

TEKTONIKA PŁYT — Dyskusje i implikacje

(Część II)

UKD 551.242.5.05 + 001.83(100 + 4):001.5(081) + 550.8:553.3.)

W drugiej części artykułu omówione zostaną niektóre konsekwencje aktualnych teorii tektonicznych dla rozwoju nauk o Ziemi oraz wyprowadzone będą wnioski co do charakteru tych teorii i możliwości pełniejszego włączenia się polskiej geologii w międzynarodową współpracę w zreferowanej tematyce.

NIEKTÓRE NOWE HIPOTEZY

W latach przypadających po stworzeniu podstawowego zarysu teorii nowej tektoniki globu ziemskiego pojawiło się kilka hipotez geotektonicznych, które bądź modyfikują podstawowe założenia neomobilizmu, bądź zajmują odrębne stanowisko, niekiedy wręcz opozycyjne, stając w rzędzie takich wcześniejszych teorii jak teoria oceanizacji W. W. Bielousowa czy też „relatywistyczna” — jak ją sam nazywa — teoria undacji i diapiryzmu płaszcza R. van Bemmelen.

Pierwsza z tych grup hipotez zajmuje się zagadnieniami konwekcji, przy czym wśród jej zwolenników ścierają się głównie dwa poglądy: swobodnej konwekcji całego płaszcza, uruchamianej przez podgrzewanie od strony jądra i chłodzenie od strony skorupy oraz adwekcyjnej, swobodnej konwekcji górnego płaszcza, uruchamianej przez wewnętrzne podgrzewanie radioaktywne. Trzeba tu dodać, że nawet wśród protagonistów tektoniki płyt są przeciwnicy konwekcji, nieraz głoszący, że może być znany i opisany proces, a niekoniecznie musi być znany i udowodniony jego mechanizm.

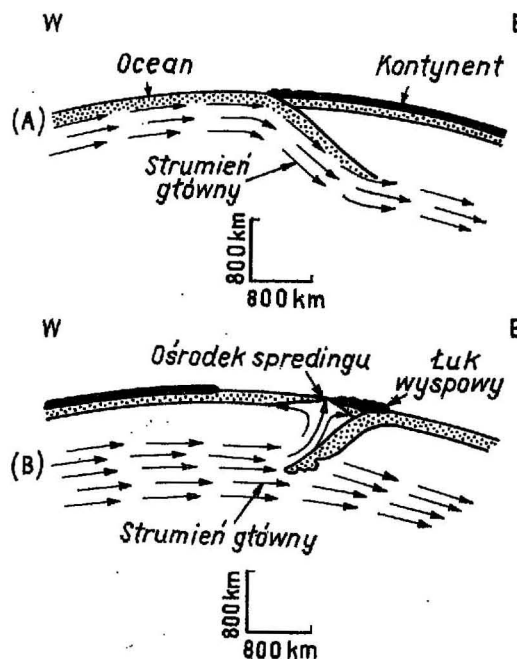
Najbardziej ostatnio popularną modyfikacją nowej tektoniki globu jest hipoteza pióropuszy płaszcza. Jej twórca, W. J. Morgan, (40) nawiązuje do wcześniejszych idei J. T. Wilsona, dotyczących występowania w skorupie ziemskiej tzw. plam gorąca, charakteryzujących się podwyższonymi wartościami strumienia ciepłego i wzmożoną działalnością wulkaniczną. Zakłada on, że plamy te są odzwierciedleniem wstępujących strumieni materii, tzw. pióropuszy płaszcza tworzących się na granicy jądra z płaszczem. Materia ta po osiągnięciu astenosfery rozprzestrzenia się w niej radialnie, powodując ruch płyt litosferycznych. Nie ma przy tym określonych stref prądów zstępujących, a odpływ powrotny jest równomiernie rozłożony w płaszczu. Pióropusze płaszcza, będąc nieruchome w stosunku do osi obrotu Ziemi lub przemieszczając się znacznie wolniej niż płyty litosfery, stanowią układ odniesienia przy rozważaniu parametrów ruchu tych ostatnich.

