

Paleozoiczna Akrecja Polski — podsumowanie projektu

Jerzy Nawrocki*, Andrzej Żelaźniewicz**



J. Nawrocki



A. Żelaźniewicz

Trzyletni projekt *Paleozoiczna Akrecja Polski* (PAP), został zamówiony przez Ministerstwo Środowiska i ustanowiony jako celowy przez Komitet Badań Naukowych w 2001 r. Budżet projektu wynosił niespełna 3 miliony złotych. Instytucjami

finansującymi badania były Komitet Badań Naukowych i Ministerstwo Środowiska przy udziale Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej. Po procedurze przetargowej prowadzenie projektu PAP powierzono Państwowemu Instytutowi Geologicznemu. Jednak znaczna część spośród ponad siedemdziesięciu indywidualnych wykonawców pochodziła z innych instytucji naukowych, w tym z Instytutu Nauk Geologicznych PAN, z Uniwersytetu Warszawskiego, Uniwersytetu Wrocławskiego, Uniwersytetu Śląskiego i z Geonafty. W trakcie realizacji projektu współpracowano również z geologami z Czech, Ukrainy i Litwy.

Naczelną ideą projektu było powtórne zbadanie nowoczesnymi metodami materiału wiertniczego zgromadzonego w ciągu ostatnich kilkudziesięciu lat. Głównym celem projektu było natomiast stworzenie nowej bazy danych, koniecznej dla zweryfikowania istniejących koncepcji rozwoju paleogeograficznego obszaru polskiej części platformy paleozoicznej, z wyłączeniem jej sudeckiej części. Objęto nimi zwłaszcza skały wieku od ediakaru do wczesnego dewonu. Kolekcję próbek skalnych do różnorodnych analiz pozyskano z archiwalnych rdzeni wiertniczych oraz uzupełniano próbkami z nielicznych wychodni, tam gdzie zamierzone badania wymagały dostępu do skał *in situ*.

Badania weryfikujące terranowy model podłoża platformy paleozoicznej miały wykazać między innymi, czy poszczególne elementy zapisu geologicznego są swoiste dla poszczególnych bloków tektonicznych, podejrzanych o terranową genezę, czy też wspólne dla całego obszaru badań. Wyniki prac analitycznych posłużyły określeniu obszarów źródłowych materiału detrytycznego, zdefiniowaniu cech geotektonicznych obszarów alimentacyjnych oraz paleoszerokości geograficznych miejsc, w których uzyskano pozytywne wyniki badań paleomagnetycznych. Ilość oznaczeń geochemicznych i datowań izotopowych minerałów detrytycznych wykonanych dla potrzeb projektu PAP przekracza wielokrotnie ilość tego typu analiz, które wykonano na skałach paleozoicznych ze strefy transeuropejskiego szwu tektonicznego w ramach wcześniej realizowanych międzynarodowych projektów badawczych, jak EUROPROBE czy *Paleozoic Amalgamation of Central Europe*. I tak na przykład dla potrzeb projektu PAP w kanadyjskich laboratoriach ACME i

ACTLABS wykonano ponad 500 szczegółowych analiz geochemicznych. Na blisko 100 próbkach detrytycznych łyszczyków wykonano, w Instytucie Badań Nuklearnych Węgierskiej Akademii Nauk, badania wieku izotopowego metodą K-Ar. Na 30 próbkach cyrkonów ze skał osadowych i magmowych przeprowadzono badania izotopowe metodą U-Pb, na urządzeniu SHRIMP-II, w laboratorium Australijskiego Uniwersytetu Narodowego (RSES ANU). W tymże laboratorium wykonano także datowanie minerałów z dalszych 6 próbek skalnych metodą Ar-Ar.

Obszar, na którym prowadzono badania projektu PAP, obejmował pozasudecką część platformy paleozoicznej wraz ze strefą brzeżną kratonu wschodnioeuropejskiego. Niektórymi badaniami objęto również wychodnie skał paleozoicznych w Czechach, na Ukrainie i w krajach nadbałtyckich. Projekt składał się z następujących dziesięciu zadań głównych:

1. Budowa geologiczna bloku górnośląskiego i południowej części bloku małopolskiego — model tektonogeny przedwaryscyjskiej.
2. Geofizyczno-geologiczny obraz strefy rozłamowej Kraków–Lubliniec.
3. Cykle sedymentacyjne, zapis petrologiczny, geochemiczny i paleotermiczny w utworach starszego paleozoiku bloku małopolskiego i jednostki łysogórskiej.
4. Rozwój strukturalny i ewolucja kierunków naprężeń tektonicznych w przedpermskiej sekwencji osadowej brzeżnej części kratonu wschodnioeuropejskiego.
5. Ewolucja tektoniczna pomorskiego segmentu szwu transeuropejskiego zapisana w osadach basenów paleozoicznych.
6. Osady facji old redu w Polsce — systemy depozycyjne, źródła materiału klastycznego i tektoniczne uwarunkowania depocentrow.
7. Geologiczno-geofizyczny obraz zewnętrznej strefy polskiego waryscykum.
8. Ewolucja geologiczna zapadliska górnośląskiego w świetle wyników modelowań termicznych i tektonicznych.
9. Paleozoiczna Akrecja Polski — prace uzupełniające.

