

Naturalny reaktor jądrowy

Autor: Grzegorz Jezierski - Politechnika Opolska

(„Energetyka Ciepła i Zawodowa” – nr 3/2011)

Mało kto wie, że reaktor jądrowy działający na zasadzie reakcji rozszczepienia jąder uranu U-235 przez neutrony jest nie tylko wynalazkiem człowieka. Otóż w 1972 r. stwierdzono, że w odkrywkowej kopalni uranu w Oklo w Gabonie (Afryka Zachodnia) znajdują się pozostałości naturalnych reaktorów jądrowych sprzed 2 miliardów lat.

Przypuszczalnie było ich aż 17, z czego 9 już zostało całkowicie wyeksploatowanych. Być może znajdują się jeszcze w innych miejscach na Ziemi naturalne reaktory jądrowe, lecz nie zostały one jeszcze odkryte.



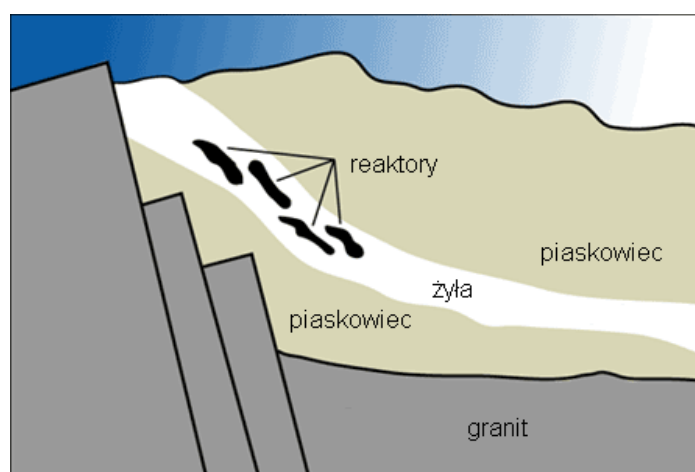
Fot. 1. Ruda uranu – główny „sprawca” ery atomowej (dzięki uprzejmości Swiss Association for Atomic Energy (SVA))

Przypadkowe odkrycie

Do odkrycia naturalnych reaktorów doszło całkiem przypadkowo podczas rutynowych badań próbek rudy uranowej ze złoża w Oklo. Złoże uranu w Oklo to bogata ruda uranowa zawierająca ok. 20 000 t uranu o średniej zawartości 0,4-0,5% uranu. Złoże to występuje w postaci żył rudy uranowej (o grubości 0,6-1 m) na podłożu z piaskowca, przy czym w samych żyłach znajdują się soczewkowate „gniazda” o średnicy kilku metrów ze znacznie zwiększoną, nawet do 60% zawartością uranu. Jeśli chodzi o geologiczne pochodzenie tych złóż, to sądzi się, iż „gniazda” uranu zostały osadzone przez nurt rzeki w jej zakolach. Analiza próbek wykazała anormalną zawartość uranu U-235, tj. nie 0,7202% jak to jest na całym świecie, a tylko 0,7171% - różnica wynosi więc zaledwie 0,003%. Okazało się również, iż „zubożenie” w U-235 było tym większe, im większa była koncentracja uranu - przy zawartości uranu poniżej 1% udział U-238 i U-235 był prawidłowy (normalny). Pomiary zawartości izotopów ksenonu również wykazały anomalię w stosunku do jego normalnej zawartości w uranie, były one bowiem zbliżone do ilości, jakie powstają w produktach rozszczepienia jąder uranu. Podobnie zawartości izotopów neodymu w złożu Oklo pokrywały się dokładnie z ich zawartościami w reaktorze jądrowym.