Zasadę konwekcji w całym płaszczu wyznaje także T. Hughes (19) formułując hipotezę ruchomych przesłon konwekcyjnych. Z powodu pewnych szczególnych właściwości mas skalnych w ich procesie pełzania, konwekcja ma charakter bardzo nietrwały, a zmienność jej parametrów powoduje z kolei nietrwałość przestrzenną zasadniczych komór konwekcyjnych, przy zachowaniu jednakże podstawowego układu „czworocennego”. Utworzony on jest przez wędrujące pióropusze płaszcza, połączone ruchomymi wstępującymi przesłonami konwekcyjnymi. Na podstawie dostępnych danych geologicznych, paleomagnetycznych, paleoklimatycznych i in. T. Hughes przedstawia kilka takich zmiennych układów w ciągu fanerozoiku.

T. H. Nelson i P. G. Temple (41) wyznają zasadę konwekcji tylko w górnym płaszczu, twierdząc przy tym, że istnieją w nim dwa systemy tej konwekcji: tzw. główny strumień konwekcji skierowany ku wschodowi, powstały w wyniku zróżnicowań szyb-

kości obrotu Ziemi w strefach litosfery i dolnego płaszcza oraz systemy lokalne związane z komorami konwekcyjnymi, których prądy wstępujące wyznaczają grzbiety śródoceaniczne (ryc. 1). Te dwa systemy we wzajemnym współdziałaniu tłumaczą takie cechy skorupy, jak odmienny wyraz geologiczny stref subdukcji nachylonych ku wschodowi i ku zachodowi, jak otwieranie marginalnych basenów oceanicznych na zachodnim zapleczu łuków wyspowych, jak wreszcie charakterystyczny subrównoleżnikowy układ wielkich pęknięć transformacyjnych w oceanach. Powstawanie stref subdukcji jest tu ujmowane jako reakcja na usunięcie części materii spod tych stref wskutek „zawirowań”. Szybkość głównego strumienia, jako zależna od szybkości obrotu planety, jest oczywiście zależna od szerokości geograficznej.

B. Voight (61), przyjmując również możliwość konwekcji, zwraca uwagę na nieprawdopodobieństwo kruchej reakcji całej litosfery na naprężenia i postuluje, że jej część dolna, aż do granicy leżącej nawet nieco ponad strefę Moho, zachowuje się podatnie. Wskutek tego nie jest ona idealnie sztywna, lecz może ulegać plastycznemu rozciąganiu. Hipoteza ta zdaje się lepiej wyjaśniać genezę niektórych basenów



Ryc. 1. Model różnicy w reakcji skorupy w przypadku podsuwania litosfery ku wschodowi (A) i ku zachodowi (B) przy występowaniu głównego strumienia konwekcji w płaszczu, skierowanego ku wschodowi (strzałki). (Wg T. H. Nelsona i P. G. Temple'a, 42).

Fig. 1. Model of difference in crustal response to eastward (A) versus westward (B) underthrusting of lithosphere in presence of eastward-flowing mantle convection mainstream (arrows). (After T. H. Nelson and P. G. Temple, 42).

intra-kontynentalnych, pochodzenie niektórych mikro-kontynentów, a także pozwala lepiej przewidywać trudności przy dopasowaniu zarysów kontynentów, ponieważ zakłada możliwość ich odkształcenia po procesie utworzenia ryftów. Koncepcje ograniczonego rozciągania i podziału litosfery wysuwa M. F. Osmaston (47) w swojej hipotezie powstawania basenów wewnątrzkontynentalnych i tłumaczenia ruchów epejrogenicznych.

