

Geologia archaicznych kompleksów skalnych w południowym Radżasthanie, NW Indie

Janina Wiszniewska*



W dniach 4–16.12.2006 r. w południowym Radżasthanie, w północno-zachodnich Indiach, odbywały się tygodniowe warsztaty terenowe w ramach rozpoczętej w 2006 r. współpracy naukowo-badawczej pomiędzy Polską i Indiami. Wspólny projekt jest zatytułowany *Petrogeneza i geotektonika magmatyzmu maficznego w proterozoicznych kratonach: NE Polski oraz północnych i centralnych Indiach — badania porównawcze*. W programie uczestniczą pracownicy naukowcy Państwowego Instytutu Geologicznego w Warszawie: doc. dr hab. Janina Wiszniewska i mgr Ewa Krzezińska oraz naukowcy z Wydziału Geologii Uniwersytetu w Delhi: prof. Talat Ahmad i mgr Akash Kumar.

Dla geologów z Polski, którzy mogą badać jedynie niewielkie fragmenty skał krystalicznych uzyskane z rdzeni z głębokich otworów wiertniczych w północno-wschodniej Polsce, wielkie znaczenie ma dostępność prekambryjskich skał w powierzchniowych odsłonięciach (patrz ryc. 1 i 2) na rozległych obszarach prekambryjskich kratonów w Indiach. Badanie indyjskich skał jest niezwykle pomocne w zrozumieniu procesów magmowych i związków pomiędzy różnymi typami skał. Współpraca naukowa i badania porównawcze magmatyzmu maficznego w Polsce i w Indiach są doskonałą sposobnością do odtworzenia środowisk geotektonicznych i ewolucji prekambryjskich terranów w innych, odległych częściach kuli ziemskiej. Poszerzają również naszą wiedzę o magmatyzmie w najstarszych, ciągle jeszcze słabo poznanych okresach historii Ziemi. Odtworzenie kształtu i położenia kontynentów w prekambryzu bazuje przede wszystkim na pomiarach geofizycznych, ale wobec braku informacji o strefach ryftowych lub strefach szwowych, zwykle podkreślonych aktywnością magmatyzmu maficznego, ich rekonstrukcja jest utrudniona lub wręcz niemożliwa.

Głównym celem polsko-indyjskiej kooperacji są więc wspólne badania geologiczne i petrologiczne oraz obserwacje rezultatów oddziaływania magmatyzmu maficznego występującego w obrębie prekambryjskiego kratonu wschodnioeuropejskiego w północno-wschodniej Polsce (próbki z wierceń) oraz w dobrze wyeksponowanych obszarach kratonicznych w Indiach: rejon Radżasthanu i strefa szwowa środkowych Indii, w obrębie kratonu Bundelkhand.

Jako pierwszy rejon wspólnych badań wybrano obszar południowego Radżasthanu. Jest to kraina półpustynna, sucha, ale niezwykle barwna, co uderza już po wyjściu z samolotu. Wielobarwne, obficie kwitnące krzewy bugenwilli, soczyste kolory kobiecych sari oraz upiętych na różne sposoby turbany Hindusów z okolic Udajpur, połączone z kolorem laterytowej zwierzeli (ryc. na stronie

okładkowej), z cudownym światłem i idealnie przejrzystym powietrzem stwarzają niepowtarzalne wrażenie dotykania i oglądania krainy „tysiąca i jednej nocy”. W surowym krajobrazie tego fascynującego stanu wyróżniają się Góry Aravalli, o przebiegu NE-SW w południowo zachodniej części stanu, oraz pustynia Thar na północ od grzbietu górskiego. W rejonie Udajpur (miasta jezior i pałaców) rozpoczęto badania geologiczne archaicznych, maficznych metawulkanitów z formacji Aravalli.

Ogólnie prekambryjskie skały masywu Aravalli można podzielić na cztery jednostki litologiczne (Heron, 1953).

1. Warstwowany kompleks gnejsowy (*Banded Gneiss Complex* — BGC) — ryc. 3, 4, 5, złożony z gnejsów granodiorytowych i granitów z żyłami pegmatytów, który zawiera liczne enklawy i inkluzje amfibolitów (ryc. 6), kwarcytów fuksytowych oraz skał węglanowych.

