

Polski szew

■ Aleksander Guterch, Marek Grad 2004-10-06

Człowiek nigdy nie opuści Ziemi, musi więc poznać dokładnie jej wnętrze, aby w sposób racjonalny gospodarować jej zasobami i umiejętnie sterować przyszłym rozwojem cywilizacyjnym świata.



Erozja plateau spowodowała utworzenie kanionu, przez który przechodził profil sejsmiczny (źródło: www.republika.pl)

Potrzebna jest nam wiedza o strukturze, procesach i ewolucji całej zewnętrznej powłoki naszej planety, którą stanowi litosfera, sięgająca na kontynentach średnio do głębokości 100-150 km. Temu celowi służyła seria wielkich międzynarodowych eksperymentów sejsmicznych – POLONAISE’97, CELEBRATION 2000, ALP 2002, SUDETES 2003 – zrealizowanych w ostatnich latach na obszarze Europy Centralnej z inicjatywy i pod kierunkiem polskich instytucji naukowych.

W strukturze geologicznej Europy obszar Polski ma kluczowe znaczenie dla zrozumienia budowy i ewolucji tektonicznej całego kontynentu, a w szczególności Europy Centralnej. Na obszarze Polski graniczą bowiem ze sobą trzy główne jednostki tektoniczne budujące kontynent europejski. Są to:

- § stara platforma prekambryjska Wschodniej Europy, nazywana również kratonem wschodnioeuropejskim, licząca około miliarda lat,
- § platforma paleozoiczna Centralnej i Zachodniej Europy, (około trzystu milionów lat) oraz
- § najmłodszy górotwór alpejski – Karpaty.

Strefa kontaktu kratonu wschodnioeuropejskiego z platformą paleozoiczną, o rozciągłości ponad 2000 km, przecinająca kontynent europejski od północnego zachodu na południowy wschód – od Wysp Brytyjskich po Morze Czarne, nosi nazwę szwu transeuropejskiego (**Trans-European Suture Zone**). Strefa ta biegnie prawdopodobnie dalej na zachód od Wysp Brytyjskich, po drugiej stronie Atlantyku, wchodząc w orogen Appalachów na kontynencie północno-amerykańskim. Znana na obszarze Polski strefa **Teisseyre’a-Torquista** wchodzi w skład szwu transeuropejskiego. Przejście od starych struktur prekambryjskich Europy Wschodniej do młodych struktur

paleozoicznych Europy Centralnej i Zachodniej przez strefę transeuropejskiego szwu charakteryzuje się ogromną zmianą własności fizycznych całej litosfery. Zmiany te są drastyczne i trudne do interpretacji. Ich konsekwencją jest powstanie w strefie transeuropejskiego szwu na obszarze Polski niezwykle złożonych struktur litosfery o niespotykanych w innych rejonach Europy kontrastach. Przecinająca obszar Polski od północnego zachodu na południowy wschód, transeuropejska strefa szwu, o szerokości 100-150 km, stanowi więc unikatowe, naturalne laboratorium do badań procesów tektonofizycznych zachodzących we wnętrzu Ziemi i kształtujących jej oblicze. Jest to główna struktura geologiczna kontynentu europejskiego na północ od Alp, której korzenie sięgają do 100-200 km w głąb Ziemi. Szczególne cechy litosfery charakterystyczne dla polskiego odcinka transeuropejskiego szwu wywołują wzmożone zainteresowanie międzynarodowej społeczności geologów i geofizyków.

Teleskop w dół!

Współczesne badania geologiczne i geofizyczne muszą przekroczyć dotychczasową barierę technologiczną i zdecydowanie zwiększyć zasięg dokładnej penetracji głębokich struktur litosfery Ziemi. Główne przedsięwzięcia badawcze służące temu celowi to głębokie wiercenia i towarzyszące im wielodyscyplinarne badania geofizyczne w otworach wiertniczych oraz nowoczesne głębokie badania sejsmiczne. Są to przedsięwzięcia badawcze niezwykle kosztowne, pod względem technologicznym bardzo złożone i stąd wymagające szerokiej współpracy międzynarodowej. Wyniki badań osiągnięte tymi metodami stanowią podstawę dla wielu specjalizacji z zakresu nauk o Ziemi oraz mają wybitne znaczenie strategiczne, zarówno dla badań podstawowych, jak i aplikacyjnych. Są to zadania o priorytetowym znaczeniu w naukach o Ziemi. W Stanach Zjednoczonych sformułowano nowy 10-letni program badań litosfery Ziemi, znany jako „US Array”. Program ten zmierza do opracowania trójwymiarowego obrazu budowy litosfery dla kontynentu amerykańskiego, opartego na ścisłych podstawach fizycznych, którego zadaniem jest zbudowanie podstaw dla dalszego rozwoju cywilizacyjnego w wielu aspektach, od dokumentacji zasobów energetycznych i ich genezy, do ścisłego określenia zagrożeń sejsmicznych i ewolucji Ziemi. Znaczące koszty programu „US Array” są porównywalne do przedsięwzięcia, jakim w badaniach kosmicznych jest teleskop Hubble’a. „US Array” jest swego rodzaju „teleskopem” skierowanym do wnętrza Ziemi, o którym ciągle za mało wiemy.

