

Jakub Bazarnik

EWOLUCJA TEKTONOTERMALNA KALEDOŃSKIEGO PODŁOŻA PÓŁWYSPU MOSSEL, NY-FRIESLAND, SVALBARD

Streszczenie

Budowa geologiczna archipelagu Svalbardu jest bardzo skomplikowana. Spotykane są skały metamorficzne, magmowe, jak i osadowe wieku od proterozoiku do czwartorzędu. Liczne epizody aktywności tektonicznej, metamorficznej, plutonicznej i wulkanicznej, a także okresowe zalewy morza znajdują swój zapis w skałach tego regionu. Najstarsze utwory Svalbardu mogą mieć swoje odpowiedniki w skałach odsłaniających się na Grenlandii lub w Skandynawii. Dlatego badania tych najstarszych jednostek są bardzo ważne w celu zrozumienia ewolucji geologicznej całego regionu Arktyki.

Głównym celem pracy jest odtworzenie historii tektono-metamorficznej skał kompleksu Atomfjella i określenie charakteru ich granicy z grupą Mosselhalvøya. Są to ważne, acz słabo poznane jednostki rejonu Ny-Friesland, należącego do wschodniej prowincji podłoża krystalicznego Svalbardu. To z kolei pomoże odpowiedzieć na ważne pytanie, czy nasunięcie Mosselhalvøya oddzielające te dwie jednostki jest granicą między osobnymi terranami, czy raczej pomniejszą strukturą tektoniczną w obrębie jednego bloku tektonicznego.

Ponadto w pracy zostały ujęte następujące cele szczegółowe. Określenie pochodzenia skał maficznych i ultramaficznych (kompleks Atomfjella), które może być powiązane z głęboką strefą tektoniczną i możliwą granicą terranów, poprzez analizę ich składu chemicznego i izotopowego. Ustalenie wieku protolitu skał metamagmowych. Określenie proveniencji metaosadowych w celu uzyskania informacji o obszarach alimentacyjnych. Określenie charakteru granicy kompleksu Atomfjella i grupy Mosselhalvøya. Rekonstrukcja warunków metamorfizmu skał obu jednostek w celu umiejscowienia w czasie zdarzeń tektonotermalnych.

W pracy przedstawiono wyniki analiz geochronologicznych skał metamagmowych i metaosadowych, jak również charakterystykę warunków ciśnienia i temperatury (P-T) metapelitów z jednostki Rittervatnet (kompleks Atomfjella) i grupy Mosselhalvøya wraz z termodynamicznym modelowaniem równowag fazowych i datowaniem monacytów. Badaniami objęto również skały ultramaficzne i amfibolity w wyniku czego zaprezentowano charakterystykę geochemiczną z uwzględnieniem składu izotopowego Sr, Nd i Pb analizowanych skał.

Cyrkony ze skał metamagmowych kompleksu Atomfjella poddano datowaniu przy zastosowaniu mikrosondy jonowej SHRIMP IIe/MC (ang. Sensitive High Resolution Ion MicroProbe) w Państwowym Instytucie Geologicznym - PIB w Warszawie dla określenia protolitu tych skał. Większość analizowanych skał wykazało wiek około 1750 Ma, często spotykany w badanym regionie. Jednakże dwie skały metamagmowe z jednostki Polhem niespodziewanie wykazały wiek około 2000 Ma. Obie te próbki zlokalizowane są w postulowanej przez Witt-Nilsona (et al. 1998) strefie okna tektonicznego w obrębie jednego z

nasunięć w kompleksie Atomfjella. Najmłodszy wiek protolitu wykazały cyrkony otrzymane z dajki amfibolitowej i wynosi około 1380 Ma.

W celu określenia proveniencji skał metaosadowych wykonano datowanie 8 próbek przy użyciu LA-ICP-MS (ang. Laser Ablation Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry) w laboratorium Arizona Laserchron Center w Tuscon (USA). Otrzymane wyniki podzielono na trzy grupy. Do pierwszej zaliczono skały metaosadowe z jednostek Polhem, Bangenhuk, Sørbreen i Vasfaret (wszystkie należące do kompleksu Atomfjella). Grupa druga zawiera kwarcyty z jednostek należących do grupy Mosselhalvøya (dolna Vildadalén i Flåen) oraz z jednostki Rittervatnet z kompleksu Atomfjella. Do trzeciej grupy zaliczono metapsamity z jednostki Smutsbreen (kompleks Atomfjella).