Wybrane wyniki badań prowadzonych w ramach projektu PAP

Badania geochemiczne. Badaniami geochemicznymi objęto między innymi skały ediakaru, kambru i ordowiku z bloku małopolskiego i górnośląskiego, skały syluru z Gór Świętokrzyskich, skały wyższego ordowiku i syluru z obszaru pomorskiego oraz skały karbońskie z obszaru eksternidów waryscyjskich.

Nowe dane geochemiczne i petrologiczne z bloku małopolskiego wskazują, że osady kambru i dolnego ordowiku są osadami drugiego cyklu, których źródłem jest pasywny brzeg kontynentu, natomiast skały wendyjskie należą do osadów pierwszego cyklu. Ich źródłem było środowisko aktywne tektonicznie (Krzemiński [In:] Nawrocki i in., 2005). Osady ordowickie i sylurskie strefy Koszalin–Chojnice oraz równoległe utwory detrytyczne zachodniego basenu bałtyckiego mają bardzo zbliżoną charakterystykę geochemiczną. Obszary te zasilane były

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

**Instytut Nauk Geologicznych PAN, ul. Podwale 75, 50-449 Wrocław

przez ten sam obszar źródłowy, bądź przez obszary źródłowe o podobnych cechach. Elementem budowy obszaru źródłowego dla materiału detrytycznego strefy Koszalin–Chojnice i basenu bałtyckiego, dominującym w sygnale geochemicznym, jest kontynentalny łuk wyspowy, który można wiązać z ordowickim rozwojem strefy kolizji między Awalonią i Baltiką (Krzemiński i Poprawa [In:] Nawrocki i in., 2005). Nie ma różnicy między zapisem geochemicznym charakteryzującym ludlowskie szarogłazy z regionów kieleckiego i łysogórskiego Gór Świętokrzyskich. Zapis ten wskazuje na geotektonicznie aktywne środowisko (łuk wysp), które alimentowało materiał detrytyczny (Kozłowski i in. [In:] Nawrocki i in., 2005). Zapis geochemiczny w strefie wenlockiego wymierania graptolitów *lundgreni* jest identyczny w profilach syluru z obydwu regionów Gór Świętokrzyskich. Nie różni się on od zapisu charakterystycznego dla płyty bałtyckiej (Porębska [In:] Nawrocki i in., 2005). Nie stwierdzono też żadnych różnic w składzie geochemicznym skał karbońskich położonych na północ i na południe od uskoku Dol-ska (Krzemiński [In:] Nawrocki i in., 2005).

Badania wieku izotopowego. Metodą K-Ar badano wiek detrytycznych muskowitów pozyskanych ze skał osadowych kambru i syluru z Gór Świętokrzyskich, z obszaru pomorskiego oraz ze skał dolnego dewonu z wielu miejsc zachodniego skraju kratonu wschodnioeuropejskiego i platformy paleozoicznej. Muskowity ze skał osadowych kambru z kieleckiej części Gór Świętokrzyskich ujawniły nie notowane dotychczas wczesnomezoproterozoiczne daty (Nawrocki i in. [In:] Nawrocki i in., 2005). Wskazują one na źródła ulokowane najprawdopodobniej na kratonie wschodnioeuropejskim. Inne, środkowoneoproterozoiczne spektrum wiekowe otrzymano dla ziaren muskowitu wyseparowanych z osadów sylurskich Gór Świętokrzyskich (Kozłowski i in. [In:] Nawrocki i in., 2005). Daty te wskazują, że znajdujący się na zachód od Gór Świętokrzyskich sylurski kontynentalny łuk wyspowy powstał na kadomskiej skorupie, podobnej do tej jaką ma Brunowistulikum. Stałą obecność bliskiego kadomskiego źródła rejestrują wszystkie zbadane próbki klastycznych skał osadowych ediakaru, kambru, ordowiku i syluru z Górnego Śląska, z Małopolski i ze skłonu kratonu wschodnioeuropejskiego.

