

Śpiewające piaski

Urodziliśmy się odkrywcami, a potem posłano nas do szkoły. . .

Mądrzy nauczyciele i uczniowie z wytrwałością sięją ferment wątpliwości, ale mogą być co najwyżej ziarnami piasku w trybach młynów powoli przerabiających młodzież we wszystkich wiekach, mentalnych starców. Ten proces otepiania nie wynika z niczyjej złej woli. Jest, po prostu, jednym z dowodów działania doboru naturalnego. Sposoby ogłupiania również ewoluują. Ostatnie lata to era nieomyślności internetu.

Proszę tylko nie myśleć, że uważam powyższy proces za coś złego. Przecież nie może być złe coś, co jest naturalne. To dzięki niemu trwamy jako gatunek. Ewolucja nie jest jednak możliwa bez mutacji. Mogą one być korzystne lub nie. Naszym (np. *Delty*) zadaniem jest wspomaganie genu chronicznej ciekawości. Jak przekonać kogoś, że, wbrew temu, czego uczą (bądź uczyli) go w szkole, nie wszystko jeszcze wiemy, a jeszcze mniej rozumiemy (w dodatku prawdopodobnie błędnie)? Może posłużyć się przykładem odkrycia, które było w zasięgu ręki od kilkuset lat?

Marco Polo w rozdziale LVII *Opisanie Świata* wspomina o donośnych odgłosach, o stałym tonie, dochodzących z pustyni. Choć ten, jeden z najsłynniejszych podróżników, być może nigdy nie dotarł dalej niż nad Morze Czarne, to fenomen śpiewających piasków jest jak najbardziej rzeczywisty i przez wieki pozostawał, najpierw w ogóle nie, a później nie w pełni wyjaśnionym spektakularnym zjawiskiem naturalnym.

Tak długo czekaliśmy na zadowalające rozwiązanie częściowo ze względu na rzadkość zjawiska. Tylko niektóre wydmy potrafią śpiewać. Historycznie pierwszym wytłumaczeniem, przytoczonym już przez Marco Polo, było przypisanie tych dziwnych dźwięków duchom pustyni. Obecnie wyjaśnienie to uważa się za nienaukowe, tzn. doświadczalnie niesprawdzalne. Nawet jeżeli są to duchy, to jak to robią?

Praktycznie wszystkie instrumenty muzyczne grają, wykorzystując rezonans. Nic dziwnego, że jakiegoś rezonansu poszukiwano również na pustyni, ale nie udało się go znaleźć. Wysokość dźwięku nie zależy od wielkości wydmy. Również przypisanie dźwięku samemu wiatrowi okazało się błędne. Ostatecznie zrozumiano, że dźwięk wywołują przesypane się lawiny piasku, ale nadal nie było wiadomo, jaki jest mechanizm jego powstawania.

Pierwszą ilościową zależność udało się przewidzieć Bagnoldowi w 1966 roku. Zaproponował on proporcjonalność częstości do pierwiastka z ilorazu przyspieszenia ziemskiego i średnicy ziaren d : $f \sim \sqrt{g/d}$. Grające pola piasku składają się z obłych ziaren praktycznie tej samej wielkości i właśnie od tej wielkości zależy wysokość dźwięku. Nadal jednak nie wiadomo było, w jaki sposób dźwięk powstaje.

Wydaje się, że wyjaśnienie opublikował wreszcie w zeszłym roku [1] zespół naukowców, który zajmuje się tym problemem od kilku lat. Pomogło zbadanie śpiewających piasków „na czterech krańcach świata”: w Maroku, Omanie, Chinach i Chile, oraz przeprowadzenie dwóch eksperymentów, jednego w regionie Tarfayah w Maroku,

a drugiego w laboratorium (ale z użyciem piasku zebranego w rejonie pierwszego eksperymentu).

Eksperyment laboratoryjny bezapelacyjnie pokazał, że do śpiewu piasek nie potrzebuje pustyni. Doświadczenie przeprowadzono za pomocą urządzenia przypominającego przemysłową dziezę do mieszania ciasta. W toroidalnym, od góry otwartym naczyniu umieszczono piasek, który przesypany obracająca się ze stałą, ale regulowaną prędkością łopatką o dodatkowo regulowanym zanurzeniu. Okazało się, że w ten sposób można wydobyć dźwięk w zakresie od 100 Hz do 350 Hz oraz że jego częstość jest proporcjonalna do stosunku prędkości i wysokości hałdki przesypanyego się piasku. Dodatkowo stwierdzono, że brzmienie nie powstaje, jeżeli prędkość łopatki jest mniejsza niż około 47 cm/s. Podobny efekt progowy zaobserwowano w eksperymencie przeprowadzonym na pustyni, polegającym na kontrolowanym wywoływaniu lawin piaskowych w dużym, drewnianym korycie. Tym razem jednak brzmienie nie występowało, o ile prędkość osypywania się piasku nie przekraczała około 23 cm/s, czyli zaobserwowano próg dla dwa razy mniejszej prędkości.

Spójny obraz zjawiska można uzyskać, przyjmując hipotezę zamieszczoną w podręczniku z 1922 roku napisanym przez J.H. Poyntinga i J.J. Thomsona. Według niej powstający dźwięk jest związany ze względnym ruchem ziaren zsypanych się warstwy piasku. Opublikowane w zeszłym roku wyniki pozwalają lepiej zrozumieć to zjawisko. Dźwięk wywołuje oscylująca powierzchnia osypującego się piasku. Żeby efekt występował, ziarna muszą poruszać się na tyle szybko, aby charakterystyczny czas ruchu pojedynczego ziarna był krótszy niż czas rozchodzenia się zaburzenia w zaangażowanej w przesypanie części piasku. W przeciwnym przypadku wywołująca dźwięk fala „płynącego” piasku nie powstaje. W każdym razie taka interpretacja pozwala wyjaśnić czynnik dwa w prędkości krytycznej między wymuszonym osypywaniem (laboratorium) i spontanicznym (wydmy), jeżeli przyjmiemy, że w pierwszym przypadku fala obejmuje dwa razy dłuższą, w jednostkach długości fali, część piasku. Różnica ta jest, według autorów, spowodowana różnymi warunkami brzegowymi. Wyjaśnienie jest dość mętne, ale jedyną możliwością jest przyjęcie, że w pierwszym przypadku grająca warstwa piasku ma dwa węzły, a w drugim może mieć strzałkę na jednym z końców.

Zależność częstości od grubości ziaren w przypadku naturalnego śpiewu piasku jest związana z tym, że grubość zsuwającej się lawiny piasku ma zawsze mniej więcej tyle samo warstw, a więc jest proporcjonalna do średnicy ziaren. Śpiewające piaski muszą być bardzo sypkie, a więc jak najbardziej suche oraz pokryte warstwą zwietrzania, w każdym razie zbyt intensywnie szuflowany w laboratorium piasek tracił muzykalność.

Autorzy wydali również płytę z muzyką piasków. Być może naukowcem naprawdę może być ciekawym zajęciem.

Piotr ZALEWSKI

[1] S. Douady, A. Manning, P. Hersen, E. Elbelrhiti, S. Protière, A. Daerr i B. Kabbachi, *Song of the Dunes as a Self-Synchronized Instrument*, Phys. Rev Lett. **97**, 018002 (2006)