Do badań warunków P-T metamorfizmu oraz określenia wieku przemian metamorficznych wybrano metapelit z jednostki Rittervatnet. Próbkę ta zawierała paragenezę mineralną w skład której wchodziły granat, mika i skalenie, a ponadto charakteryzowała się obecnością monacytu, który wykorzystano do datowań chemicznych przy użyciu mikrosondy elektronowej. Otrzymano wartości maksimum P-T metamorfizmu około 7-11 kbar oraz 580-700°C. Wiek monacytów ze skał jednostki Rittervatnet oszacowano na około $420,1 \pm 3,6$ Ma. W celu porównania wieku oraz warunków metamorfizmu wykonano ponadto takie same badania dla próbki metapelitu z formacji Flåen (grupa Mosselhalvøya). Otrzymane wyniki dla tej jednostki wykazały zakres P-T około 7-10 kbar i 560-640°C, a detaliczne analizy monacytów pozwoliły na wyróżnienie dwóch wieków: około $444,3 \pm 6,7$ Ma oraz $422,5 \pm 6,3$ Ma.

Według wcześniejszych prac opublikowanych dla regionu badań (m.in. Gee i Tebenkov 2004) geneza skał ultramaficznych może być powiązana z głęboką strefą tektoniczną i potencjalną granicą terranów (nasunięcie Mosselhalvøya). Ponieważ skały te tworzą ciała równoległe do licznych dajek w obrębie kompleksu Atomfjella, a ponadto występują jedynie w obrębie tego kompleksu, a nie w samej strefie nasunięcia założono, iż badane skały ultramaficzne mogą mieć inną genezę.

Otrzymane wyniki składu chemicznego oraz izotopowego badanych skał wykazały mnogość i duże skomplikowanie procesów odpowiedzialnych za ich powstanie. Zarówno obserwacje terenowe, jak i badania petrograficzne wskazują, że wszystkie te skały zostały zmetamorfizowane. Analiza geochemiczna wskazuje, iż w wyniku tego procesu niektóre pierwiastki były mobilizowane. Skały ultramaficzne będące obiektem badań nie mogły powstać więc na skutek późniejszych ruchów tektonicznych oraz być wynikiem powstawania głębokiego uskoku. Co za tym idzie, wyniki te wskazują na brak granicy terranów w tym miejscu.

Podobne wnioski mogą być również wyciągnięte na podstawie wyników badań proveniencji. Otrzymane spektra dla skał grupy Mosselhalvøya oraz jednostki Rittervatnet wykazały niespodziewanie bardzo wysoki stopień podobieństwa. Zakres wieków oraz przebieg wykresów dla tych skał sugeruje ich wspólne źródło. To z kolei, kwestionuje obecność granicy pomiędzy terranami na zachodniej granicy grupy Mosselhalvøya (czyli na uskoku Mosselhalvøya). Badania te dowodzą, że grupa Mosselhalvøya powinna być uznano jako najwyżej legła jednostka kompleksu Atomfjella. Ponadto, brak detrytycznych cyrkonów o wieku około 980-950 Ma w analizowanych skałach grupy Mosselhalvøya, które to wieki są

bardzo powszechne w skałach terranu Nordaustlandet, dodatkowo dowodzą przynależności tej grupy do terranu West Ny-Friesland.

Zauważyć należy ponadto, że takie same warunki P-T metamorfizmu oraz wiek tego procesu dla skał kompleksu Atomfjella i grupy Mosselhalvøya sugeruje wspólną historię obu jednostek. Wyklucza więc obecność w tym miejscu głębokiej strefy rozłamowej między dwoma terranami.

Nadto interesującym jest, że wyniki datowań cyrkonów detrytycznych ze skał półwyspu Ny-Friesland wykazały bardzo bliskie podobieństwo do skał obecnych na Grenlandii. Wyniki skał z pierwszej grupy są zbliżone do skał w północnej Grenlandii (m.in. serie Zebra i Trekant, jak również formacja Inuiteq Sø), co wskazuje na silne pokrewieństwo tych jednostek. Również skały zaliczone do grupy drugiej mają wzorce zbliżone do skał obecnych na wschodniej Grenlandii (m.in. Nathorst Land). Podkreśla to współzależność analizowanych skał z utworami obecnymi na Grenlandii.

