

Warsztaty naukowe *Eurogranites 2005* w Finlandii

W dniach 11–17.09.2005 r. odbyły się w Finlandii doroczne, tygodniowe warsztaty terenowe *Eurogranites 2005*. Po raz 25 uczestnicy warsztatów mieli okazję obejrzyć najciekawsze lokalizacje skał granitowych na kontynencie europejskim, tym razem na obszarze platformy wschodnioeuropejskiej w Finlandii. Tematyka dotycząca granitów prekambryjskich była rzadko omawiana podczas sesji *Eurogranites*. Ostatnia sesja poświęcona takiej problematyce miała miejsce w Norwegii w 1996 r.

Ideę dorocznych spotkań terenowych *Eurogranites* rozwinęli w latach 70. XX w. geolodzy z Francji: profesorowie Jean Didier i Jean Lameyere, i do chwili obecnej są one organizowane we wrześniu, każdego roku w innym kraju Europy. Obecnie koordynatorem spotkań (od 1981 roku) jest prof. Bernard Bonin z Uniwersytetu Paris-Sud we Francji.

W zamyśle organizatorów celem spotkań *Eurogranites* jest zebranie naukowców z różnych instytucji geologicznych Europy, zaangażowanych w badania nad granitoidami i pokazanie im wystąpień granitów w środowiskach geologicznych specyficznych dla danych miejsc w Europie. Terenowe badania i obserwacje pozwalają na lepsze zrozumienie ewolucji skał z punktu widzenia paleogeografii, tektoniki i procesów wtórnych. Specyficzne, magmowe struktury w masywach granitowych; geneza strefowości plutonów; rola enklaw, procesów częściowego topienia, mieszania się magm i homogenizacji; hybrydyzacja, zmienność składu mineralnego i chemicznego granitów w odniesieniu do skał źródłowych, a także ocena granitów pod kątem ich surowcowej użyteczności, to jedne z wielu tematów, które są dyskutowane w czasie warsztatów, bezpośrednio w miejscach występowania skał.

Organizatorami warsztatów *Eurogranites 2005* byli geolodzy fińscy z trzech instytucji: Uniwersytetu w Helsinkach i Muzeum Geologicznego w Helsinkach oraz Fińskiej Służby Geologicznej. Rolę głównego koordynatora pełnił prof. Tapani Rämö z Uniwersytetu w Helsinkach. Prowadzącymi zajęcia w terenie, oprócz prof. Tapani Rämö (granity proterozoiczne), byli dr Mikko Nironen z Fińskiej Służby Geologicznej (granity proterozoiczne), dr Jaana Halla z Muzeum Geologicznego (sanukitoidy), dr Laura Lauri z Uniwersytetu w Helsinkach (granity młodoarchaiczne), dr Asko Käpyaho z Fińskiej Służby Geologicznej (granity młodoarchaiczne), mgr Matti Kurhila z Uniwersytetu w Helsinkach (granity proterozoiczne), dr Peter Sorjonen-Ward z Fińskiej Służby Geologicznej (skały archaiczne), dr Olli Äikäs z Fińskiej Służby Geologicznej (staroproterozoiczne skały żyłowe) oraz gościnnie dr Brent Elliott z Uniwersytetu Północnej Alabamy z Florence (granity proterozoiczne).

W spotkaniu wzięło udział 47 osób (wraz z 7 osobami prowadzącymi) z 16 krajów świata, głównie z Europy. Najliczniej reprezentowane były kraje południowe, Hiszpania i Włochy. Uczestniczyło w nim też dwoje geologów ze Stanów Zjednoczonych oraz Japończyk, wieloletni szef Służby Geologicznej Japonii — Shunso Ishihara. Polskę reprezentowało dwoje geologów: Janina Wiszniewska z Państwowego Instytutu Geologicznego oraz Bogusław Bagiński z Uniwersytetu Warszawskiego.

Program warsztatów obejmował wstępne wykłady wprowadzające, które zostały zaprezentowane w przeddzień sesji terenowej, oraz 5-dniową wycieczkę terenową, podzieloną na kilka wiodących wątków tematycznych.

