

Tempo ekshumacji skał wysokociśnieniowych podczas orogenezy kaledońskiej: Perspektywa geochronologiczna

Mgr Christopher Barnes

Streszczenie

Przebieg orogenezy kaledońskiej złożony jest z kambryjskiego do wczesnosylurskiego zamknięcia oceanu Iapetus oraz sylursko-dewońskiej kolizji pomiędzy Laurencją i Baltiką. W tektonostratygrafii kaledonidów skandynawskich grupa płaszczowin Seve zawiera głównie skały skorupy kontynentalnej zmetamorfizowane w warunkach wysokich i ultrawysokich ciśnień. Ta unikatowa jednostka dostarcza bezpośrednich dowodów na subdukcję i ekshumację pasywnej krawędzi Baltiki pod łuk wulkaniczny (lub łuki wulkaniczne) oceanu Iapetus w okresie od późnego kambru do późnego ordowiku. W szczególności łuski tektoniczne Vaimok i Tsäkkok z grupy płaszczowin Seve w Norrbotten w Szwecji zawierają dowody na metamorfizm (ultra-) wysokociśnieniowy we wczesnym ordowiku. Dla kontrastu, inne lokalizacje (ultra-) wysokociśnieniowego metamorfizmu w grupie płaszczowin Seve położone są na południowy zachód, w Jämtland w Szwecji, osiągnęły pikowe warunki metamorfizmu w okresie od środkowego do późnego ordowiku. W południowo-zachodniej prowincji kaledońskiego podłoża krystalicznego Svalbardu metamorfizm wysokociśnieniowy stosunkowo bardziej oceanicznego kompleksu Vestgötabreen jest synchroniczny z lokalizacjami w Norrbotten. Jednak pomimo podobnego czasu zajścia metamorfizmu (ultra-) wysokociśnieniowego w Norrbotten i na Svalbardzie, ewolucja tektoniczna w tych rejonach, w sylurze i dewonie, jest wyraźnie różna. W Norrbotten, jak i reszcie kaledonidów skandynawskich okres ten charakteryzuje się głównie nasuwaniem płaszczowin o południowo-wschodniej wergencji, podczas gdy skały podłoża kaledońskiego na Svalbardzie zostały przetransportowane wzdłuż głównie lewoskrętnych uskoków przesuwczych. Sumarycznie lokalizacje (ultra-) wysokociśnieniowego metamorfizmu w Norrbotten i na Svalbardzie zawierają fragmenty bezpośredniego zapisu geodynamicznego mechanizmów zamykania oceanu Iapetus. Dynamika i możliwe korelacje przestrzenne dla warunków subdukcji poprzedzających warunki maksymalnego ciśnienia metamorfizmu, a następnie ekshumacji z głębokości płaszczowych w obu tych regionach, nie zostały jeszcze rozwikłane. W rezultacie obecne rozumienie ewolucji kaledońskiego orogenu jest ograniczone. Bez szczegółowych badań tych procesów nie można zbudować bardziej kompleksowego i realistycznego modelu orogenezy kaledońskiej. Celem pracy jest określenie czasu subdukcji i ekshumacji (ultra-) wysokociśnieniowych skał z łusek Vaimok i Tsäkkok w Norrbotten, a także kompleksu Vestgötabreen na Svalbardzie. Przedstawione tutaj wyniki poszerzają zrozumienie ewolucji arktycznych kaledonidów, a także ogólnie mechanizmów subdukcji i ekshumacji skorupy kontynentalnej i oceanicznej. Aby to osiągnąć, minerały skał metaosadowych, goszczących litologie charakterystyczne dla wysokociśnieniowego metamorfizmu (tj. łupki glaukofanowe i eklogity), zostały poddane analizie przy użyciu następujących nowoczesnych

technik badań geochronologicznych: 1) cyrkon metodą U-Pb i profilowania wgłębnego (depth profiling) wraz z analizą pierwiastków śladowych; 2) monacyt metodą Th-U-total Pb in situ; oraz 3) biała mika metodą $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ in situ. Rezultaty analiz połączono z obserwacjami strukturalnymi i badaniami składu chemicznego minerałów skał metaosadowych, aby wyjaśnić ewolucję epizodów deformacji i metamorfizmu, które rejestrują subdukcję do warunków pikowych metamorfizmu (ultra-) wysokich ciśnień, a następnie ekshumację synorogeniczną. Podsumowując, praca ta stanowi doskonały przykład zastosowań geochronologii o wysokiej małej rozdzielczości w rozwiązywaniu procesów tektonicznych na dużą skalę. W łusce tektonicznej Vaimok, należącej do grupy płaszczowin Seve, badania geochronologiczne monacytu metodą Th-U-total Pb ujawniły, że skały te zostały pogrążone do głębokości odpowiadających warunkom metamorfizmu wysokich ciśnień w późnym kambrze, co jest zgodne z wcześniejszymi badaniami, które wskazują, iż pik metamorfizmu (ultra-) wysokich ciśnień został osiągnięty we wczesnym ordowiku. Analizy profilowania wgłębnego cyrkonu ze skał metaosadowych łuski Vaimok wskazują na początkową dekompresję związaną z ekshumacją w czasie od wczesnego do środkowego ordowiku. Badania geochronologiczne białej miki ze skał metaosadowych z soczewki Tsäkkok metodą in situ $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ przedstawiają dokładny zapis wczesnoordowickiej ekshumacji bezpośrednio po metamorfizmie wysokociśnieniowym. Wieki monacytu i białej miki ilustrują również, że ekshumacja kompleksu Vestgötabreen na Svalbardzie i soczewki Tsäkkok miały miejsce w tym samym czasie, rozpoczynając się w podobnych warunkach ciśnienia i temperatury, jednakże zapis ten został później częściowo zatarty podczas sylursko-dewońskiego nasuwania i aktywności uskoków przesuwczych. Przedstawione wyniki wskazują, że subdukcja pasywnej krawędzi Baltiki ma swoje przedłużenie w części grupy płaszczowin Seve w Norrbotten (tj. w łusce Vaimok). Po osiągnięciu maksymalnych warunków ciśnienia metamorfizmu nastąpiła szybka ekshumacja skał wysokociśnieniowych zarówno w regionie Norrbotten, jak i na Svalbardzie, co sugeruje, że należały one do tego samego systemu subdukcji we wczesnym ordowiku. System ten został rozczłonkowany z powodu późniejszej przestrzennej zmienności geodynamiki procesów kompresyjnych i ścinających wzdłuż rozciągłości orogenu. Niezależnie od późniejszych procesów, tak wczesna ekshumacja w Norrbotten i na Svalbardzie jest niezgodna z przypuszczalnym okresem trwania subdukcji skał w Jämtland, a udokumentowanym dla warunków wysokociśnieniowego metamorfizmu od środkowego do późnego ordowiku. Jeśli te lokalizacje w grupie płaszczowin Seve reprezentują ten sam system subdukcji, sugerowałoby to, że zapis procesów subdukcji i ekshumacji od późnego kambru do wczesnego ordowiku został całkowicie zatarty dla skał w Jämtland lub różne reżimy tektoniczne, wynikające ze złożonej geometrii procesów subdukcji, decydowały o ich przebiegu w Jämtland i Norrbotten. Rezultaty przedstawione w tej pracy doktorskiej poprawiają zrozumienie ewolucji kaledonidów arktycznych, co z kolei stanowi podstawę dla szerszych modeli tektonicznych orogenezy kaledońskiej.