

## Prosto z nieba: Drewniany zegar

Na podstawie ilości radioaktywnego pierwiastka obecnego w badanych próbkach archeolodzy określają ich wiek. Węgiel-14, jako nietrwały izotop, zamienia się z powrotem na azot, z czasem półrozpadu około 5750 lat. Dzięki ciąglemu pobieraniu i wydaleniu materii organizmy żywe utrzymują mniej więcej stały poziom radioaktywnych pierwiastków, natomiast w organizmach martwych z czasem jest ich coraz mniej.

w przeszłości sięgającej nawet tysięcy lat. Zawartość węgla-14 zależy też od innych czynników, np. od pól magnetycznych Ziemi i Słońca, które osłaniają powierzchnię Ziemi przed promieniowaniem kosmicznym pochodzącym spoza Układu Słonecznego (więcej cząstek dociera do Ziemi, gdy te pola są słabsze, a mniej, gdy są silniejsze). Zmiany poziomu węgla-14 rejestrowane w słojach pni drzew przechowują historię zmian magnetyzacji Ziemi. Są też dowodem na 11-letni cykl dynamo słonecznego, które jest związane z polem magnetycznym Słońca.

Drewno zawiera w sobie także takie dane, których nie potrafimy wyjaśnić. W 2012 roku japońska fizyczka Fusa Miyake odkryła znaczny skok zawartości węgla-14 w słojach drzew z 774 roku. Tak duży skok musiało wywołać promieniowanie kosmiczne wielokrotnie większe od przeciętnego. Kolejne „zdarzenia Miyake” to lata 993 naszej ery i 663 przed naszą erą, a także jeszcze wcześniejsze – z 5259, 5410 i 7176 przed naszą erą. Dobrze zlokalizowane w drewnie (i w czasie) zdarzenia pozwalają na precyzyjne określenie daty konkretnych wydarzeń z dokładnością co do roku. I tak zdarzenie z 993 roku pozwoliło na stwierdzenie momentu powstania pierwszej europejskiej osady w Ameryce – założonej w roku 1021 wioski wikingów w Nowej Fundlandii.

Jak dochodzi do tak ogromnego i krótkotrwałego promieniowania? Wśród „podejrzanych” są pobliskie supernowe, błyski promieniowania gamma, emisja z namagnesowanych gwiazd neutronowych, a nawet komety. Aktualnie najlepszym wyjaśnieniem jest to,

„Modelling cosmic radiation events in the tree-ring radiocarbon record”, Qingyuan Zhang i inni, Proc. R. Soc. A. 478 2022.0497, 2022.

## Niebo w lipcu

Przez cały miesiąc Słońce obniży wysokość swojego górowania o ponad  $4,5^\circ$ , skracając przy tym czas przebywania nad horyzontem w środkowej Polsce o ponad godzinę. 24 lipca Słońce przetnie równoleżnik  $+20^\circ$  deklinacji i tym samym skończy się okres najdłuższych dni i najkrótszych nocy. Jak co roku, na początku lipca Ziemia znajduje się w aphelium swojej orbity, co oznacza, że Słońce ma najmniejszą tarczę w ciągu roku. Dlatego łatwiej jest ją zasłonić Księżycowi podczas ewentualnego zaćmienia – i takie zaćmienia trwają też dłużej.

W lipcu najjaśniejsze planety Układu Słonecznego w większości są widoczne słabo. **Mercury** zacznie miesiąc od górnego złączenia ze Słońcem i podąży ku maksymalnej elongacji wschodniej, którą osiągnie

Kiedy wysokoenergetyczne promieniowanie kosmiczne zderza się z górnymi warstwami ziemskiej atmosfery, niektóre kolizje prowadzą do powstania neutronów, co prowadzi do reakcji neutron-proton,  $n-p$ , czyli zamiany jąder azotu  $^{14}_7\text{N}$  w radioaktywny węgiel-14,  $^{14}_6\text{C}$ :  $^{14}_7\text{N} + n \rightarrow ^{14}_6\text{C} + p$ . Węgiel-14 opada na powierzchnię Ziemi i bierze udział w zwykłej biochemii żywych organizmów, w tym zostaje związany podczas wzrostu drzew.

Badając np. pnie drzew, a w szczególności różnice w zawartości węgla-14 w poszczególnych słojach, można określić ilość początkową radioaktywnego materiału, czyli poniekąd zbadać ewolucję ilości promieniowania kosmicznego

że zdarzenia Miyake są związane ze słonecznymi superburzami. Te (hipotetyczne) erupcje ze Słońca są 50–100 razy bardziej energetyczne niż największa zarejestrowana w erze nowożytnej burza słoneczna, obserwowana przez Richarda C. Carringtona i Richarda Hodgsona w 1859 roku.