Wiekopomne eksperymenty

W latach 1997-2003 zostały zrealizowane na obszarze Europy Centralnej, ze szczególnym uwzględnieniem obszaru Polski, cztery wielkie sejsmiczne projekty badawcze, znane jako eksperymenty sejsmiczne POLONAISE'97, CELEBRATION 2000, ALP 2002 i SUDETES 2003. Badania przeprowadzono z inicjatywy i pod kierunkiem polskich instytucji naukowych oraz Stowarzyszenia dla Głębokich Badań Geologicznych i Geofizycznych, które zorganizowano specjalnie dla tych właśnie celów badawczych. W sejsmicznych badaniach eksperymentalnych narzędziem badawczym są fale sprężyste, sztucznie wzbudzone przy użyciu materiałów wybuchowych w otworach wiertniczych. Fale te rozchodzą się z prędkościami od 2-3 km/s w warstwach przypowierzchniowych, do około 8,5 km/s w dolnej litosferze na głębokości około 100 km (fale podłużne). Fale te są rejestrowane przez stacje sejsmiczne rozstawione wzdłuż linii profilowych nawet w odległościach do 1000-1500 km od punktów wzbudzenia. Analiza zapisów rejestrowanych fal sejsmicznych w takim układzie pomiarowym pozwala na określenie

struktury i własności fizycznych litosfery do głębokości rzędu 100 km.

Sejsmicznymi badaniami eksperymentalnymi objęto wszystkie ważniejsze struktury geologiczne Europy Centralnej, położone między Bałtykiem i Adriatykiem, na obszarze Polski, Słowacji, Czech, Węgier, Austrii, Słowenii, Chorwacji i południowo-wschodnich Niemiec, oraz Litwy, Białorusi i zachodniej Rosji. Jest to obszar o największych kontrastach w budowie litosfery kontynentu europejskiego. Sejsmiczne profile przecięły przede wszystkim południowo-zachodni skłon kratonu wschodnioeuropejskiego, transeuropejską strefę szwu, Karpaty i ich przedpole, Sudety, masyw czeski, basen panoński i Alpy Wschodnie. W sejsmicznych pracach eksperymentalnych wzięło udział ponad 30 instytucji z 15 krajów europejskich oraz z Ameryki Północnej (Austria, Białoruś, Czechy, Chorwacja, Dania, Finlandia, Kanada, Litwa, Niemcy, Polska, Rosja, Słowacja, Słowenia, Turcja, Węgry i USA). Do przeprowadzenia sejsmicznych prac rejestracyjnych zdołano zgromadzić rekordową liczbę najnowocześniejszych stacji sejsmicznych pochodzących głównie z amerykańskich centrów badawczych, a także z Kanady i Europy.

Na całym obszarze między Bałtykiem i Adriatykiem przygotowano i zrealizowano blisko 300 punktów strzałowych generujących fale sejsmiczne. Prace rejestracyjne wykonano wzdłuż linii profilowych o łącznej długości ok. 20 tys. km. Są to eksperymenty sejsmiczne nowej generacji spełniające najwyższe standardy techniczne i dokumentacyjne.

Program sejsmicznych badań litosfery na obszarze Europy Centralnej zrealizowany z inicjatywy i pod kierunkiem polskich instytucji naukowych nie ma precedensu w skali światowej. Dla przykładu, eksperyment sejsmiczny CELEBRATION 2000 (Central European Lithospheric Experiment Based on Refraction), realizowany od 1 czerwca do 3 lipca 2000 r. na obszarze 8 krajów (około 700.000 km²) z udziałem ponad 1000 geofizyków, inżynierów i techników, przy użyciu 1240 stacji sejsmicznych (około 70% zasobów światowych) i około 150 punktów strzałowych generujących fale sejsmiczne, został uznany za największe przedsięwzięcie badawcze tego typu w historii geofizyki światowej.

Wyniki przeczą wiedzy

Dzięki zastosowaniu oryginalnej metodyki badań i rekordowej liczby nowoczesnej aparatury sejsmicznej, stała się możliwa także konstrukcja przestrzennych obrazów litosfery dla wybranych regionów Europy Centralnej. Stwierdzono, między innymi, że wielki basen osadowy na obszarze Polski osiąga nawet ponad 20-kilometrowe grubości. Określone zostały bardzo dokładnie własności tektonofizyczne litosfery w transeuropejskiej strefie szwu do głębokości ok. 100 km. Przedstawiono nowe, dobrze udokumentowane, modele geodynamiczne oraz ich relacje do czołowych jednostek geologicznych Europy Centralnej.