2. Skały systemu Aravalli — najstarsza jednostka suprakrustalna. Miejscami zawiera bazalne polimiktyczne konglomeraty przykryte przez kwarcyty, ale głównie składa się z okazałego pakietu zasadowych metawulkanitów (ryc. 2), które z kolei przykrywają osady węglanowe i argilitowe.

3. Skały serii Raialo są złożone głównie z osadów węglanowych. Przykrywają niezgodnie skały systemu Aravalli.

4. Skały systemu Delhi, złożone głównie z osadów arenitowych i węglanowych w dolnych częściach i z osadów argilitowych i węglanowych w górnej części, zalegają niezgodnie na skałach Raialo.

Pozycja wymienionych kompleksów skalnych jest ciągle jeszcze nie do końca zbadana i wciąż dyskutowana przez wielu badaczy. Na przykład skały BGC w opiniach wielu geologów nie są starszym podłożem, ale reprezentuje zmigmatyzowany odpowiednik młodszych skał suprakrustalnych. Jednakże występowanie lokalnych kątowych niezgodności pomiędzy BGC i nadległymi skałami suprakrustalnymi, a także pojawianie się konglomeratów Aravalli, pomiędzy kompleksem BGC i skałami suprakrustalnymi w wielu miejscach omawianego obszaru, przemawiają za uznaniem kompleksu gnejsowego BGC za najstarszy.

Skały formacji Aravalli zostały poddane trzem fazom fałdowań (Naha & Halyburton, 1974). Kompleks BGC na wschód od Udajpur i południe od Nathdwary zachowywał się jak sztywny, odporny fragment podłoża w porównaniu do suprakrustalnych skał nadległych, bardziej podatnych w czasie proterozoicznych deformacji (tzw. pierwszej fazy fałdowań Aravalli). Istnieją jednak obszary, gdzie można obserwować podobny styl tektoniczny, sekwencje i kierunki mezoskopowych fałdów, zarówno w gnejsach podłoża, jak i skałach metasedymentacyjnych, co wskazuje, że skały podłoża mogły być częściowo remobilizowane. Podobne cechy były dostrzegane na dużych obszarach centralnego Radżasthanu. Autorka miała sposobność oglądania odsłonięć ze zdeformowanymi plastycznie gnejsami BGC i bazalnymi skałami maficznymi Aravalli w pobliżu miej-

*Państwowy Instytut Geologiczny, ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa; Janina.Wiszniewska@pgi.gov.pl

scowości Kajiawas (ryc. 3). Skały suprakrustalne Aravalli i gnejsy BGC zostały zmetamorfizowane w facji amfibolitowej, co spowodowało, że maficzne inkluzje w gnejsach BGC oraz metawulkanity w podstawie formacji Aravalli mają podobną barwę, teksturę i mineralogię, a ponieważ się przeławicają, to oddzielenie podłoża od suprakrustalnej okrywy jest niejednokrotnie niemożliwe. Ahmad i Rajamani (1988) uważają, że pewna część skał BGC na tym obszarze uległa remobilizacji spowodowanej wysokim stopniem metamorfizmu (ryc. 7) oraz intruzją magmy granitowej wzdłuż stref kontaktowych. Twierdzą oni również, że front migmatytyzacji utrzymywał się na dużym obszarze w czasie powstawania ogromnych kompleksów kwarcytów Aravalli (ryc. 1). Geochronologia skał Aravalli nie jest całkowicie wyjaśniona. Wyniki badań izotopowych Sm-Nd i izotopów Pb wskazują, że kompleks BGC zawiera komponenty wieku wczesnoarchaicznego, dochodzące do 3,5 mld lat, a kompleks ten przecinają granitoidy wieku mezoproterozoicznego (Ahmad & Tarney, 1994). Ważnymi problemami do rozwiązania na tym terenie są chronologiczne i tektoniczne związki suprakrustalnych metawulkanitów Aravalli (ryc. 2) ze skałami BGC oraz pozycja maficznych enklaw w gnejsach BGC (ryc. 6).