W swojej pracy Qingyuan Zhang i współpracownicy analizują dostępne materiały pochodzące ze słoju drzew, znajdując dowody na to, że zdarzenia mogą pojawić się w każdym momencie 11-letniego cyklu aktywności Słońca (o którym pisaliśmy np. w  $\Delta_{21}^1$ ). Z drugiej strony, rozbłyski słoneczne mają tendencję do występowania w okolicach szczytu cyklu. Kilka z zarejestrowanych skoków radioaktywności wydaje się trwać dłużej niż wskazywałby na to model pojedynczej superburzy słonecznej. Sugeruje to, że czasami zdarzenia mogą trwać dłużej niż rok, co nie jest oczekiwane w przypadku jednego gigantycznego rozbłysku słonecznego, czyli że mieliśmy do czynienia z długotrwałą burzliwą pogodą słoneczną.

Gdyby takie zdarzenie zaistniało dzisiaj, zniszczyłoby sieci energetyczne, telekomunikacyjne i większość satelitów. Jeśli takie zdarzenia występują losowo, na przykład raz na tysiąc lat, to prawdopodobieństwo wystąpienia burzy słonecznej w ciągu następnego dekadki wynosi około 1%. To niezaniebawalne duże prawdopodobieństwo!

*Michał BEJGER*

Centrum Astronomiczne im. Mikołaja Kopernika PAN, Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN), Sezione di Ferrara, Włochy

w pierwszej dekadzie sierpnia, oddalając się wtedy na bardzo duże  $27^\circ$  od Słońca. Niestety o tej porze roku i doby ekliptyka jest nachylona niekorzystnie do widnokregu, przez co planeta zachodzi mniej niż godzinę po Słońcu, i z dużych szerokości geograficznych jest niewidoczna. Szczególnie że z każdą kolejną dobą jasność planety staje się coraz mniejsza, od  $-0,4^m$  19 lipca do  $+0,1^m$  31 lipca. A szkoda, bo 28 lipca planeta przejdzie mniej niż  $20'$  od Regulusa, najjaśniejszej gwiazdy Lwa.

Warunki obserwacyjne **Venus** są jeszcze gorsze. Druga planeta od Słońca po czerwcowej maksymalnej elongacji szybko dąży do sierpniowej koniunktacji dolnej ze Słońcem. Oznacza to, że planeta prędko zbliża się do nas, zwiększając przy tym rozmiary

tarczy i zmniejszając fazę. Na początku lipca Wenus zaprezentuje tarczę o jasności  $-4,4^m$ , średnicy  $34''$  i fazie 31%. Ostatniego dnia miesiąca odpowiednie wielkości wyniosą:  $-4,2^m$ ,  $53''$  i 5%. Niestety planeta zanurkuje przy tym kilka stopni pod słabo nachyloną ekliptykę, ginąc w zorzy wieczornej pod koniec miesiąca. Tarcza Wenus w lipcu jest zatem atrakcyjnym celem obserwacyjnym dla posiadaczy nawet niedużych lornetek i teleskopów, jednakże nie dla tych przebywających daleko na północ od równika.

Na początku lipca po zmierzchu można próbować dostrzec także **Marsa**. Czerwona Planeta pierwotnie przebywa niecałe  $4^\circ$  od Wenus, ale potem Mars powędruje dalej na południowy wschód, a Wenus zawróci w kierunku Słońca, więc do 20 lipca dystans między planetami zwiększy się ponad dwukrotnie. 10 lipca Mars minie wspomnianego już Regulusa w odległości niewiele przekraczającej  $0,5^\circ$ . Marsowi najtrudniej jest przebić się przez zorzę wieczorną, gdyż jest on już daleko od Ziemi i świeci z jasnością  $+1,7^m$ , czyli niewiele większą od pobliskiej najjaśniejszej gwiazdy Lwa.

Wszystkie te planety w trzeciej dekadzie miesiąca odwiedzi Księżyc w fazie cienkiego sierpa. Nów Srebrnego Globu przypada 17 lipca i w następnych dniach przeniesie się on na niebo wieczorne, ale też ucierpi wskutek nisko położonej ekliptyki. Jego sytuację poprawi nieco fakt, że prawie cały czas, do przypadającej 25 lipca I kwadry, spędzi on na północ od niej. Już 18 lipca można spróbować dostrzec bardzo cienki sierp Księżyca o zmierzchu, jednak jest to trudne zadanie, wymagające bardzo czystej atmosfery i nisko odsłoniętego widnokregu. 30 minut po zachodzie Słońca tarcza Księżyca w fazie zaledwie 1% zajmie pozycję na wysokości  $3^\circ$ . Tymczasem  $7^\circ$  na lewo od Księżyca znajdzie się planeta Merkury, kolejne zaś  $15^\circ$  dalej – planeta Wenus. Z kolei  $3,5^\circ$  nad Wenus pokaże się Regulus,  $5^\circ$  od Regulusa, na godzinie 10. względem niego znajdzie się planeta Mars. Księżyc, Merkury i Wenus zajdą bardzo szybko, Regulus i Mars nieco później, w odszukaniu jednak wszystkich tych ciał niebieskich niezbędna może się okazać lornetka. 19 lipca Księżyc w fazie 4% przejdzie  $4^\circ$  nad Merkurym, dobę później natomiast, przy fazie zwiększonej do 8%, Srebrny Glob przejdzie  $3^\circ$  nad Regulusem i jednocześnie  $7^\circ$  nad Wenus.  $6^\circ$  na lewo od Księżyca pokaże się Mars. 21 lipca faza księżycowej tarczy urośnie do 14%, Marsa zaś należy wtedy szukać w odległości  $6^\circ$  na godzinie 4. względem Księżyca.