Prezentowane podczas warsztatów, różnorodne, plutoniczne skały magmowe (od typowych granitów, przez granodioryty, tonality, monzonity do diorytów i anortozytów) zostały uszeregowane w ten sposób, że w ciągu kolejnych dni uczestnicy zapoznawali się z coraz starszymi skałami, poczynając od granitów wieku mezoproterozoicznego aż do archaiku. Powiązane to było z systematycznym posuwaniem się wycieczki na północ. W Finlandii istnieje bowiem ścisła korelacja wieku skał z ich lokalizacją. Generalnie, im dalej na północ, tym ze starszymi utworami mamy do czynienia.

Najmłodszymi prezentowanymi skałami były granity rapakiwi, budujące olbrzymie batolity w okolicach Wyborga (średnica na obecnym poziomie intersekcji wynosi ponad 150 km). Nazwa masywu pochodzi od największego miasta leżącego w obrębie granic ciała magmowego, które usytuowane jest w Rosji, chociaż prawie 70% powierzchni masywu leży w granicach Finlandii. Wszystkie fińskie batolity granitów rapakiwi są zbudowane z kilku typów skał granitowych, intrudujących w różnych pulsach magmowych (w niewielkim odstępie czasu) w skały skonsolidowanego kilkaset milionów lat wcześniej krystaliniku. Głównym typem skalnym są tu granity, chociaż typowy dla formacji AMCG (anortozyt-mangeryt-charnockit-granit), zmienny skład obserwowany jest powszechnie. Skały granitowe geochemicznie są subaluminowe, typu anorogenicznego z dużą zawartością pierwiastków grupy HFSE* (*high field strenght elements*) i LREE (lekkie pierwiastki grupy ziem rzadkich) z wyjątkiem Eu. Wyróżnia je klasyczna tekstura rapakiwi, opisana po raz pierwszy przez J.J. Sederholma w 1891 r. Charakteryzuje ją obecność dużych porfirokryształów skalenia potasowego, otoczonych cienką obwódką z kwaśnego plagioklaz, oraz dodatkowo obecność dwu generacji skalenia potasowego i kwarcu (ryc. 1). Skały te są wieku 1,67–1,62 mld lat, chociaż w zachodniej Finlandii występują również nieco młodsze odmiany, stowarzyszone z batolitem Rygi (1,59–1,54 mld lat). Oprócz głównego typu skalnego, czyli granitów rapakiwi (zwanym wyborgitami), w obrębie batolitu Wyborga występuje kilka innych skał plutonicznych:

□ Pyterlity są odmianą bardziej kwaśną i tylko sporadycznie zawierającą typowe dla wyborgitów obwódki oligoklaz na skaleni potasowym. Stanowią niewielkie, kilkukilometrowej średnicy ciała w obrębie wyborgitów. Ciekawostką jest, że z tego typu skał zbudowano większość reprezentacyjnych gmachów w St. Petersburgu, a nazwa komercyjna tego atrakcyjnego wizualnie kamienia z okolic Virolahti to *Carmen Red*. Podczas wycieczki skały te obserwowaliśmy w okolicy Virolahti (ryc. 2);

□ Topazonośne granity alkaliczne (ryc. 3) i pegmatyty z okolic Kymi tworzą niewielkie ciała (do kilku kilometrów średnicy na obecnym poziomie intersekcji), przecinające zarówno wyborgity, jak i pyterlity, będące leukokratycznymi granitami alkalicznymi, zawierającymi w swym składzie między innymi litowe miki oraz akcesoryczny topaz, monacyt, kolumbit, toryt czy pirochlor.

