

Cyrkon — „czarna skrzynka” rejestrująca wydarzenia Wczesnej Ziemi

Piotr Król

Instytut Nauk Geologicznych PAN

Wygląd Wczesnej Ziemi (4,5–2,5 mld lat temu) oraz procesy geologiczne, które ją kształtowały pozostają tematem ożywionej debaty w świecie naukowym. Problem stanowi skąpa ilość zachowanych skał, zwłaszcza z wczesnego etapu tego okresu. Ponadto, w ciągu tak długiej historii geologicznej zostały one poddane dalszym przeobrażeniom, zazwyczaj w warunkach wysokich temperatur i ciśnień. W wyniku tych procesów informacje zapisane w skałach zostały w dużej części zatarte. Większość

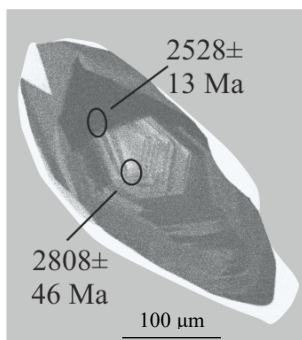


Figura 1. Obraz w katodoluminescencji ziarna cyrkonu. Przykład wysokorozdzielczego datowania: elipsą zaznaczone punkty analizy U-Pb wraz z uzyskanym wiekiem w mln lat.

wiedzy pozyskanej na temat kształtowania się skorupy ziemskiej z tamtego czasu pochodzi z badań nad cyrkonem ($ZrSiO_4$), minerałem powszechnie występującym w różnego typu skałach. Cyrkon jest jednym z najbardziej trwałych i stabilnych minerałów. Z tego powodu jest on geologicznym odpowiednikiem ‘czarnej skrzynki’. Można w cyrkonie znaleźć różnorodne informacje. Po pierwsze, ze względu na domieszki promieniotwórczego uranu i toru, jest używany jako tzw. geochrometr (Fig. 1). Oznacza to, że z jego pomocą można oszacować wiek poszczególnych wydarzeń geologicznych. Po drugie, analiza składu izotopowego tlenu w cyrkonie, pozwala na rekonstrukcję historii magmy, z której wykrystalizowały badane

skały. Właściwości te, wraz z analizami chemicznymi przeobrażonych skał magmowych, wykorzystuję w mojej pracy badawczej. Dotyczy ona rekonstrukcji historii geologicznej jednego z najbardziej intrygujących miejsc, Kompleksu Napier, znajdującego się we wschodniej części Antarktydy.

Kompleks Napier (Fig. 2) już od lat 60’ XX w. przykuwa uwagę geologów ze względu na pozostałości archaicznej kontynentalnej skorupy ziemskiej (4–2,5 mld lat). Najstarsze jej fragmenty (>3.6 mld lat) znane są z trzech oddalonych od siebie lokalizacji: pasma Gage, góry Sones w zachodniej części

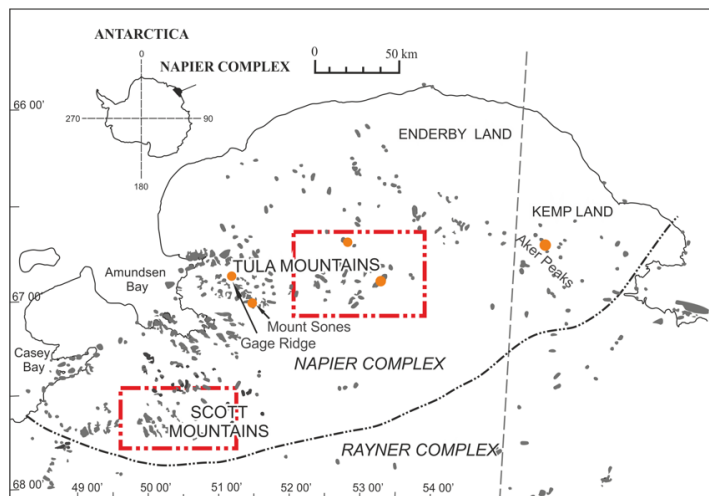


Figura 2. Uproszczona mapa wschodniej części skalnych Kompleksu Napier. Czerwoną obwódką zaznaczono obszary badań. Pomarańczowe punkty reprezentują pozostałości skorupy ziemskiej starsze niż 3.6 mld lat.

