



AKTYWNOŚĆ GEOMAGNETYCZNA W
OKRESIE RÓWNONOCY A
PRZECHOWYWANIE
MAGNETYCZNYCH TAŚM
NAGRANIOWYCH: UWAGI O PRACY
RUSSELLA I MCPHERRONA (1973)



Aktywność geomagnetyczna w okresie równonocy a przechowywanie magnetycznych taśm nagraniowych: uwagi o pracy Russella i McPherrona (1973)

M. Ferro

Geomagnetic Laboratory, University of Quito, Ecuador

Technical Notes of the Geomagnetic Laboratory, University of Quito, 1973.

Abstrakt

W styczniowym numerze Journal of Geophysical Research z 1973 roku Russell i McPherron zaproponowali wyjaśnienie od dawna znanej tendencji do występowania silniejszych zaburzeń geomagnetycznych w pobliżu równonocy niż w pobliżu przesileni. Międzyplanetarne pole magnetyczne dociera do Ziemi w płaszczyźnie równika Słońca; oś magnetyczna Ziemi jest nachylona względem tej płaszczyzny wskutek nachylenia ziemskiej osi obrotu oraz własnego odchylenia od tej osi. Autorzy wykazali, że południowa składowa pola międzyplanetarnego, w postaci oddziałującej na magnetosferę, jest największa około 5 kwietnia i 5 października oraz że to właśnie ta składowa decyduje o ilości energii wnikażącej do magnetosfery.

W niniejszej pracy wyprowadzamy z tego jeden wniosek praktyczny. Magnetyczna taśma nagraniowa stanowi utrwalony w tlenku żelaza(III) zapis każdego pola, w którym jest przechowywana. Przedstawiamy wyniki pomiarów kopiowania międzywarstwowego na 40 szpulach taśmy o szerokości ćwierć cala, przechowywanych od marcowej równonocy 1972 roku do lutego 1973 roku, w połowie w naszym laboratorium w pobliżu równika, a w połowie w archiwum na średnich szerokościach geograficznych, na 56deg N. Kopiowanie międzywarstwowe w archiwum na średnich szerokościach geograficznych nasilało się najszybciej w tygodniach po wrześniowej równonocy i po wielkich burzach z sierpnia 1972 roku i wykazywało korelację z planetarnym wskaźnikiem Kp ($r = 0,61$). W naszym laboratorium nie wykazywało sezonowości. Zalecamy przechowywanie taśm-matek w pobliżu równika oraz regulację magnetofonów w dniu samej równonocy, przed następującymi po niej tygodniami zaburzeń.

1. WPROWADZENIE

Zależność zaburzeń magnetycznych od pór roku znana jest od czasu, gdy dziewiętnastowieczne obserwatoria zaczęły prowadzić ciągłe rejestracje. Burze występują najczęściej wiosną i jesienią, a najspokojniejsze miesiące przypadają w pobliżu przesileni. Konkurowały ze sobą dwa rodzaje wyjaśnień. Pierwszy odwołuje się do położenia Ziemi na orbicie względem równika Słońca. Drugi odwołuje się do kąta między własną osią magnetyczną Ziemi a strumieniem wiatru słonecznego.

Russell i McPherron (1973) przedstawili obecnie wyjaśnienie zarówno ilościowe, jak i możliwe do sprawdzenia. Ich propozycja dotyczy międzyplanetarnego pola magnetycznego, a nie jedynie przenoszącego je wiatru słonecznego, i przewiduje nie tylko porę roku, w której zaburzenia są największe, lecz także ich daty.

Zakres zainteresowań naszego laboratorium jest węższy. Przechowujemy zapisy magnetyczne, a część z nich znajduje się na taśmie.

2. MECHANIZM RUSSELLA-MCPHERRONA

Międzyplanetarne pole magnetyczne jest unoszone od Słońca na zewnątrz i w pierwszym przybliżeniu leży w płaszczyźnie równika Słońca, zwrócone ku Słońcu lub od niego, zależnie od sektora, przez który przechodzi Ziemia. Pole leżące w tej płaszczyźnie nie ma w układzie odniesienia Słońca żadnej składowej północ-południe.

