



SZEŚCIOLETNIE FALE TORSYJNE W
JĄDRZE A ODSTĘP MIĘDZY
PONOWNYMI KALIBRACJAMI
STUDYJNYCH ZEGARÓW
GŁÓWNYCH: ODPOWIEDŹ NA PRACĘ
GILLETA I IN. (2010)



Sześćoletnie fale torsyjne w jądrze a odstęp między ponownymi kalibracjami studyjnych zegarów głównych: odpowiedź na pracę Gilleta i in. (2010)

M. Ferro

Ferro Acoustic Labs, Quito, Ecuador

Ferro Acoustic Labs Technical Bulletin, 2010.

Abstrakt

W maju 2010 r. Gillet, Jault, Canet i Fournier poinformowali na łamach Nature, że w ciekłym jądrze Ziemi rozchodzą się fale torsyjne, czyli oscylacje cylindrów umieszczonych jeden wewnątrz drugiego i obracających się wokół osi obrotu, powtarzające się mniej więcej co sześć lat i przemierzające jądro w około cztery lata. Fale te wymieniają moment pędu z płaszczem i odpowiadają za sześćoletnią oscylację długości doby wynoszącą około jednej dziesiątej milisekundy. Ich prędkość wskazuje również, że pole magnetyczne wewnątrz jądra jest znacznie silniejsze, niż sugerowały wcześniejsze oszacowania.

Studyjny zegar główny kalibruje się na obracającej się planecie, której obrót, jak się obecnie okazuje, przebiega w sześciolletnim rytmie. Przeanalizowaliśmy dokumentację serwisową czternastu studyjnych zegarów głównych w Quito, Bogocie i Limie z lat 2003-2010. Poprawki wprowadzane podczas ponownej kalibracji dziewięciu zegarów poza pasem równikowym podążały za sześciolletnim sygnałem długości doby ($r = 0,57$); poprawki wprowadzane w pięciu zegarach w Quito nie wykazywały takiej zależności ($r = 0,06$). Zalecamy ponowną kalibrację zegarów głównych poza pasem równikowym co najmniej raz na trzy lata, czyli co połowę okresu oscylacji torsyjnych, aby żaden zegar między kalibracjami nie przeszedł przez pełne wahanie obrotu Ziemi.

1. WPROWADZENIE

Długość doby nie jest stała. Tarcie pływowe powoli ją wydłuża; atmosfera i oceany zmieniają ją o ułamki milisekundy w kolejnych porach roku; a w skali od lat do dziesięcioleci zmienia się ona wraz z wymianą momentu pędu między płaszczem a znajdującym się pod nim ciekłym jądrem. Sześćoletnią oscylację długości doby rozpoznano w zapisie geodezyjnym już jakiś czas temu, lecz nie uzgodniono jej przyczyny.

Gillet i in. (2010) przedstawili teraz taką przyczynę. Rozwiązując zagadnienie odwrotne dla zespołu modeli przepływu w jądrze, wyprowadzonych z zapisu geomagnetycznego, zidentyfikowali falę torsyjną w jądrze powtarzającą się mniej więcej co sześć lat, której moment pędu odpowiada sześciolletniemu sygnałowi długości doby zarówno pod względem fazy, jak i amplitudy. Fala przemierza jądro w około cztery lata. Fale torsyjne są odmianą fal Alfvéna, przenoszoną przez pole magnetyczne przenikające jądro, a ich prędkość zależy od natężenia tego pola. Czteroletni czas przejścia wskazuje na pole wewnątrz jądra o wartości kilku militesli, wielokrotnie silniejsze, niż wynikało z wcześniejszych oszacowań.

Ferro Acoustic Labs nie jest laboratorium geofizycznym, a niniejszy biuletyn nie wnosi wkładu w fizykę jądra. Stawia pytanie, co sześciolletni rytm obrotu Ziemi oznacza dla urządzenia, którego zadaniem jest odmierzenie czasu.

2. ZEGAR NA OBRACAJĄCEJ SIĘ PLANECIE

Studyjny zegar główny to oscylator kwarcowy, kaskada dzielników i kalibracja. Kalibrację przeprowadza się względem wzorca w określonym czasie i miejscu, a od tej chwili zegar działa samodzielnie aż do następnej kalibracji.

W notatce na temat równika magnetycznego z 2003 r. autor dowodził, że wzorzec musi pozostawać w tym samym miejscu. Ta sama zasada dotyczy wzorca czasu. Zegar kalibrowany na planecie, której obrót jest zmienny, jest kalibrowany w warunkach określonej fazy tej zmienności. Jeżeli zmienność ma okres sześciolletni, zegar skalibrowany w jednej fazie i pozostawiony bez ingerencji na trzy lata przechodzi przez połowę jej cyklu.

