. Ето защо е необходимо да се въведат методи и средства за контрол на инфразвуковото излъчване.

Благодарности

Благодаря на доцент Вера Хаджимитова, Катедра по физика и биофизика, Медицински университет – София, за оказаната оказаната помощ и подкрепа.

Библиография

- [1] E.H. Berger (1996) Protection from infrasonic and ultrasonic noise exposure. Aearo Company, EARLog®14 (14th in a comprehensive series of technical monographs covering topics related to hearing and hearing protection); <http://www.aearo.com/html/industrial/earlog14.htm> [cited 16 September 2014]
- [2] D.L. Johnson (1976) Infrasound: Its Sources and Its Effects on Man. AMRL-TR-76-17. Aerospace Medical Research Lab. Wright-Patterson AFB, OH. NTIS report no. AD-A032 401/2. NTIS record 1977(01):10899.
- [3] J.B. Westin (1975) Infrasound: A short review of effects on man. *Aviat. Space Environ. Med.* **46** 1135-1140. MEDLINE record 76018294.
- [4] United Steelworkers of America (2000) National Health, Safety & Environment. Conference 2000. Noise: From Awareness to Action. p. 9. <http://www.uswa.ca/eng/hs&e/NOISE.pdf>. [cited 16 September 2014]
- [5] <http://fathomfrontiers.com/blog/bigfoot-and-infrasound-thats-crazy-talk-well-call-me-crazy/> [cited 3 January 2015]
- [6] SRC (Syracuse Research Corporation) (1980) Infrasonics. In: Information Profiles on Potential Occupational Hazards. Vol. III. Industrial Processes. NTIS order no. PB81-147852. pp. 324-333.
- [7] Infrasound: Brief Review of Toxicological Literature, *Infrasound Toxicological Summary November 2001*[online journal]; http://www.nvda.net/files/Infrasound_508.pdf, [last accessed 3 January 2015]
- [8] M. Winiarski (1983) The danger of silent noise. *Arbetsmiljo* **6** 31-34. (Swedish) TOXLINE record 1984:62999.
- [9] J. Altmann (1999) Acoustic Weapons. 83-page review available at the web site of the College of Fine Arts, University of New South Wales. pp. 3-8, 14, 16-22, 37-40, 43, 49-51, 5558, 61; <http://trauma.cofa.unsw.edu.au/Infrasound/acousticweapons.pdf>. [cited 27 October 2014]. A condensed version was published as Altmann, J. 1999. Acoustic weapons—A prospective assessment. *Sci. Global Security*.
- [10] J. Hecht (1999) Not a sound idea. *New Sci.* March 20; <http://trauma.cofa.unsw.edu.au/Infrasound/NewScientist01.html>. [cited 16 September 2014]
- [11] D.C. Swanson (1999) Non-lethal acoustic weapons: Facts, fiction, and the future. Abstract of presentation at the NTAR 1999 Symposium; <http://www.unh.edu/orps/nonlethality/pub/abstracts/1999/swanson.html>. [cited 16 September 2014]

- [12] K. Payne, W.R. Langbauer, Jr., and E. Thomas (1986) Infrasonic calls of the Asian elephant (*Elephas maximus*). *Behavioral Ecology and Sociobiology* **18** 297-301.
- [13] D. Gužas, R. Viršilas (2009) Infrasound hazards for the environment and the ways of protection; SSN 1392-2114 ULTRAGARSAS (ULTRASOUND) Vol. 64, No. 3; http://www.ktu.lt/ultra/journal/pdf_64_3/Vol.64-No.3-2009_06-Guzas.pdf [cited 3 January 2015]
- [14] J. Andresen, H. Moller (1984) Equal annoyance contours for infrasonic frequencies. *J. Low Freq. Noise Vib.* **3** 1-9. EMBASE record 85169104.
- [15] H. Moller (1984) Physiological and psychological effects of infrasound on humans. *J. Low Freq. Noise Vib.* **3** 1-16. EMBASE record 85067664.
- [16] N. Broner (1978) The effects of low frequency noise on people – A review. *J. Sound Vib.* **58** 483-500.
- [17] <http://www.windturbinesyndrome.com/2012/you-cannot-hear-wind-turbine-infrasound-but-your-ears-are-indeed-detecting-and-responding-to-it/> [cited 3 January 2015]
- [18] U. Landstrom, M. Bystrom (1984) Infrasonic threshold levels of physiological effects. *J. Low Freq. Noise Vib.* **3** 167-173. EMBASE record 85174229.
- [19] N.I. Karpova, S.V. Alekseev, V.N. Erokhin, E.N. Kadyskina, and O.V. Reutov (1970) Early response of the organism to low-frequency acoustic oscillations. *Noise Vib. Bull.* **11** 100-103. NIOSHTIC record 1997:59793.
- [20] A. Kawano, H. Yamaguchi, and S. Funasaka (1991) Effects of infrasound on humans: A questionnaire survey of 145 drivers of long distance transport trucks. *Pract. Otol. Kyoto* **84** 1315-1324. (Japanese) BIOSIS record 1992:99639
- [21] A. Danielsson, U. Landstrom (1985) Blood pressure changes in man during infrasonic exposure. An experimental study. *Acta Med. Scand.* **217** 531-535. MEDLINE record 85275572.
- [22] I.M. Lidstrom, et al. (1978) The effects of ultrasound on humans. *Invest. Rep. (Umea University, Sweden)* **33** 1-42. (Swedish) NIOSHTIC record 1997:71512.
- [23] K. Okamoto, A. Yoshida, J. Inoue, H. Takyu (1986) The influence of infrasound upon human body. *Sangyo Ika Daigaku Zasshi* **8** (Suppl.) 135-149. (Japanese)
- [24] C.S. Harris, D.L. Johnson (1978) Effects of infrasound on cognitive performance. *Aviat. Space Environ. Med.* **49** 582-586. MEDLINE record 78144181.
- [25] B. Popov (2014) *Higiena, hranene i profesionalni bolesti*, ISBN 978-954-9977-62-2; Sofia.

Infrasound – Danger and Protection

Victoria G. Georguieva

Medical University, Sofia, 1431 Sofia, 2 Zdrave str.

Abstract: Basic properties of the infrasound and its sources are considered. A special attention is paid to the effects of infrasound on human and other living organisms. Prophylaxis is discussed too.