Po minięciu planet naturalny satelita Ziemi w okolicach I kwadry, 24 i 25 lipca, spotka się ze Spiką, najjaśniejszą gwiazdą Panny. Warto jeszcze wspomnieć o bardzo bliskim spotkaniu Księżyca z Antaresem, 28 lipca. W momencie zachodu Słońca tarcza Księżyca w fazie 79% pokaże się  $0,5^\circ$  od najjaśniejszej gwiazdy Skorpiona. Do końca miesiąca Księżyc pozostanie na południe od ekliptyki, wędrując nisko nad horyzontem. Im bliżej jednak końca lipca, tym księżycowa tarcza

pełniejsza, gdyż 1 sierpnia wieczorem naszego czasu Księżyc przejdzie przez pełnię.

Pod wpływem blasku tarczy Srebrnego Globu upłynie również początek miesiąca. Lipcowa pełnia przypada 3 lipca w gwiazdozbiornie Strzelca. Przed nią w pierwszych dwóch nocach miesiąca Księżyc odwiedzi Skorpiona, świecąc najpierw  $6^\circ$  na prawo, a potem  $8^\circ$  na lewo od Antaresa. 7 lipca, prezentując tarczę oświetloną w 83%, naturalny satelita Ziemi zbliży się na  $5^\circ$  do Saturna. Planeta z pierścieniami w sierpniu przejdzie przez opozycję i będzie poruszać się na południowy zachód mniej niż  $1^\circ$  od gwiazdy 5. wielkości  $\sigma$  Aqr. Tarcza planety przekroczy średnicę  $18''$ , świecąc z jasnością  $+0,7^m$ . Saturn będzie górować o świcie, wznosząc się na wysokość ponad  $25^\circ$ .

Srebrny Glob spotka się z **Neptunem** 9 lipca, zbliżając się doń na odległość  $5^\circ$ . Planeta we wrześniu przejdzie przez opozycję względem Słońca i także poruszać się będzie ruchem wstecznym. W tym roku zakreśli pętlę na pograniczu gwiazdozbioru Ryb i Wodnika, niedaleko charakterystycznego, przypominającego miniaturowy Mały Wóz układu gwiazd 5. i 6. wielkości, który tworzą gwiazdy 30, 33, 27, 29, 24 i 20 Psc. W lipcu Neptun znajduje się około  $1^\circ$  na północ od 24 Psc, świeci z jasnością  $+7,8^m$  i około godziny 2 wznosi się na wysokość powyżej  $20^\circ$  ponad południowo-wschodni widnokrag.

Księżyc przejdzie przez ostatnią kwadrę 10 lipca, a następnie podąży ku słabo widocznym planetom **Jowisz** i **Uran**. 12 lipca nad ranem faza księżycowej tarczy spadnie poniżej 30% i wszędzie on tuż po północy  $2,5^\circ$  od Jowisza i jednocześnie  $9^\circ$  na zachód od Urana. Obie planety w nadchodzącym sezonie obserwacyjnym zakreślą pętle na tle gwiazdozbioru Barana w odległości kilku-kilkunastu stopni od siebie i w listopadzie obie przejdą przez opozycję względem Słońca. Na razie dzieli je mniej więcej  $10^\circ$  i około godziny 2 wznoszą się na  $15^\circ$  ponad wschodnią część nieboskłonu. Jowisz świeci z jasnością  $-2,3^m$ , prezentując tarczę o średnicy  $38''$ , więc z jego dostrzeżeniem nie ma kłopotu. Co innego Uran, którego jasność wynosi  $+5,8^m$  i ze względu na małą wysokość na ciemnym niebie jego obraz zależy od stanu atmosfery.

Nów Srebrnego Globu przypada 17 lipca wieczorem naszego czasu i dzięki temu, że jego orbita jest teraz prawie maksymalnie wychylona na północ od ekliptyki, jego cienki sierp wraz z tzw. światłem popielatym pozostanie widoczny przez kolejne 4 dni. 13 dnia miesiąca sierp Księżyca w fazie 20% zbliży się na  $3^\circ$  do Plejad, dobę później jego faza spadnie do 13% i przejdzie on  $8^\circ$  nad Aldebaranem, 15 lipca zaś, w fazie 7%, minie w odległości nieco ponad  $2^\circ$  El Nath, dwie jasne gwiazdy Byka. 16 lipca o świcie Księżyc w fazie zaledwie 3% pokaże się na wysokości  $7^\circ$ , ponad  $20^\circ$  pod Capellą.

*Ariel MAJCHER*