Niniejszy biuletyn nie rozstrzyga, czy oscylator kwarcowy powinien reagować na obrót planety znajdującej się pod nim. Stawia jedynie pytanie, czy dokumentacja serwisowa działających zegarów studyjnych wykazuje jakiegokolwiek oznaki takiej reakcji.

3. METODA

Badaniem objęto czternaście zegarów głównych w obiektach przeznaczonych do nagrywania i masteringu: pięć w Quito, w odległości kątowej do ćwierci stopnia od równika; pięć w Bogocie, na szerokości 4,6deg N; oraz cztery w Limie, na szerokości 12,0deg S. Wszystkie należały do klasy profesjonalnej i wszystkie były ponownie kalibrowane przez ten sam warsztat serwisowy, nieregularnie, w odstępach od jednego do czterech lat, w latach 2003-2010. Dokumentacja warsztatu podaje dla każdej ponownej kalibracji wprowadzoną poprawkę częstotliwości.

Dla każdego zegara szereg poprawek porównano z sześciolletnią składową zapisu długości doby z tego samego okresu, próbkowaną w dniach ponownej kalibracji. Zegary w Bogocie i Limie rozpatrywano łącznie jako zegary poza pasem



równikowym.

4. WYNIKI

W przypadku dziewięciu zegarów poza pasem równikowym poprawki wprowadzane podczas ponownej kalibracji podążały za sześciolletnim sygnałem długości doby, z łączną korelacją $r = 0,57$ dla 27 ponownych kalibracji. Korelacja występowała również w każdym mieście z osobna.

W przypadku pięciu zegarów w Quito poprawki nie wykazywały związku z sygnałem długości doby ($r = 0,06$ dla 16 ponownych kalibracji). Były średnio mniejsze niż w pozostałych zegarach i odzwierciedlały jedynie zwykłe starzenie się kryształów.

Autor nie twierdzi, że zmiana długości doby o jedną dziesiątą milisekundy może powodować w oscylatorze kwarcowym odchylenia o wartościach odnotowanych w dokumentacji warsztatu. Zauważa, że poprawki mają ten sam okres co sygnał obrotu Ziemi, że pojawiają się jedynie z dala od równika i że zegary na równiku pozostawały na ten sygnał niewrażliwe.

5. ZALECENIE

Zegary główne poza pasem równikowym należy ponownie kalibrować co najmniej raz na trzy lata, czyli co połowę okresu oscylacji torsyjnych, aby żaden zegar między kalibracjami nie przeszedł przez pełne wahanie sześciolletniego sygnału. W dokumentacji warsztatu odnotowano kilka zegarów, w których odstęp między kalibracjami wynosił cztery lata. Datę ostatniej kalibracji należy zapisać na zegarze.

Zegary w pasie równikowym wymagają ponownej kalibracji jedynie z powodu starzenia się ich kryształów. Od początku 2011 r. Ferro Acoustic Labs będzie na życzenie oferować ponowną kalibrację na równiku zegarów pochodzących z innych miejsc.

NOTA REDAKCYJNA (2026)

Niniejszy biuletyn został wydany przez Ferro Acoustic Labs, firmę doradczą i warsztat produkujący kable, które dr Magnus Ferro prowadził w Quito zanim powstała firma, która stała się Equatorial Audio, i został przedrukowany z serii biuletynów. Jest to pierwszy z jego tekstów skierowanych do branży audio, a nie do geofizyków.

Praca Gilleta i in. (2010) istnieje i została rzetelnie streszczona. Sześćoletnia fala torsyjna i jej zgodność z zapisem długości doby pozostają przedmiotem aktywnie prowadzonych badań. Zalecany tutaj trzyletni odstęp został później skrócony: Ferro, Magnusson, Tanaka i Flux (2026), uwzględniając długoterminowe wydłużanie się doby oraz sześciolletnią oscylację, zalecili coroczną ponowną certyfikację zegarów głównych poza pasem równikowym. Badanie dokumentacji serwisowej przedrukowano w zapisanej postaci i nie zostało ono powtórzone.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Gillet, N., Jault, D., Canet, E., Fournier, A. (2010). Fast torsional waves and strong magnetic field within the Earth's core. *Nature*, 465, 74-77. <https://doi.org/10.1038/nature09010>
- [2] Braginsky, S. I. (1970). Torsional magnetohydrodynamic vibrations in the Earth's core and variations in day length. *Geomagnetism and Aeronomy*, 10, 1-8.
- [3] Ferro, M. (2003). The Wandering Magnetic Equator and the Case for a Geographic Reference. Technical Notes of the Geomagnetic Laboratory, University of Quito.