R. Martin (33) stwierdza, że sama teoria tektoniki płyt nie jest w stanie wyjaśnić całej złożoności tektoniki globu. Dwa główne systemy orogeniczne, wokółpacyficzny i tetydzki dzielą powierzchnię Ziemi na trzy komory: Pacyfiku, Laurazji i Gondwany. Te trzy komory podporządkowane są trzem głównym układom konwekcyjnym zakorzenionym w dolnym płaszczu. Prócz nich występuje system płytszy, wielokomorowy, w astenosferze i górnym płaszczu, z którym związane są grzbiety śródoceaniczne i ryfty drugiej generacji i którego kierunki podlegają okresowym zmianom. Oba systemy są ze sobą powiązane, ale ich częściowa niezależność powoduje istnienie tzw. wegneriańskiego, zachodniego dryfu kontynentów. Oprócz tego działają procesy oceanizacji skorupy kontynentalnej, bądź w wyniku reakcji fizykochemicznych z materiałem płaszczu, bądź w wyniku tektonicznej erozji przez prądy w płaszczu lub wreszcie jako izostatyczna reakcja na denudację. Tak więc istnieje, oprócz tektoniki płyt, kilka globalnych mechanizmów tektonotwórczych.

Przechodząc do modeli bardziej stabilistycznych trzeba odnotować hipotezę H. J. Mc Cunn'a (34). Uważa on przede wszystkim, że teoria tektoniki płyt wymaga zbyt wielkich ilości energii, których nie ma we wnętrzu Ziemi. Rozpatruje ewolucję tektonosfery w trybie powtarzających się cykli ogrzewania — wypiętrzania i ochładzania — zapadania poszczególnych fragmentów litosfery (ryc. 2). Motorem tych

procesów jest strumień ciepły, grawitacja i izostaza. Mc Cunn tłumaczy w ten sposób powstanie podwójnych i pojedynczych łuków wyspowych oraz grzbietów śródoceanicznych, zgodność zarysów niektórych kontynentów, utworzenie pasów anomalii magnetycznych, różnicę między pasami orogenicznymi oceanicznymi (grzbietami śródoceanicznymi) a kontynentalnymi. Hipoteza ta ma wiele wspólnego z hipotezą astenolitów R. van Bemmelen'a.

Oczywiście najbardziej stabilistyczną koncepcję geotektoniczną wysunęli A. A. Meyerhoff, H. A. Meyerhoff i R. S. Briggs (37) jako podsumowanie wielokrotnie wzmiankowanej krytyki neomobilizmu. Jest to hipoteza spękania-końtrakcyjna, nawiązująca do niektórych wcześniejszych idei. Zakłada ona, że wszystkie główne struktury tektoniczne Ziemi są rezultatem tangencjalnej kompresji, zachodzącej głównie w litosferze i będącej reakcją na stosunkowo nieznaczną objętościowo kontrakcję ciepłą planety. W procesie tej kompresji litosfera przystosowuje swą dolną powierzchnię do powierzchni niższego płaszczu znajdującego się w stanie tensji, a pomiędzy nimi występuje strefa odkształceń zerowych, równoznaczna z astenosferą. Astenosfera nie istnieje lub prawie nie istnieje pod archaicznymi tarczami, które są spójne z podścielającym je płaszczem. Linijowe anomalie magnetyczne są genetycznie związane ze starymi tarczami, ponieważ są wokół nich koncentryczne. Powstały one jako rezultat działania pola magnetycznego o zmiennej biegunowości oraz tangencjalnych pól napieć w litosferze i górnej astenosferze.

Ciekawą jest wreszcie hipoteza M. L. Keith'a (23), jako idealna odwrotność hipotezy ekspansji dna oceanów. Na podstawie stosunkowo wysokich zawartości pierwiastków promieniotwórczych w skorupie kontynentalnej, a także na podstawie analizy strumienia ciepłego, obecności mikrokontynentów i niektórych kompresyjnych właściwości stref grzbietów oceanicznych dochodzi on do wniosku, że może mieć miejsce konwekcyjny przepływ materii, skierowany spod kontynentów ku oceanom, które zatem ulegają nie rozszerzaniu, lecz zężeniu.

IMPLIKACJE NOWEJ TEKTONIKI GLOBU ZIEMSKIEGO

Mogłoby się zdawać, na pierwszy rzut oka, że zreferowane w pierwszej części artykułu oraz ostatnio hipotezy i rozwijające się wokół nich dyskusje mają charakter, jeśli nie czysto akademicki, to w każdym razie bardzo teoretyczny. Jednakowoż w istocie dotyczą one tak podstawowych zagadnień ewolucji naszej planety oraz traktują je w tak wszechstronny sposób, że nie ma dosłownie najmniejszego zakątka w gmachu nauk o Ziemi, do którego wpływ tych teorii by nie dotarł.