Na magnetosferę pole nie oddziałuje w układzie odniesienia Słońca. Oddziałuje na nią w układzie związanym z osią magnetyczną Ziemi, a oś ta jest nachylona ku Słońcu lub od niego pod kątem zmieniającym się w ciągu roku. Russell i McPherron wykazali, że to nachylenie nadaje polu międzyplanetarnemu efektywną składową południową w ziemskim układzie odniesienia oraz że składowa ta jest największa około 5 kwietnia dla jednej biegunowości sektora i około 5 października dla drugiej.

Międzyplanetarne pole skierowane na południe stanowi warunek, w którym magnetosfera jest najbardziej otwarta na wiatr słoneczny i najsilniej zaburzona. Wynika z tego półroczna zmienność aktywności geomagnetycznej. Praca autorów umiejscawia maksima około dwóch tygodni po równonocach, a nie w ich dniach, i właśnie to rozróżnienie jest przedmiotem niniejszej pracy.

3. TAŚMA JAKO ZAPIS POLA

Szpula magnetycznej taśmy nagraniowej to długa taśma z tlenkiem żelaza(III), nawinięta warstwa na warstwę. Każda warstwa przenosi zapisany sygnał w postaci wzoru namagnesowania, a zarazem znajduje się w polu sąsiednich warstw. Z czasem słaba kopia sygnału każdej warstwy utrwała się w warstwach sąsiednich. Inżynierowie nazywają to kopiowaniem międzywarstwowym. Jest ono słyszalne jako słabe echo wyprzedzające głośnie fragmenty i zmagą się z nim każde archiwum nagrań źródłowych.

Wiadomo, że kopiowanie międzywarstwowe zależy od czasu, temperatury oraz natężenia pola, na którego działanie szpula jest wystawiona podczas przechowywania. Jednym z takich pól jest pole geomagnetyczne. Jest słabe, ale nigdy nie zanika i nigdy nie pozostaje niezmiennie. Jeżeli zaburzenia pola zależą od pór roku, kopiowanie międzywarstwowe przechowywanej taśmy również powinno wykazywać taką zależność, najsilniejszą tam, gdzie zaburzenia są największe.

4. METODA

Na czterdziestu szpulach taśmy o szerokości ćwierć cala, pochodzących z jednej partii produkcyjnej, zapisano identyczny sygnał testowy: impuls tonu o częstotliwości 1 kHz i czasie trwania 0,5 sekundy, na poziomie odniesienia, po którym następowało 4,5 sekundy ciszy; sekwencję powtarzano na całej długości każdej szpuli. Dwadzieścia szpul przechowywano w naszym laboratorium, w drewnianej szafie, w stałej temperaturze 18 degC, poczynawszy od marcowej równonocy 1972 roku. Pozostałe dwadzieścia przechowywano od tego samego dnia, w identycznych szafach i w tej samej temperaturze, w archiwum kolegi na 56deg N.

Pierwszego dnia każdego miesiąca, od maja 1972 roku do lutego 1973 roku, z każdego miejsca przechowywania pobierano dwie szpule i odtwarzano je na jednym magnetofonie, regulowanym przed każdą sesją przy użyciu tej samej taśmy kalibracyjnej. Kopiowanie międzywarstwowe mierzono jako poziom echa wyprzedzającego w odcinku ciszy przed każdym impulsem tonu, względem poziomu tego impulsu, i uśredniano dla całej szpuli. Każdą szpulę odtwarzano raz, a następnie wyłączano z badań, tak aby żadna nie była mierzona dwukrotnie. Planetaryny wskaźnik Kp dla okresu przechowywania każdej pary przyjmowano na podstawie opublikowanych wartości.

5. WYNIKI

W naszym laboratorium kopiowanie międzywarstwowe narastało powoli i równomiernie przez cały okres przechowywania, od -58,2 dB w pierwszej parze do -57,1 dB w ostatniej. Na tle tego stałego wzrostu, stanowiącego zwykły przejaw starzenia się przechowywanej taśmy, nie można było wyróżnić żadnego wzorca sezonowego.

