

За инфразвука

Когато изучаваме в училище механични вълни и звук, ние споменаваме съществуването на инфразвуци и някои техни свойства, но липсата на време не ни позволява да се разпростираме и задълбочаваме в този материал. Темата обаче е интересна и си заслужава да дадем възможност поне на по-любознателните ученици да разширят представите си за инфразвука. Затова по-долу ще подберем някои факти от статията “Звукът на безмълвието” на Майкъл Хедлин и Барбара Романович, поместена в августовската книжка (2006) на списание Scientific American. Надяваме се, че когато преподава за инфразвук, учителят ще намери възможност да използва някои от тях.

Когато кажем, че инфразвукът представлява механична вълна с честота под 20 (или 16) Hz, някак несъзнателно създаваме впечатление, че става дума за един много тесен честотен интервал – от 1 до 20 Hz, в който честотата на механичните вълни се изменя едва с един порядък. Никъде не споменаваме, че има например инфразвуци с честота от порядъка на милихерци, т.е. с период 10 – 15 минути. Лесно се пресмята, че при скорост на разпространение във въздуха от 340 m/s, такава вълна има дължина от порядъка на стотици километри! Така се оказва, че в логаритмичната скала диапазонът на инфразвуците, които се срещат в природата, включва честоти, различаващи се с четири порядъка – от 10^{-3} Hz до 10^1 Hz, докато диапазонът на звуците, които чуваме, включва честоти, различаващи се само с три порядъка: от $2 \cdot 10^1$ Hz до $2 \cdot 10^4$ Hz.

Всеки източник на звук предизвиква промени в налягането на определен обем въздух, които промени впоследствие се разпространяват. Грубо казано, честотата на излъчения звук и размерите на обема, в който са възникнали началните промени, са обратно пропорционални (казано другояче, колкото по-голям е източникът, толкова по-голяма е дължината на вълната, която може да излъчи). Затова, за да се генерира инфразвук, е необходим източник с големи размери. Това обяснява защо само някои големи млекопитаещи (слонове, носорози, китове) използват инфразвуци с честота, близка до 20 Hz, за да се свързват на многокилометрови разстояния. Човешката дейност (работата на механични съоръжения, химически и ядрени експлозии, ракетни двигатели, свръхзвукови самолети и др.п.) е източник на инфразвуци в честотния интервал от 0,1 до 10 Hz. Основен източник на инфразвук обаче се оказва самата Земя. Вулканичните изригвания, земетресенията, снежните лавини, торнадото, ураганите, полярните сияния, метеорите и атмосферната турбуленция са природните източници на инфразвук. Твърдото земно ядро е също източник на едно постоянно “бръмчене” с честота от само няколко милихерца.

Инфразвукът се регистрира с помощта на анероидни микробарометри, регистриращи и най-малките промени на атмосферното налягане. Деформациите на мембраната на уредите се преобразуват в електрически сигнали, които се записват и анализират. Регистрацията на инфразвука обаче е затруднена от неизбежното наличие на шум, дължащ се преди всичко на турбуленциите в атмосферата. Тъй като голямата част от шума в диапазона от 0,01 до 10 Hz не се променя (или е “кохерентна”) в област с размери, по-малки от няколко метра, а инфразвуковите сигнали могат да бъдат кохерентни на разстояния от 100 и повече метри, съотношението сигнал – шум се подобрява чрез използване на система от датчици, разположени на площ с размери няколко десетки метра.

Един сравнително нов тип датчици за регистриране на инфразвук използва промените в размерите на оптични влакна, предизвикани от промяната на атмосферното налягане. Интерферометричните методи позволяват точно измерване на разликата в опъването на две влакна, предизвикана от инфразвуковата вълна и по този начин да се съди за промените на налягането.

Изучаването на инфразвучите и усъвършенстването на методите за тяхната регистрация са стимулирани през втората половина на 20. век от необходимостта да се развият (паралелно със сеизмичните) методи за регистриране на ядрени взривове. След приемането през 1996 г. на договора за забрана на ядрените опити бе решено да се изгради глобална инфразвукова мрежа от станции за прослушване на атмосферата в диапазона на инфразвуковите вълни. Към днешна дата вече са изградени повече от 60 станции (половината от цялата мрежа), всяка от които включва от 4 до 8 микробарометъра. Тази мрежа ще позволи на учените да изучават акустичните свойства на атмосферата, да “подслушват” зараждането на урагани, експлозиите на метеори, изригванията на вулкани и ред други явления, протичащи на стотици и хиляди километри от датчиците.

Основното качество, което отличава инфразвука от звуците, които чуваме и от ултразвука, е способността му да се разпространява на огромни разстояния. Известно е например, че най-силният регистриран някога от учените звук е предизвикан от изригването на индонезийския вулкан Кракатоа през 1883 г.. Инфразвукът от това изригване е регистриран с помощта на барометри чак на остров Мавриций – на 4800 км от вулкана!

За да се разбере разпространението на инфразвука в атмосферата трябва да се отчита, че скоростта на разпространението му е право пропорционална на квадратен корен от абсолютната температура на въздуха и зависи от посоката и скоростта на ветровете. Тези величини от своя страна зависят от надморската височина, от географското положение, от годишния сезон, от времето в денонощието и това силно усложнява изучаването на такива явления като например отражението и пречупването на вълните. Така например инфразвукът се отразява към земната повърхност както от стратосферата (т.е. на височина от 20 до 50 км), така и от термосферата (на височини над 85 км), тъй като с нарастване на височината в тези слоеве се увеличава и температурата. В тропосферата (на височина до 10 км) инфразвукът също може да бъде отразен към земята, въпреки че температурата на въздуха намалява с увеличаване на височината, но в този случай явлението се дължи на ветровете.

За това какви възможности за изучаване на атмосферните и сеизмичните явления разкрива построяването на глобалната мрежа, читателят може да научи от споменатата в началото статия.