Wśród rozległych konsekwencji, jakie nowa tektonika globu ma dla nauk geologicznych trzeba wymienić takie zasadnicze grupy zagadnień, jak:

- procesy geologiczne wzdłuż akrecyjnych granic płyt, a więc powstawanie stref ryftowych, centrów ekspansji dna oceanicznego, uskoków transformacyjnych;

- procesy geologiczne wzdłuż konsumpcyjnych granic płyt, a więc przede wszystkim górotwórczość i wynikające stąd kwestie bardziej szczegółowe, np. zagadnienie serii ofiolitowych, mechanizm subdukcji i jej konsekwencje geologiczne takie, jak parzyste pasy metamorficzne czy procesy wulkanizmu;

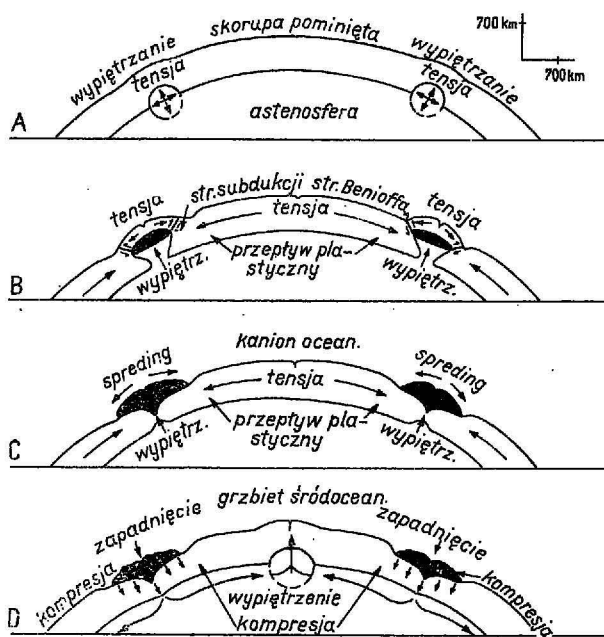
- związek między przemieszczeniami poziomymi a ruchami pionowymi, mechanizm ruchów epejrogenicznych, eustatycznych zmian poziomu morza i procesów izostazji;

- datowanie faz ekspansji dna oceanicznego i geometria ruchów płyt odtwarzana, m. in. na podstawie korelacji anomalii magnetycznych i wyników badań paleomagnetycznych;

- konsekwencje tektoniki płyt i dryfu kontynentów dla paleogeografii, paleobiologii, paleoklimatologii i paleosedymentologii;

- wpływ nowych teorii na poglądy dotyczące powstawania złóż surowców mineralnych i na metody ich poszukiwań.

Już samo wylczenie tych podstawowych problemów pozwala uzmysłowić sobie, że nie sposób jest



Ryc. 2. Cztery fazy ewolucji tektonicznej wg mechanicznego modelu pionowego wypiętrzania na zasadzie wypiętrzania, zapadania i reakcji izostatycznej. Astenolity zaczerpnięte. (Wg H. J. Mc Cunn'a 35, uproszczone).

Fig. 2. Four phases of tectonic evolution according to the mechanical model of vertical uplift, on basis of uplift, collapse, and isostatic response. Asthenolites shown in black. (After H. J. Mc Cunn, 35, simplified).

w jednym — i tak dość obszernym artykule — przedstawić tę problematykę w całości, choćby w skrócie. Dlatego też w dalszej części dokonano wyboru z drugiej, piątej i szóstej grupy zagadnień, pomijając całkowicie pozostałe. Starano się przy tym poprzeć ten przegląd możliwie najbardziej interesującymi przykładami.

Niewątpliwie najbardziej spektakularną konsekwencją tektoniki płyt jest wpływ, jaki ma ona na teorie górotwórcze w ogóle i na rekonstrukcje ewolucji konkretnych górotworów. Pierwszą z tych spraw omawiał szerzej W. Pożaryski (49) i nie będzie ona tu rozwijana.