□ Apofizy anortozytów i stowarzyszonych z nimi leukogabronorytów. Skały te, o wieku równym otaczającym je

*grupa kationów o małych rozmiarach i dużych ładunkach — należą tu REE, Th, U, Ce, Pb, Zr, Hf, Ti, Nb i Ta



Ryc. 1. Klasyczna tekstura rapakiwi w granicie z masywu Wyborga (czyli w wyborgicie) — okolice miejscowości Hamina w południowo-wschodniej Finlandii. Wszystkie fot. B. Bagiński



Ryc. 2. A — Kamieniołom pyterlitu Haikanvuori; **B** — pyterlit Haikanvuori z widocznymi, dużymi, różowymi skaleniami potasowymi. Niektóre skalenie mają charakterystyczne dla tekstury rapakiwi obwódki oligoklaznu



Ryc. 3. A — Kamieniołom granitów alkalicznoskaleniowych z topazem w masywie Kymi; **B** — Pegmatyt w granicy topazonośnym Kymi z widocznymi kryształami ciemnego biotytu, różowego skalenia potasowego i szklistego kwarcu

granitom rapakiwi, a wynoszącym 1633 ± 2 mln lat, są obiektem dużego zainteresowania, zwłaszcza kolekcjonerów kamieni szlachetnych. Otóż występujące w anortozytach zasadowe plagioklasy o składzie labradoru wykazują niecodzienną iryzację we wszystkich kolorach tęczy (ryc. 4*) i są wydobywane jako kamień szlachetny, a skała jest stosowana jako okładzina budowlana. Takie odmiany anortozytu, zwane spektrolitem, zaprezentowano uczestnikom warsztatów w kamieniołomie skał gabrowych i anortozytów Ylämaa.

Kolejne, starsze wiekowo granity występujące na obszarze Finlandii to granity postorogeniczne. Były one wraz z granitami późnoorogenicznymi tematem drugiego dnia warsztatów. Skały te występują na obszarze Finlandii w postaci nielicznych, niewielkich intruzji ostro tnących skały starszego proterozoiku. Kształt intruzji jest zwykle owalny, a średnica nie przekracza 15 km. Ich wiek określono na przedział od 1,815 do 1,760 mld lat. Postorogeniczne granity zawierają zmienną ilość SiO_2 (od 48 do 78% wagowych). Są bogate w alkalia, Ti, Ba oraz pierwiastki niekompatybilne. Odmiany bardziej maficzne wykazują dużą zawartość F, P, Ba, Sr i REE. Dane izotopowe wskazują na duży udział składników juwenilnych w formowaniu się tych magm.

Starsze od postorogenicznych granitów są późnoorogeniczne granity związane z ostatnim etapem konsolidacji krystaliniku tarczy bałtyckiej. Są to skały bogate w krzemionkę (od 65 do 77% wagowych SiO_2), peraluminowe, ze zmienną zawartością REE. Duża część tych skał ma cechy granitów typu S. Typowe dla nich są: granat (ryc. 5), kordieryt i muskowitz. Granity te tworzą pas o długości kilkuset kilometrów w południowej i południowo-wschodniej Finlandii. Symptomatyczny jest ścisły związek wartości inicjalnej ϵ_{Nd} **, mówiącej o materiale źródłowym, od bliskości występowania utworów archaicznych. Późnoorogeniczne granity w części najbardziej północnej, czyli graniczące z utworami archaicznymi, wykazują najniższe wartości ϵ_{Nd} , dochodzące do -6 , gdy na południu wartości te wynoszą ok. $-0,5$. Wyższe wartości ujemne wskazują na duży udział materiału archaicznego w składnikach, które stały się po częściowym przetopieniu źródłem magmy dla granitów postorogenicznych. Wiek tych skał, określony dla najmłodszych skał żyłowych kilkoma niezależnymi metodami, zarówno na cyrkonach, jak i monacytach, zawiera się w przedziale od 1,85 do 1,79 mld lat.