Złożony proces modelowania sejsmicznych pól falowych, realizowany przy użyciu nowoczesnych procedur interpretacyjnych, jest już znacznie zaawansowany. W latach 1998-2004 wyniki tych badań prezentowano na wszystkich najważniejszych sympozjach i kongresach międzynarodowych, w tym także na specjalnych sesjach w Europie i USA. Osiągnięte dotąd wyniki badań, zaprezentowane w dwudziestu kilku publikacjach w najważniejszych czasopismach międzynarodowych, zmieniają zasadniczo wyobrażenie o głębokich strukturach litosfery Europy Centralnej. Trwają dalsze prace interpretacyjne oraz syntezy otrzymanych wyników badań, w których bierze udział kilkudziesięcioosobowy zespół międzynarodowy.

Osiągnięte wyniki badań mają wybitne znaczenie strategiczne, zarówno dla badań

podstawowych jak i aplikacyjnych. Stają się podstawą nowej tektoniki litosferycznej Ziemi, wynikającej z jednej strony ze ściśle określonych własności fizycznych litosfery, a z drugiej strony ze zweryfikowanych i nowych wyników badań geologicznych. Należy sądzić, że tego typu badaniom już w najbliższej przyszłości będzie towarzyszyło wzmożone zainteresowanie edukacyjne, ponieważ badania te dotyczą planety Ziemi, która jest i pozostanie na zawsze kolebką naszej cywilizacji. Eksploracja obiektów pozaziemskich pozostanie niezwykle interesującą dziedziną nauki, ale priorytety badawcze, zwłaszcza te o znaczeniu aplikacyjnym, będą ściśle związane przede wszystkim z Ziemią.

Współ w zespół

Realizacja serii wielkich eksperymentów sejsmicznych na obszarze Europy Centralnej była możliwa dzięki szerokiej i znakomitej współpracy międzynarodowej instytucji geofizycznych w Europie, Stanach Zjednoczonych i Kanadzie. Eksperymenty te zrealizowano w ramach znanych programów międzynarodowych takich jak, EUROPROBE Programme (European Science Foundation, Strasbourg), IRIS/PASSCAL Program (Washington, USA), LITHOPROBE Program (Kanada). Stronie polskiej w tym przedsięwzięciu badawczym pomogła współpraca polskich instytucji finansujących te badania – Komitetu Badań Naukowych, Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej na wniosek Ministerstwa Środowiska, Polskiego Górnictwa Naftowego i Gazownictwa S.A., oraz bezpośrednio zainteresowanych instytutów, Instytutu Geofizyki PAN i Instytutu Geofizyki UW. Całość prac realizowano w Polsce pod patronatem Stowarzyszenia dla Głębokich Badań Geologicznych i Geofizycznych. Zastosowanie nowej metodologii sejsmicznych badań refrakcyjnych na całym obszarze badań, pozwoliło na wielokrotne obniżenie kosztów prac eksperymentalnych. Koszty prac wykonanych na obszarze Polski były pokryte w 70% ze środków pozabudżetowych i zagranicznych.

Prof. Aleksander Guterch jest pracownikiem Instytutu Geofizyki PAN, prof. Marek Grad – Instytutu Geofizyki na Wydziale Fizyki UW.

Na stronie internetowej Narodowej Fundacji Naukowej w Waszyngtonie (NSF), która finansowała udział ekipy amerykańskiej w badaniach sejsmicznych na obszarze Polski, zamieszczono specjalną informację o eksperymentach POLONAISE'97 i CELEBRATION 2000, jako przykład współpracy międzynarodowej w wielkich przedsięwzięciach badawczych oraz podkreślając znakomite przygotowanie i realizację eksperymentów przez stronę polską (<http://www.nsf.gov/sbe/nuggets/037/nugget.htm>). W raporcie Europejskiej Fundacji Nauki dla Komisji Europejskiej w Brukseli eksperymenty POLONAISE'97 i CELEBRATION 2000 uznano za najważniejsze badania geodynamiczne, wykonane w latach 1991-2001 w ramach ogólnoeuropejskiego projektu EUROPROBE. Organizatorzy tych eksperymentów – A. Guterch, G.R. Keller, J. Vozar przewodniczyli jednemu z prestiżowych sympozjów na Światowym Kongresie Geologicznym we Florencji (sierpień 2004).

Źródło: http://www.sprawynauki.waw.pl/?section=article&art_id=1330