Na tle ogólnego modelu powstało w szybkim tempie wiele interpretacji różnych orogénów. Dotyczy to kaledonidów brytyjskich, Appalachów, gór Ouachita, Uralu, gór Zagros, Himalajów, alpidów Europy i Bliskiego Wschodu, a także europejskich hercynidów i Karpat. Omawianie ich wszystkich znacznie przekroczyłoby ramy niniejszego zskicu, dlatego zadržymam się bliżej tylko na przykładach z ostatnio wspomnianych regionów, jako najbliższych polskiemu czytelnikowi.

Karpaty znalazły swoje miejsce, choć bardzo marginesowe, już w najwcześniejszych interpretacjach mediterańskiego obszaru alpidów (18, 35). Również w stosunkowo najobszerniejszej syntezie (8) obszar ten jest omawiany na tle ewolucji skomplikowanej mozaiki mikropląt, jednak ze szczególnym akcentem położonym na dane z Karpat rumuńskich. Rozwój obszaru karpackiego traktowany jest tu jako rezultat wzajemnego oddziaływania stabilnej, pozaalpejskiej Europy i dwóch mikropląt: karnijskiej obejmującej dzisiejsze Alpy, Karpaty i basen panoński oraz mezyjskiej, obejmującej południową Rumunię i północną Bułgarię.

Poza tymi ogólnymi ujęciami pojawiły się także prace traktujące ściślej o obszarze karpackim. Badacze węgierscy rozpatrują tę problematykę przede wszystkim przez pryzmat basenu panońskiego i zajmują w tej mierze różne stanowiska. G. Szénás (57) opowiada się przeciwko interpretacjom z pozycji tektoniki płyt, wiążąc genezę basenu panońskiego i otaczających go górotworów ze zmianami położenia powierzchni Moho i izostaticzną reakcją na te zmiany. Przeciwnie, L. Stegena, B. Géczy i F. Horváth (56) przyjmują interpretację mobilistyczną. Według nich m. in. facje węgierskiego mezozoiku wskazują na możliwość, że obecna południowa strefa podłoża basenu panońskiego należała do północnego obramowania Tetydy, a północna — do południowego. Obecne swoje odwrócone położenie zawdzięczają one wielkiemu prawoskrętnemu przesunięciu. Basen panoński powstał także według nich w wyniku procesów izostazji, ale wskutek subkrustalnej erozji spągu skorupy ziemskiej przez diapir płaszczka, utworzony w związku z subdukcją płytów litosfery w otoczeniu basenu. Jest to zatem korzystne połączenie teorii tektoniki płyt z teorią diapiryzmu płaszczka z tym, że diapiryzm ten jest skutkiem a nie przyczyną utworzenia łuku karpackiego.

Również kilka interpretacji jest dziełem geologów rumuńskich. M. D. Bleahu i in. (5) przyrównują łuk karpacki do kopalnego łuku wyspowego, zwracając szczególną uwagę na strefę neogeńskich, wapienno-alkalicznych skał magmowych, występującą na pograniczu Karpat wewnętrznych i basenów: panońskiego i transylwańskiego oraz na relację K_2O/SiO_2 w tych skałach. Ta ostatnia, zgodnie z badaniami T. Hathertona i W. R. Dickinsona (14) pozwala określić kierunek i stopień nachylenia strefy subdukcji. O ile te obserwacje, wskazujące na południowy kierunek nachylenia strefy subdukcji są interesujące, o tyle zastrzeżenia wywołuje klasyfikacja pozostałych stref, a szczególnie hipotetycznego rowu oceanicznego i łuku wyspowego.

D. P. Radulescu i M. Sandulescu (50) przyjmują w Karpatach rumuńskich istnienie w mezozoiku dwóch basenów z oceanicznym typem skorupy, które powstały przez potrzaskanie i rozsuniecie fragmentów południowej strefy brzeżnej płyty Eurazji. Baseny te uległy subdukcji w dwóch strefach: pod Karpatami Wschodnimi i pod górami Apuseni.