Kolejną grupą prezentowanych skał granitowych były granity synorogeniczne, wśród których wyróżnić można odmiany synkinematyczne i postkinematyczne. Cechą charakterystyczną odmian synkinematycznych jest intensywna foliacja, która w odmianach postkinematycznych jest prawie nieobecna (ryc. 6 i 7). Granity synkinematyczne datowano na przedział 1,89–1,87 mld lat, a postkinematyczne na 1,88–1,86 mld lat. Zazębiające się wieki świadczą o tym, że niektóre partie konsolidującej się struktury svekofeńskiej były poddawane penetratywnym deformacjom, podczas gdy na innych obszarach etap postkinematyczny został już osiągnięty. Największym ciałem magmowym, reprezentującym synorogeniczny typ granitów, jest duży, granitoidowy kompleks środkowej Finlandii, o powierzchni ponad 40 000 km². Główne odmiany petrograficzne skał tego

masywu to granity, granodioryty i tonality. Poszczególne intruzje w obrębie kompleksu są wielofazowe i wykazują zmienność składu od granitu w centrum do tonality w strefach zewnętrznych. Widać to było dobrze w odsłonięciach prezentowanego podczas trzeciego dnia warsztatów plutonu Jämsä. Geochemicznie odmiany synkinematyczne różnią się od postkinematycznych przesunięciem w składzie chemicznym ku odmianom mniej zasobnym w potas (od odmian shoshonitowych ku wapniowo-alkalicznym). Zawierają one więcej magnezu, a mniej żelaza, baru czy cyrkonu niż odmiany postkinematyczne. Te ostatnie wykazują wiele podobieństw do granitów rapakiwi, co wskazywałoby na ich anorogeniczny typ i sugerowało krystalizację relatywnie ubogich w fluidy magm, pochodzących z głębszych partii skorupy kontynentalnej.

Czwarty dzień warsztatów to dalsze cofnięcie się w historii geologicznej tarczy bałtyckiej. Poświęcony on został skałom paleoproterozoicznemu i archaicznemu. Główną atrakcją tego dnia, oprócz wizyty w znanym kurorcie Bomba, było zapoznanie uczestników imprezy ze skałami typu sanukitoidów. Dr Jaana Haala przybliżyła słuchaczom ciekawy problem tych skał granitowych o nietypowo wysokiej zawartości Mg, Ni, Cr, pierwiastków LILE (Sr, Ba, P) oraz LREE i stosunkowo niskiej zawartości SiO_2 (nie przekraczającej 64% wag.). Seria tych skał, nazywana sanukitową, znana jest w historii Ziemi jedynie z okresu młodszego archaiku (większość fińskich odmian intrudowała w wąskim zakresie 2,74–2,70 mld lat). Obszar ich występowania związany jest z południową granicą zasięgu skał archaicznych na tarczy bałtyckiej. Prezentowane podczas warsztatów skały sanukitoidowe należą do tzw. zachodniej strefy sanukitoidów, leżącej w obrębie struktury karelskiej. Odmiany zdeformowane (tzw. gnejsy oczkowe Pisa) uległy procesom metamorfizmu i deformacji oraz rekrystalizacji podczas starszego proterozoiku (ryc. 8). Niezdeformowane sanukitoidy, o składzie petrograficznym odpowiadającym charnockitom i enderbitom, zachowane zostały między innymi w obrębie kompleksu Lieksa, gdzie bardzo dobrze widoczne są przejścia od odmian niezdeformowanych, zawierających megakryształy ortoklazu, do silnie sfałdowanych gnejsów retrogresywnych, wykazujących wyraźne struktury S-C. Geneza sanukitoidów nie jest jeszcze precyzyjnie opracowana. Uważa się, że tak bogate w Mg, Ni i Cr kwaśne magmy mogły powstać z dyferencjacji zmetasomatyzowanego płaszczka, wzbogaconego w LILE i LREE wskutek oddziaływania z gnejsami TTG (tonalit-trondhjemit-granodioryt), stanowiącymi główny składnik utworów archaicznych na tym obszarze. Taka specyficzna apofiza płaszczka mogła powstać wskutek delaminacji dolnej partii skorupy lub oddziaływania gorącego strumienia ciepła *hot spot*.

Podczas wycieczki zapoznano uczestników nie tylko z proterozoicznymi lub archaicznymi granitami, lecz także z anorogenicznymi utworami z przełomu tych er. Powstały one dzięki procesom długotrwałego ryftingu kratonu archaicznego. Ich wiek jest ściśle sprecyzowany i wynosi 2,44 mld lat (jest więc już paleoproterozoiczny). Granit z Tuliniemet jest jednym z przedstawicieli tych utworów.