Fot. 2. Naturalny reaktor jądrowy Oklo w Gabonie (dzięki uprzejmości CEA)



Fot. 3. Lokalizacja reaktorów w Oklo

Tab. 1. Porównanie zawartości izotopów ksenonu różnego pochodzenia

Pochodzenie	Zawartość izotopów Xe [%]								
	124	126	128	129	130	131	132	134	136
Naturalne	0,1	0,09	1,90	26,4	3,3	21,2	27,0	10,5	8,9
Produkty rozszczepienia uranu			$0,17 \times 10^{-3}$	3,07	$1,5 \times 10^{-3}$	$13,0 \times 10^{-3}$	$19,4 \times 10^{-3}$	$35,4 \times 10^{-3}$	$28,9 \times 10^{-3}$
Złoże Oklo			$2,8 \times 10^{-3}$	3,46	$34,6 \times 10^{-3}$	$12,3 \times 10^{-3}$	$20,3 \times 10^{-3}$	$35,3 \times 10^{-3}$	$28,4 \times 10^{-3}$

Powyższe anomalie nasunęły przypuszczenie, iż mamy tutaj do czynienia z pozostałością naturalnego reaktora jądrowego na Ziemi.



Fot. 4. Pozostałości naturalnego reaktora jądrowego w Oklo (dzięki uprzejmości F. Gauthier-Lafaye'a)

Naturalne reaktory

Te naturalne reaktory „pracowały” przez okres ok. pół miliarda lat z mocą ok. $20 \text{ kW}_{\text{th}}$ każdy (ok. 150 000 razy mniejszą niż współczesne reaktory energetyczne). Ze względu na znaczną różnicę okresów połowicznego rozpadu, 4,5 miliarda lat dla U-238 i 700 milionów lat dla uranu U-235, zawartość U-235 w uranie naturalnym była wówczas znacznie większa niż obecnie - przypuszcza się, iż wynosiła ona 3,7%. W bogatej rudzie uranowej w odpowiednich warunkach geologicznych (dostęp wody np. deszczowej jako moderatora a jednocześnie chłodziwa) mogła więc rozpocząć się reakcja łańcuchowa. Była to zarazem reakcja samosterująca się, w której funkcję prętów kadmowych, stosowanych do regulacji we współczesnych reaktorach, spełniała również woda. Gdy reakcja łańcuchowa przebiegała szybciej, rdzeń rozgrzewał się, a krążąca w jego szczelinach woda gwałtownie parowała. Zanikał więc moderator i reakcja łańcuchowa zwalniała. Jest wielce prawdopodobne, iż reaktory te działały sezonowo, tylko po dużych opadach; w porze suchej samoczynnie wyłączały się. Warto zauważyć, iż warunki, jakie muszą być spełnione dla naturalnych reaktorów jądrowych, określił już w 1956 r. fizyk japoński Paul Kazuo Kuroda, a więc przewidział on teoretycznie istnienie na Ziemi reaktorów naturalnych.

Naturalne reaktory z Oklo są jednocześnie dobrym „testem” na podziemne składowiska odpadów promieniotwórczych. Jest to jedyne miejsce na Ziemi, w którym można zbadać, co się dzieje ze składowanymi odpadami promieniotwórczymi po upływie niezwykle długiego czasu. Fakt, że po 2 miliardach lat znalezione resztki naturalnych reaktorów (a więc produkty rozszczepienia, których ilość szacuje się na 5,4 t oraz pluton wraz z transuranowcami w ilości 1,5 t) nie rozproszyły się, mimo działania różnych naturalnych procesów, jest przekonywującym dowodem na to, że przez całe epoki geologiczne zużyte paliwo jądrowe pozostaje w tym samym miejscu, mimo braku jakichkolwiek zabezpieczeń. Jest to szczególna informacja, gdyż na podstawie dotychczasowych doświadczeń z przechowywaniem wyeksploatowanego paliwa reaktorowego przez kilkadziesiąt zaledwie lat trudno przewidzieć skutki na przestrzeni okresów geologicznych.

Literatura

1. G. Jezierski, Energia jądrowa wczoraj i dziś, WNT, Warszawa 2006 r.