N. Herz i H. Savu (16) rozpatrują również ewolucję obszaru Rumunii jako rezultat utworzenia pod

koniec trąsu i na początku jury dwóch basenów oceanicznych: basenu Seretu, między blokiem panońskim a mołdawskim skrajem platformy wschodnioeuropejskiej, oraz oceanu dynarskiego na zachód od bloku panońskiego. Ofiolity gór Apuseni leżały w linii otwierania tego drugiego basenu. Na przełomie jury i kredy następują zmiany kierunków ruchu mikropląt i odtąd rozwijają się procesy konwergencji, powstawania osadów fliszowych i płaszczowinowych nasunięć. Na początku tej fazy dochodzi do przesunięcia ofiolitów Apuseni w ich obecne położenie wzdłuż uskoku transformacyjnego Mures.

W ostatnim czasie ukazały się prawie jednocześnie trzy interpretacje, które wyszły spod pióra geologów polskich. Każda z nich rozpatruje problem z nieco innego punktu widzenia. R. Ney (42, 43) wiąże powstanie tego segmentu alpidów z wczesnym założeniem dwóch stref wglębnych rozłamów: dynarskiej w dolnym karbonie i karpackiej w górnym karbonie i dolnym permie. Stadium ekspansji oceanicznej dyktowanej przez te strefy rozpoczęło się wcześniej w obszarze dynarskim (w górnym trąsie), później w obszarze karpackim (w jurze). Stadium zamykania tych basenów trwa od kredy. Po przeanalizowaniu wyników badań sejsmicznych, grawimetrycznych i geologicznych autor ten ocenia stopień poprzecznego skrócenia w Karpatach fliszowych i związek tych procesów z przemieszczeniami w głębszych partiach litosfery oraz rozważa pozycję pienińskiego pasa skałkowego w związku ze strefą subdukcji nachyloną ku południowi.

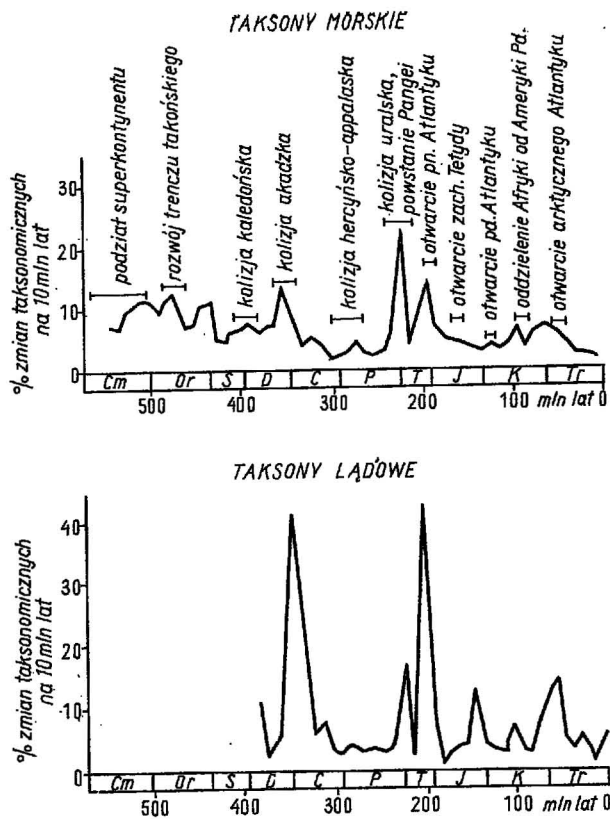
K. Birkenmajer w swej zwartej syntezie (3) przedstawia ewolucję całego orogenu karpackiego, zwracając specjalną uwagę na obecność dwóch par łuków fałdowych i wulkanicznych, rozpatrując ich geometrię i genezę na tle przemieszczeń mikropląt: mezyjskiej i panońskiej. Na podstawie analizy cech strukturalnych oraz przejawów różnego typu wulkanizmu wyznacza on także przypuszczalny przebieg i ewolucję kopalnych ryftów oceanicznych, uskóków transformacyjnych i stref subdukcji, jak również na podstawie danych paleomagnetycznych i tektonicznych rozpatruje możliwości rotacji poszczególnych fragmentów górotworu.