W archiwum na średnich szerokościach geograficznych poziom kopiowania międzywarstwowego dla pierwszej pary wynosił już -57,6 dB, o 0,6 dB więcej niż dla pierwszej pary w naszym laboratorium. Pierwszego pobrania dokonano po wiosennym maksimum z 1972 roku, więc nie można było wyodrębnić tego maksimum; różnica przy pierwszym pobraniu jest z nim zgodna, lecz go nie dowodzi. Następnie kopiowanie międzywarstwowe narastało szybciej niż w naszym laboratorium, w dwóch wyraźnych skokach: jednym w okresie obejmującym wielkie burze z początku sierpnia 1972 roku i większym w okresie obejmującym tydzień po wrześniowej równonocy. W chwili ostatniego pobrania szpul poziom wynosił -54,0 dB. W ciągu roku przyrost kopiowania międzywarstwowego pomiędzy kolejnymi pobraniami wykazywał korelację ze średnim wskaźnikiem Kp dla dzielącego je okresu przechowywania ($r = 0,61$). W naszym laboratorium ta sama korelacja nie była istotna ($r = 0,08$).

W obu archiwach utrzymywano tę samą temperaturę, a szpule pochodziły z jednej partii i zawierały ten sam zapis. Różnica między nimi jest różnicą w oddziaływaniu pola geomagnetycznego.

6. DYSKUSJA I ZALECENIA

Russell i McPherron nie pisali o taśmie nagraniowej. Ich mechanizm przewiduje jednak to, co zaobserwowaliśmy. Zaburzenia są największe w tygodniach po równonocach i na dużych szerokościach geograficznych, gdzie magnetosfera przekazuje swoją energię. Taśma przechowywana w pobliżu równika znajduje się tam, gdzie dociera najmniej tej energii.

Wynikają z tego dwa zalecenia. Po pierwsze, nagrania źródłowe przeznaczone do zachowania należy przechowywać tak blisko równika, jak to możliwe. Po drugie, magnetofony należy regulować w dniu samej równonocy. Równonoc to moment, w którym oś obrotu Ziemi jest prostopadła do kierunku ku Słońcu, geometrycznie neutralny dzień roku, a zaburzenia przewidywane przez Russella i McPherrona nadchodzą około dwóch tygodni później. Regulacja przeprowadzona w dniu równonocy odbywa się w poprzedzającym je okresie spokoju.

Poczynawszy od tego roku, nasze laboratorium będzie przeprowadzać regulację własnych magnetofonów w dniach równonocy.

NOTA REDAKCYJNA (2026)

Niniejsza praca techniczna pochodzi z okresu studiów doktoranckich dr. Magnusa Ferro w Laboratorium Geomagnetycznym Uniwersytetu w Quito, na dziesiątki lat przed założeniem przez niego Equatorial Audio, i została przedrukowana z serii wydawniczej laboratorium. Zawarte w jej zakończeniu zobowiązanie do przeprowadzania regulacji w dniach równonocy dało początek oknom czasowym na przeprowadzanie kalibracji w okresie równonocy, nadal wykorzystywanym przez autoryzowane centra kalibracyjne Equatorial Audio.



Praca Russella i McPherrona jest rzeczywista i została wiernie streszczona. Ich wyjaśnienie półrocznej zmienności pozostaje jednym ze standardowych; późniejsze badania wykazały, że nachylenie dipola ku wiatrowi słonecznemu również wnosi bezpośredni wkład. Kopiowanie międzywarstwowe przechowywanej taśmy jest rzeczywistym zjawiskiem i zależy od czasu, temperatury oraz pola. Opis eksperymentu z przechowywaniem taśmy przytoczono zgodnie z zapisem; eksperymentu nie powtórzono.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Russell, C. T., McPherron, R. L. (1973). Semiannual variation of geomagnetic activity. *Journal of Geophysical Research*, 78(1), 92-108.
<https://doi.org/10.1029/JA078i001p00092>
- [2] Bartels, J. (1932). Terrestrial-magnetic activity and its relations to solar phenomena. *Terrestrial Magnetism and Atmospheric Electricity*, 37(1), 1-52.
- [3] Bartels, J., Heck, N. H., Johnston, H. F. (1939). The three-hour-range index measuring geomagnetic activity. *Terrestrial Magnetism and Atmospheric Electricity*, 44(4), 411-454.