gór Tula oraz w obrębie oddalonych o ok. 200 km na wschód wzgórz Aker. Nie jest wiadomo, czy te

odrębne lokalizacje reprezentują jednolity fragment tejże skorupy. Ponadto, nie jest jasne w jakich warunkach geologicznych powstawały...

Najnowsze dane pozyskane ze skał Kompleksu Napier, ujawniają złożoność rozwoju skorupy ziemskiej na tym obszarze. Kompleks ten składa się głównie ze skał przeobrażonych 2,8 i 2,5 mld lat temu, co oznacza, że zostały one poddane wysokim temperaturom (przekraczającym nawet 1000 °C) nawet dwukrotnie. W obrębie wiejszych gór Tula, skały magmowe powstawały już 3,75–3,55 mld lat temu i współwystępują one z podobnymi skałami młodszej generacji o wieku 2,9–2,8 mld lat. Odmienne, skały z Gór Scott, zlokalizowanych na południowo-zachodnich rubieżach Kompleksu Napier, powstawały między 2,7–2,5 mld lat temu. Skały tak różnych grup wiekowych mogły reprezentować niepowiązane ze sobą części skorupy ziemskiej, które uległy połączeniu około 2,5 mld lat temu.

Analizy chemiczne skał dostarczyły dodatkowych informacji na temat warunków, w których powstawały magmowe skały wyjściowe. Wskaźniki geochemiczne, takie jak: zawartości itru, ciężkich ziem rzadkich (terb–lutet), niobu i tantalu oraz stosunek lantanu do iterbu i strontu do itru, są wrażliwe na ciśnienie, pod którym magma została wytopiona. Wszystkie zgodnie wskazują na to, że zarówno w eoaarchaiku (>3,6 mld lat temu), jak i w późniejszych okresach dochodziło do wytopu magmy na głębokościach, zarówno powyżej 55 km, jak i poniżej 35 km. Dowodzi to zróżnicowania środowisk tektonicznych już we Wczesnej Ziemi.

Wnioski te potwierdzają wyniki pomiarów izotopów tlenu w cyrkonach. Zubożenie cyrkonu ze skał starszych niż 3,5 mld lat w ciężkie izotopy tlenu, powstałych w płytkich środowiskach, wskazuje na hydrotermalnie zmienione źródła dla magm, z których krystalizowały badane ziarna. Do tego procesu dochodzi, gdy obecna w skałach woda zostaje podgrzana, co powoduje jej cyrkulację. Kolejno, zachodzi wymiana izotopowa tlenu pomiędzy wodą a skałami, prowadząc do zubożenia skał w ciężki izotop tlenu. Inkorporacja tychże skał przez magmę prowadzi do jej zubożenia w analogiczny sposób. Współczesnymi analogami są środowiska związane ze strefami ryftowymi lub unoszącymi się pióropuszcami magmowymi z płaszczą, np. w Yellowstone, Islandii, czy na Hawajach. Wzbogacenie w cięższe izotopy w młodszych skałach, wskazuje na rosnący udział materiałów zwietrzałych, pochodzących z recyklingu w genezie magmy. Do takiej sytuacji dochodzi na przykład w strefach subdukcji.

Przeprowadzone przeze mnie badania są przykładem rekonstrukcji warunków, w jakich formowała się wczesna skorupa kontynentalna. Wszystkie tego typu działania badawcze, prowadzone w różnych częściach naszego globu, mają na celu rekonstrukcję Wczesnej Ziemi.

Badania były prowadzone w ramach grantu NCN nr UMO2016/21/B/ST10/02067.