Skały komatytowe (lub pikrytowe) w podstawie formacji Aravalli były przedmiotem badań terenowych podczas warsztatów (ryc. 8). Skały komatytowe z tego rejonu to skały ultramaficzne, wysokomagnezowe (>20% MgO) i ubogie w TiO_2 , które wykazują większy stopień frakcjonacji pierwiastków ziem rzadkich (REE) i z tego względu bardziej przypominają wysokomagnezowe lawy pikrytowe lub dajki związane z kontynentalnymi pokrywami bazaltów (CFB). W czasie obserwacji terenowych napotkano w rejonie miejscowości Dangella bardzo charakterystyczne, aczkolwiek rzadko spotykane w skali światowej, tekstury typu *spinifex* (Nesbitt, 1977), złożone ze szkieletowych, blaszkowych i niekiedy włóknistych wydzieleni oliwinu (ryc. 8). Takie krystaliczne tekstury typu *quench* mogły powstawać przy nagłym oziębianiu w warunkach podmorskich. Propozycją Komisji IUGS (Kerr & Arndt, 2001; Le Bas, 2001) jest nazywanie komatytami jedynie tych skał ultramaficznych, wysokomagnezowych (>18% MgO) i niskotytanowych (<1% TiO_2), które mają wydzielenia oliwinów o teksturze *spinifex*. Okazy komatytów z Dangella z unikatowymi teksturami *spinifex* wkrótce będą szczegółowo badane przez geologów polskich i indyjskich oraz wzbogacą kolekcję muzealną Państwowego Instytutu Geologicznego. Miejsca występowania archaicznych skał maficznych w południowym Radżasthanie są dobrze widoczne w terenie dzięki eksploatacji laterytu, powstałego w wyniku długotrwałego wietrzenia skał magmowych w warunkach klimatu tropikalnego. Czerwonobrazowa zwietrzelina laterytowa o składzie: hematyt, getyt, gibbsyt pokrywa skały maficzne i ultramaficzne warstwą dochodzącą niekiedy do kilku metrów miąższości. Lateryt jest eksploatowany w Indiach jako materiał do produkcji cegieł i utwardzania nawierzchni drogowych. Na obszarach Radżasthanu prace eksploatacyjne wykonują głównie kobiety, ubrane w kolorowe sari, przenosząc urobek w przeróżnych naczyniach i koszach na głowach (ryc. na okładce).

W drodze powrotnej do Delhi autorka zatrzymała się w stolicy Radżastanu — Dżajpur, gdzie odwiedziła Wydział Geologii Uniwersytetu Dżajpur i zapoznała się ze specyfiką pracy geologów indyjskich w Radżasthanie. Miasto Dżajpur (tzw. Różowe Miasto, z budynkami pomalowanymi na różowo z okazji wizyty księcia Alberta w 1883 r.), założony w 1728 r. maharadzą Sawaj Dżaj Singh II, wywodzący się z dynastii, która od X wieku rządziła tymi ziemiami z oddalonego o 11 km Amberu. Miasto było otoczone murami, a dostępu do niego strzegło siedem bram zachowanych do dziś. Miasto także obecnie jest rezydencją miejscowego króla, który udostępnia zwiedzającym część pałacu, w której można podziwiać kolekcje tkanin, dywanów, broni, obrazów i manuskryptów. Najsłynniejszym zabytkiem Dżajpuru jest przylegający do zewnętrznych murów pałacu królewskiego Hawa Mahal (Pałac Wiatrów; ryc. 9), zbudowany w 1799 r. dla kobiet dworskich, które zgodnie z zasadą *parda* musiały być osłaniane przed oczyma obcych. Z fasady tego wymyślnego architektonicznie budynku mogły one obserwować życie na głównej ulicy miasta, pozostając niewidocznymi.

Po powrocie do Delhi autorka artykułu spotkała się z dyrektorem Wydziału Geologii Uniwersytetu w Delhi — prof. A.M. Bholą i pracownikami naukowymi Zakładu Petrologii, którym przekazała materiały informacyjne o Państwowym Instytucie Geologicznym, a także wygłosiła godzinny wykład, współautorski z E. Krzemińską, zatytułowany *Ewolucja litosfery w prekambrze w północno-wschodniej Polsce*. Wykład zgromadził liczne grono słuchaczy, zarówno pracowników, jak i studentów wydziału, i wzbudził duże zainteresowanie, co zaowocowało interesującymi pytaniami słuchaczy i ciekawą dyskusją.

Współpraca naukowo-badawcza pomiędzy Polską a Indiami jest ważnym i bardzo potrzebnym przedsięwzięciem naukowym. Kooperacja pozwoli poznać ciekawe aspekty geologii powierzchniowego prekambru na subkontynencie indyjskim, który jest doskonałym punktem odniesienia do badań prekambryjskich skał podłoża krystalicznego w NE Polsce, całkiem przykrytych utworami fanerozoiku.