Wiek około 2000 Ma i 1380 Ma uzyskane ze skał kompleksu Atomfjella w połączeniu z wyraźnym brakiem magmatyzmu toniańskiego wykazuje zasadniczo różne pochodzenie terranu West Ny-Friesland i terranu Nordaustlandet. W odróżnieniu od terranu Nordaustlandet, paleoproterozoiczne intruzywne skały wieku około 2000 Ma i 1750 Ma rozciągają się natomiast w kaledonidach północno-wschodniej Grenlandii (np. Kalsbeek et al., 1999, 2008) i są również znane z autochtonicznych formacji Hekla Sund i Aage Berthelsen Gletscher, grupy Independence Fjord w Ziemi Kronprins Christian. Lokalnie cały pakiet felzycznych skał metawulkanicznych i jednostek metaosadowych jest przecinany przez skały maficzne zwane dolerytami Midsommersø i datowane na około 1382 ± 2 Ma (wiek baddaleyitu Pb-Pb na podstawie trzech próbek, Upton i in., 2005). Również charakterystyka geochemiczna i izotopowa badanych skał maficznych z Ny-Friesland jest podobna do skał magmowych z północnej Grenlandii.

Dotychczasowe badania geochronologiczne przeprowadzone na badanym terenie ujawniły szeroki zakres wieków metamorfizmu, pomiędzy 447–416 Ma, które są interpretowane ogólnie jako odzwierciedlające moment maksimum metamorfizmu lub schłodzenia po tym maksimum (Gayer et al. 1966, Ohta et al. 1989, Gee i Page 1994). Jednak Lyberis i Manby (1999) sugerowali, że maksimum metamorfizmu zostało osiągnięte około 444–430 Ma, a później, około 410 Ma nastąpiły procesy ścinające. Uzyskane w niniejszej pracy wieki potwierdzają scenariusz zaproponowany przez Lyberis i Manby (1999), ale jak nakreślono powyżej, maksymalne warunki metamorficzne P-T zostały osiągnięte podczas zdarzenia M2. Starszy wiek ok. $444,3 \pm 6,7$ Ma uzyskany z wewnętrznych stref monacytu w próbce KK13-2 odzwierciedla wzrost granatu podczas metamorfizmu M1. Młodsza populacja monacytów, która odpowiada wiekowi około $422,5 \pm 6,3$ Ma jest przypisana do wzrostu granatu podczas metamorfizmu M2, prawdopodobnie związanego z późnoorogeniczną fazą ekstensji.

Podsumowując, wyniki niniejszej pracy prowadzą do sformułowania trzech głównych wniosków:

1. Opierając się zarówno na badaniach petrochronologicznych skał metamorficznych, jak również na analizie proveniencji skał metaosadowych stwierdzono, że grupę Mosselhalvøya należy zaliczyć do kompleksu Atomfjella i

terraniu Zachodniego Ny-Friesland, a nie jak dotychczas uważano, do supergrupy Lomfjorden i terranu Nordaustlandet,

2. Z powyższego wynika, że należy przesunąć granicę terranów z dotychczas ustanowionej linii na uskoku Mosselhalvøya w kierunku wschodnim, na granicę pomiędzy grupą Mosselhalvøya a grupą Veterranen (supergrupa Lomfjorden), gdzie przebiega strefa przesuwcza Eolussletta, nazywana również linią Veterranen. Ten wniosek jest również poparty wynikami obserwacji geochemicznych i analizą skał ultramaficznych oraz amfibolitów, w wyniku których, stwierdzono występowanie przejawów metamorfizmu w obu typach skał. Tym samym obalono teorię genezy o implementacji skał ultramaficznych podczas aktywacji głębokiego rozłamu tektonicznego w reżimie kompresyjnym, co miało dowodzić obecności wielkoskalowej strefy tektonicznej.

3. W wyniku badań porównawczych proveniencji cyrkonów detrytycznych z terranu Zachodniego Ny-Friesland z innymi rejonami orogenu kaledońskiego w obrębie Arktyki, oraz analizując otrzymane daty epizodów magmatyzmu w tym regionie, wykazano bardzo bliską zależność pomiędzy skałami terranu Zachodniego Ny-Friesland a sekwencjami północno-wschodniej Grenlandii, co pozwala wnioskować o wspólnym pochodzeniu tych dwóch jednostek. Zasadniczej zmiany wymaga więc konfiguracja paleogeograficzna tej części Arktyki w proterozoiku.