

## Pierwszy reaktor jądrowy

Grzegorz LIZUREK\*

Pierwszy na Ziemi reaktor jądrowy powstał w... Afryce. Około 2 miliardów lat temu w złożach uranu w okolicach Oklo w Gabonie dochodziło do reakcji łańcuchowej rozszczepienia jąder uranu. Skąd o tym wiemy? Na pierwszy ślad tego zjawiska natrafiono w 1972 roku podczas rutynowych testów próbek z kopalni uranu w Oklo. Okazało się, że zawartość izotopu  $^{235}\text{U}$  w złożu była mniejsza niż w innych tego typu złożach. Ze względu na to przeprowadzono różnego rodzaju badania złoża w Oklo, sprawdzając nie tylko zawartości izotopów uranu, ale także izotopów będących produktem jego rozszczepienia: neodymu i rutenu. Okazało się, że w przypadku wszystkich badanych izotopów zawartość odbiegała od oczekiwanej: na przykład, zawartość izotopu  $^{99}\text{Ru}$ , będącego typowym produktem rozszczepienia uranu za pomocą neutronów termicznych, była ponaddwukrotnie większa niż w innych złożach. Wynioskowano stąd, że w obrębie złoża w Oklo doszło do powstania naturalnego reaktora jądrowego.

Obecnie w żadnym złożu na Ziemi nie zachodzi podobne zjawisko, ponieważ nigdzie nie ma już dostatecznie dużej zawartości izotopu uranu  $^{235}\text{U}$ . W przypadku reaktora w Oklo wynosiła ona około 3% całej masy uranu w złożu, czyli mniej więcej tyle, ile stosuje się we współczesnych reaktorach. Obecnie naturalna koncentracja  $^{235}\text{U}$  jest mniejsza niż 1%, a to ze względu na krótszy czas połowicznego rozpadu tego izotopu od czasu rozpadu  $^{238}\text{U}$ . Są jeszcze inne warunki, które muszą być spełnione, aby naturalny reaktor jądrowy mógł zadziałać.

- Rozmiar złoża uranu powinien przekraczać średni zasięg neutronów rozszczepiających, co odpowiada wielkości złoża równej około 70 cm.
- Musi być obecny *moderator*, czyli substancja, która spowalnia neutrony powstałe w wyniku rozszczepienia na tyle, by te mogły rozszczepić kolejne jądra uranu.
- W złożu powinna być niska koncentracja innych niż uran pierwiastków absorbujących neutrony.

Mechanizm działania reaktora w Oklo polegał na tym, że w złożu uranu występowała woda gruntowa, która działała jako moderator reakcji rozszczepienia, pozwalając rozpocząć się reakcji łańcuchowej. W momencie, kiedy ciepło generowane w rozszczepieniach powodowało wyparowanie wody, moderator zniknął i łańcuchowa reakcja rozszczepienia zwalniała lub ustawała. Następnie, gdy złożo się schłodziło i woda gruntowa z powrotem wsiąkała się w jego obręb, reakcja ponownie się rozpoczynała. Na podstawie badań pozostałości produktów rozszczepienia obecnych w minerałach złoża oszacowano, że cykl ten składał się z 30-minutowej reakcji łańcuchowej, a następnie dwupółgodzinnej schładzania złoża i powrotu wody gruntowej. Co ciekawe, mechanizm ten był wydajny na tyle, że nigdy nie doszło do wybuchu lub stopienia złoża w wyniku „niekontrolowanej” reakcji łańcuchowej w obrębie złoża. Działanie reaktora w Oklo mogło trwać kilkaset tysięcy lat.

W Oklo znajdowało się 16 stref stanowiących naturalne reaktory jądrowe. Oszacowano, że łączna moc reaktorów wynosiła około 100 kW. W skali globalnej to niewiele: dla porównania moc elektrowni w Bełchatowie, największej konwencjonalnej elektrowni Europy, przekroczyła w 2011 roku 5000 MW, a moc jednego tylko bloku tej elektrowni to ponad 850 MW.



2 mld lat to spory ułamek wieku wszechświata. Ponieważ zaś tempa reakcji jądrowych zależą od „siły” oddziaływań elektromagnetycznych, badanie składu izotopowego złożów w Oklo pozwoliło także na stwierdzenie, że podczas działania naturalnego reaktora oddziaływania elektromagnetyczne miały w zasadzie takie same własności jak dziś. Jest to o tyle ważne, że ogranicza rozpasaną wyobraźnię naukowców próbujących wytłumaczyć anomalie widm absorpcyjnych oświetlanych przez kwazary odległych obłoków gazu właśnie za pomocą zmiennych w czasie własności elektromagnetyzmu. O całej sprawie pisaliśmy w *Delcie* 12/2001.

Redakcja

Powyższy tekst został przygotowany w ramach projektu **EDUSCIENCE**, którego celem jest zmiana formuły nauczania prowadząca do zainteresowania dzieci i młodzieży naukami matematyczno-przyrodniczymi, informatycznymi, technicznymi oraz niezbędnymi w dzisiejszym świecie językami obcymi.

W ramach projektu przygotowane zostały: innowacyjna platforma e-learningowa, portal przyrodniczy, wsparcie metodyczne dla nauczycieli, programy wycieczek dydaktycznych do jednostek naukowych oraz program ogólnopolskiego monitoringu przyrodniczego.

Od roku szkolnego 2014/2015 zapraszamy nauczycieli wszystkich szkół w Polsce do nieodpłatnego korzystania z produktów projektu. Każda szkoła zainteresowana korzystaniem z platformy edukacyjnej i zgromadzonych na niej zasobów, wizytą w obserwatoriach i instytucjach naukowych, lub udziałem w transmisji z Polskiej Stacji Polarnej Hornsund na Spitsbergenie może przyłączyć się do projektu.

Więcej informacji na [www.eduscience.pl](http://www.eduscience.pl).

Agata GOŹDZIK, Instytut Geofizyki PAN, kierownik projektu EDUSCIENCE



PROJEKT EDUSCIENCE JEST WSPÓLFINANSOWANY ZE ŚRODKÓW UNII EUROPEJSKIEJ W RAMACH EUROPEJSKIEGO FUNDUSZU SPOŁECZNEGO.