Literatura

- AHMAD T. & RAJAMANI V. 1988 — Geochemistry and petrogenesis of the Mandior Darla volcanics, northwestern Himalayas. *Precambrian Res.*, 37: 231–256.
- AHMAD T. & TARNEY J. 1994 — Geochemistry and petrogenesis of late Archean Aravalli volcanics, basement enclaves and granitoids, Rajasthan. *Precambrian Res.*, 65: 1–23.
- HERON A.M. 1953 — Geology of Central Rajputana. *Geol. Surv. India. Mem.*, 79.
- KERR A.C. & ARNDT N.T. 2001 — A note on the IUGS Reclassification of the High-Mg and Picritic Volcanic Rocks. *J. Petrol.*, 42, 11: 2169–2171.
- LE BAS M.J. 2001 — Reply to Comment by Kerr and Arndt. *J. Petrol.*, 42, 11: 2173–2174.
- NAHA K. & HALYBURTON R.V. 1974 — Early Precambrian stratigraphy of central and southern Rajasthan, India. *Precambrian Res.*, 1: 55–73.
- NESBITT R.W. 1977 — Skeletal crystal forms in the ultramafic rocks of the Yilgarn Block, Western Australia: Evidence for an Archean ultramafic liquid. *Geol. Soc. Aust. Spec. Publ.* 3: 331–347.

Praca wpłynęła do redakcji 18.01.2006 r.
Akceptowano do druku 29.01.2006 r.



Ministerstwo Środowiska

przegląd **GEOLOGICZNY**

PISMO INFORMACYJNE PAŃSTWOWEJ SŁUŻBY GEOLOGICZNEJ



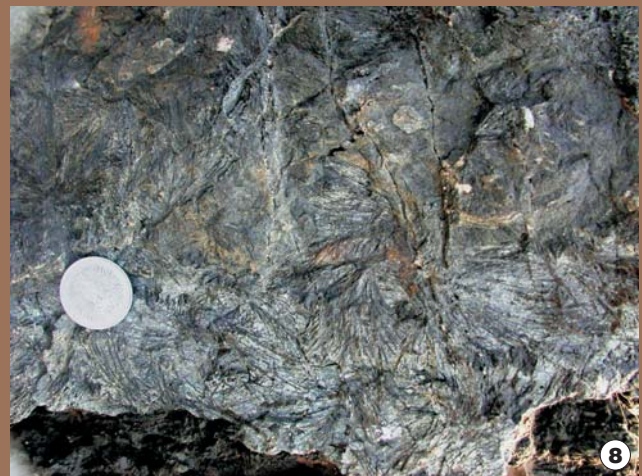
TOM 55 • NR 2 (LUTY) • 2007

Cena 12,00 zł
(w tym 0% VAT)

Indeks 370908
ISSN-0033-2151

Zdjęcie na okładce: Hinduskie kobiety zatrudnione przy eksploatacji zwierzeliny laterytowej w rejonie wioski Rakhiawal na wschód od Udajpur, SW Radżasthan, północne Indie. Fot. J. Wiszniewska

Geologia archaicznych kompleksów skalnych w południowym Radżasthanie, NW Indie (patrz str. 119)



Ryc. 6. Ogromna (700×300 m) enklawa amfibolitowa w gnejsach BGC, uważana przez badaczy tego regionu (T. Ahmada i J. Tarneya) za „dajkę-matkę” (*feeder dike*) bazalnych wulkanitów Aravalli. Wieś Nahar Magra w pobliżu Marvalli

Ryc. 7. Granodiorytowy gnejs migmatytowy, z asymetrycznym fałdem zamkniętym, z formacji BGC w miejscowości Nahar Magra w pobliżu Marvalli

Ryc. 8. Tekstura typu *spinifex* w archaicznych komatytach. Wydłużone i włókniste skupienia oliwinu utworzone w wyniku nagłego oziębiania w warunkach podmorskich (strefa *chilled margin*). Nieopodal wsi Dangella

Ryc. 9. Dżajpur, tak zwane Różowe Miasto — stolica Radżasthanu. Pałac Hawa Mahal (Pałac Wiatrów), najsłynniejsza XVIII-wieczna budowla w centrum miasta, służąca kobietom zamkniętym w pałacu królewskim do obserwowania życia w mieście, pozostawiając je niewidocznymi za przysłoniętymi oknami