Piąty, ostatni dzień warsztatów dotyczył przede wszystkim skał archaicznych. Należy tu podkreślić, że najstarsze w Europie skały znajdują się właśnie na terenie Finlandii. Są to gnejsy Siura, datowane na 3,5 mld lat, należące do archaicznej struktury obejmującej fińską część Karelii (środkowa Finlandia) oraz północne obszary kraju (tu duża część zajmują również twory proterozoiczne). Struktura ta w przeważającej części zbudowana jest ze zmetamorfizowa-

*ryciny 4–9 zamieszczono na str. 175

**jest to miara składu izotopowego skały — w tym przypadku stosunek izotopów neodymu ($^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$) — w odniesieniu do tego samego stosunku w zbiorniku płaszczowym

nych (do szarych gnejsów) utworów TTG wieku około 2,9–2,7 mld lat. Jednak głównym tematem tego dnia były oczywiście skały granitowe i leukogranitowy magmatyzm, datowany na ok. 2,7 mld lat, który wiązany jest z procesami wysokiego stopnia metamorfizmu, obserwowanymi w środkowej Finlandii. Leukogranity tego obszaru wykazują podobieństwo geochemiczne do sanukitoidów, co sugeruje wpływ składników pochodzących z płaszcza, a jednocześnie mają wysoką zawartość K i są peraluminowe, co wskazywałoby na skorupowe pochodzenie materiału wyjściowego. Dylematu do końca nie wyjaśniają badania izotopowe. Wartości ϵ_{Nd} wskazują zarówno na źródło skorupowe (wartości ujemne — od –1 do –4 dla granitów z Koillismaa), jak i juwenilne (wartości od +0,7 do –2,5).

Bardzo ciekawe było ostatnie odsłonięcie, przedstawione uczestnikom *Eurogranites*. Był to kamieniołom mig-

matytów Kaihlankylä. Zdziwiła bogactwo tekstur migmatytów (ryc. 9), od prostych stromatytowych po skomplikowane stygmatyczne i flebitowe.

Ostatniego dnia należało „zwrócić” dystans, który przebyli uczestnicy podczas pięciu dni ciągłego posuwania się na północ. Ze względu na piękne krajobrazy i sprzyjającą pogodę 10-godzinna jazda z okolic Kuhmo do Helsinek nie była zbyt uciążliwa. Pozostały niezatarte wspomnienia nie tylko poznanych, ciekawych odsłonieć i kamieniołomów, ale też doskonałej organizacji i licznych atrakcji, z których bezsprzecznie największą była fińska sauna. Jej dobrodziejstwa mogli uczestnicy warsztatów doświadczać każdego wieczora.

Bogusław Bagiński & Janina Wiszniewska

Warsztaty naukowe *Eurogranites 2005* w Finlandii (patrz str. 111)



Ryc. 4. Megakryształ iryzującego labradoru (spektrolitu) w anortozycie z Ylämaa



Ryc. 5. Późnoorogeniczny granit Keittomäki typu S z licznymi granatami (brązowofioletowe). Wielkość próbki ok. 10 cm

Ryc. 6. Postkinematyczny, synorogeniczny, porfirowaty granit z plutonu Puula. Widoczne są typowe dla tekstury rapakiwi obwódki oligoklaz na skaleniu potasowym i brak foliacji

Ryc. 7. Synkinematyczny, synorogeniczny granodioryt z Kollinkangas. Widoczna typowa dla tej odmiany foliacja oraz niewielkie strefy ścinania

Ryc. 8. Gnejsy oczkowe strefy Pisa powstałe wskutek metamorfizmu i rekrytalizacji sanukitoidów (wysokomagnezowe, neoarchaiczne granodioryty i monzodioryty)

Ryc. 9. Migmatyt o teksturze ptygmatycznej z kamieniołomu Kaihlankylä. Wszystkie fot. B. Bagiński