Jaskrawy kontrast stanowią daty K-Ar uzyskane z detrytycznych, jasnych łyszczyków ze skał klastycznych old redu opróbowanych na ogromnym obszarze (Norwegia, Estonia, Polska, Ukraina, NW Turcja), które mieszczą się wyłącznie w wąskim przedziale późny ordowik–wczesny sylur (Kusiak i Paszkowski [In:] Nawrocki i in., 2005). Świadczy to o zasadniczej przebudowie systemu depozycyjnego kontynentalnych osadów we wczesnym dewonie.

Wyniki datowań metodą Ar-Ar przyniosły między innymi potwierdzenie, zakładanego przez część geologów, sylurskiego wieku intruzji diabazowej z synkliny bardzkiej (region kielecki Gór Świętokrzyskich) (Nawrocki i in. [In:] Nawrocki i in., 2005).

Datowaniami populacji ziaren cyrkonu metodą U-Pb na urządzeniu SHRIMP-II objęto próbki pochodzące z osadowych skał ediakaru, kambru, ordowiku i syluru, oraz z prekambryjskich granitoidów, bloku górnośląskiego i z waryscyjskich granitoidów bloku małopolskiego w pobliżu strefy Kraków–Lubliniec. Otrzymane ze skał ediakaru i kambru bloku małopolskiego i górnośląskiego, a także ze skłonu kratonu wschodnioeuropejskiego spektra wiekowe zawierają wiele podobnych proterozoicznych dat, co przemawia za bliskością paleogeograficzną tych obszarów począwszy od neoproterozoiku (Żelaźniewicz;

[In:] Nawrocki i in., 2005). Wśród cyrkonów wyseparowanych z dolnokambryjskiej formacji żarnowieckiej, nawierconej w otworze Słupsk IG-1, znajdują się takie, które musiały pochodzić ze sfekonorwidów. Wspiera to koncepcje, które zakładają, że paleozoiczne serie Pomorza Zachodniego rozwinęły się na podłożu bałtyckim (Poprawa i in. [In:] Nawrocki i in., 2005).

Badania paleontologiczne. Badaniem paleontologicznymi objęto między innymi skały kambryjskie (fauna trylobitowa i akritarchy), ordowickie (fauna chitinozoa), sylurskie (graptolity z wiekowego sąsiedztwa zdarzenia *lundgreni*), dolnodewońskie i karbońskie (palinomorfy). W osadach dolnego dewonu badano również skamieniałości śladowe. Prowadzone badania pozwoliły na uściślenie schematów stratygraficznych. Jednym z ważniejszych rezultatów było udokumentowanie paleontologiczne skał osadowych kambru górnego nawierconych w płytkim otworze Lenarczyce PIG-1 ulokowanym w regionie kieleckim Gór Świętokrzyskich (Trela i in. [In:] Nawrocki i in., 2005).

Badania tektoniczno-strukturalne. Przedmiotem badań tektoniczno-strukturalnych były między innymi skały neoproterozoiczne bloku górnośląskiego i bloku małopolskiego, skały paleozoiczne Gór Świętokrzyskich i strefy Koszalin–Chojnice oraz skały karbońskie z wielkopolskiej i śląsko-morawskiej gałęzi eksternidów waryscyjskich.

Stwierdzono, że deformacja skał kambru jednostki kieleckiej Gór Świętokrzyskich obejmowała co najmniej dwa etapy fałdowo-nasuwcze, o różnej skali i kinematyce, co działo się po późnym kambrze ale przed arenigiem. Deformacja kambru łysogórskiego pasma głównego, podobnie jak kambru kieleckiego, była również kilkietapowa (Jarsiński i in. [In:] Nawrocki i in., 2005). Badania strukturalne (meta)osadowych skał neoproterozoicznych z obszaru bloków górnośląskiego i małopolskiego wskazują, że w obrębie obu jednostek przeszły one podobne deformacje i metamorfizm (Żaba [In:] Nawrocki i in., 2005). Główne fałdowanie łączyło się z rozwojem charakterystycznie stromo ustawionego kliważu osiowego. W stosunku do tego kliważu najstarsze skały pokrywają paleozoicznej na obu blokach leżą ponad nimi zawsze niezgodnie.

Wyniki badań prowadzonych w obrębie eksternidów waryscyjskich wykazały między innymi, że inwersja basenu karbońskiego W i SW Polski oraz główna faza tektoniki nasuwczą-fałdowej nastąpiła w westfalu C lub po westfalu C lecz jeszcze przed permem, a basen karboński zachodniej Polski nie stanowił bezpośredniego przedłużenia niemieckiej strefy renohercyńskiej (Aleksandrowski i in. [In:] Nawrocki i in., 2005). Nie znaleziono w rdzeniach dowodów na założenie tego basenu wcześniej niż w wizenie, podczas gdy basen renohercyński obejmuje przedorogeniczne i synorogeniczne osady dewonu i najniższego karbonu.

Szczegółowe studium strukturalne formacji hornobeneszowskiej i andelskohorskiej Gór Opawskich ujawniły co najmniej pięć waryscyjskich wydarzeń tektonicznych (Żaba i in. [In:] Nawrocki i in., 2005). Najstarsze z nich wykazują ścisły związek z wczesnokarbońskim, skośnym podsuwaniem terranu Brunovistulicum pod krystaliczne utwory Moldanubicum/Lugicum i formowaniem się kontynentalnej przyzmy akrecyjnej, natomiast wydarzenia młodsze wiążą się z „wypychaniem” przyzmy i późnokarbońską dekstralną transpresją.

Badania strukturalne paleozoiku ze strefy Koszalin–Chojnice ujawniły fałdową i fałdowo-nasunięciową budowę strukturalną utworów ordowickich. Stopień kompli-

kacji strukturalnej jest tutaj wyraźnie większy niż w utworach młodszych. Świadczy to o tym, że utwory ordowickie zostały objęte deformacjami tektonicznymi jeszcze przed rozpoczęciem sedimentacji osadów sylurskich, co należałoby łączyć z dołączeniem terranu Wschodniej Awalonii do Bałtyki (Żaba; [In:] Nawrocki i in., 2005).

Badania paleomagnetyczne. Przedmiotem badań paleomagnetycznych były: skały klastyczne kambru z południowej części Gór Świętokrzyskich, Górnego Śląska i Estonii, dewońskie skały węglanowe, dolnopaleozoiczne skały magmowe z Moraw, oraz neoproterozoiczne bazalty z Janowej Doliny (NW Ukraina). W oparciu o dane z bazaltów zrewidowano położenie paleogeograficzne płyty bałtyckiej na przełomie wendu i kambru (Nawrocki i in. [In:] Nawrocki i in., 2005). Biegun paleomagnetyczny wyodrębniony na podstawie mułowców dolnego kambru regionu kieleckiego Gór Świętokrzyskich (Nawrocki i in. [In:] Nawrocki i in., 2005) wskazał na przybałtycką lokalizację tego obszaru co najmniej od wczesnego kambru, natomiast biegun górnośląski implikuje znaczne pokambryjskie rotacje tej jednostki, związane zapewne z przemieszczeniami wzdłuż strefy uskoku Kraków–Lubliniec.

Wnioski końcowe

Głównym celem projektu *Paleozoiczna Akrecja Polski* była weryfikacja terranowego modelu budowy platformy paleozoicznej. Wyniki przeprowadzonych badań potwierdzają w pełni egzotyczny charakter w stosunku do Baltiki tylko bloku Brunovistulikum. Blok ten, który zakończył swój rozwój tektonotermiczny intruzjami postorogenicz-

nych granitów wieku 580–545 Ma, nie był jednak nigdy daleko od dzisiejszej SW krawędzi płyty bałtyckiej. Należał on do obszarów źródłowych zasilających skały klastyczne Górnego Śląska i Małopolski od ediakaru po sylur włącznie. Blok górnośląski zajął swoją współczesną pozycję przy bloku małopolskim jeszcze przed emsem.

Bloki pomorski i małopolski można rozpatrywać co najwyżej w kategorii terranów proksymalnych. Pierwszy z nich, o podłożu bałtyckim, prawdopodobnie nigdy nie zmienił swojej pozycji względem kratonu wschodnioeuropejskiego będąc dzisiaj jego pograżoną częścią. Podobną genezę miał najprawdopodobniej również blok małopolski. Choć nie można wykluczyć wielkoskalowego przemieszczenia tej jednostki wzdłuż SW krawędzi płyty bałtyckiej w późnym neoproterozoiku, to nie znaleziono dowodów na poparcie takiej tezy. Jednym z istotnych wniosków wniesionym przez projekt PAP jest stwierdzenie, że bardzo ważnym, do tej pory niezbyt zauważanym, etapem rozwoju geologicznego strefy TESH był właśnie etap neoproterozoiczny.

Wybrane wyniki projektu PAP są dostępne na stronie internetowej Departamentu Geologii i Koncesji Geologicznych MŚ (www.mos.gov.pl/dgikg/). Na stronie tej, po publikacji najważniejszych elementów opracowania końcowego PAP, zostanie również udostępnione łącze do bazy danych geochemicznych i izotopowych.

Literatura

NAWROCKI J. i in. 2005 — Raport końcowy projektu celowego zamawianego Paleozoiczna Akrecja Polski. CAG Państw. Inst. Geol.