W. Sikora (54) poświęca dużo uwagi paleogeografii basenów fliszowych, ich głębokości i szerokości oraz związkom z basenami oceanicznymi i ich ekspansją. Przyjmuje znacznie większą szerokość basenów fliszowych niż dotychczas zakładano. Jeśli chodzi o rekonstrukcje tektoniczne rozpatruje on możliwy przebieg akrecyjnych i konsumpcyjnych krawędzi płyt, wyznaczając m. in. kilka nachylonych ku południowi stref subdukcji pod poszczególnymi kordylierami, a także rozważa ewentualność obdukcji skorupy kontynentalnej.

Na koniec G. N. Dolenko i L. G. Daniłowicz (9), analizując ewolucję geodynamiczną Karpat ukraińskich dochodzą do wniosku, że najlepiej odpowiada ona modelowi kolizji kontynentu z łukiem wyspowym. Wydzielają dwa etapy aktywności magmowej, jeden związany z okresem ekspansji dna oceanicznego i drugi, odniesiony do okresu zamykania basenu. Rekonstruują również położenie stref subdukcji, przy czym uważają, że były one nachylone ku północy.

Znamienna jest dyskusja, jaka toczy się wokół problemów ewolucji europejskich hercynidów. Niemal jednocześnie ukazały się trzy bardzo skondensowane próby syntetycznego ujęcia tej ewolucji z pozycji tektoniki płyt. R. Laurent (30) wyróżnia dwa pasma górskie: północne — sudetidów i południowe — asturidów. Pierwsze z nich powstało wcześniej, w wyniku zamknięcia oceanu saksoturyngijskiego, przy czym jest to górotwór typu kolizyjnego, himalajskiego, symetryczny, ze strefą ofiolitową w środku. Pasma drugie powstało później, w wyniku zamknięcia oceanu protomediterraneanego i jest górotworem asymetrycznym typu kordylierowego, z pasmem granitoidowym.

A. Nicolas (44) stwierdza istnienie bardzo dużych analogii między europejskimi hercynidami a współczesnymi Andami i wyprowadza stąd wniosek, że europejskie hercynidy są typu andyjskiego (czyli kordylierowego) i powstały w wyniku subdukcji dna



Ryc. 4. Porównanie między szybkością zmian taksonomicznych a głównymi zdarzeniami tektoniki płyt w fanerozoiku. (Wg K. W. Flessa i J. Imbrie, 10).

Fig. 4. Comparison between rates of taxonomic change and major plate tectonic events through the Phanerozoic. (After K. W. Fless and J. Imbrie, 10).

Implikacje paleogeograficzne są najbardziej oczywiste. Zupełnie inaczej rozpatruje się paleogeografię danego rejonu z pozycji stabilistycznych, z punktu widzenia jego niezmiennego położenia geograficznego w trakcie ewolucji geologicznej, inaczej zaś, jeśli się przyjmie płynną zmienność tego położenia na tle otwierania nowych basenów oceanicznych i dryfu kontynentów.

Wpływ nowych teorii tektonicznych na paleobiologię jest w zasadzie dwukierunkowy. Po pierwsze, chodzi o badanie wzajemnych związków czasowych między zmianami w układzie kontynentów i oceanów a rytmem ewolucji świata organicznego. Przykładem może być praca K. W. Flessa i J. Imbrie (10). Autorzy ci przy użyciu techniki komputerowej przeprowadzili korelację między stopniem zróżnicowania taksonomicznego i kopalnych roślin i zwierząt oraz intensywnością zmian w tym zróżnicowaniu z jednej strony a okresami przelomowych zmian w układzie płyt litosferycznych z drugiej strony (ryc. 4). Wykazali oni, że korelacja ta jest zupełnie zadowalająca a zmiany w układzie płyt mogą w dużym stopniu być odpowiedzialne za procesy rozwoju i wygasania grup zwierzęcych. Nieco wcześniej J. W. Valentine i E. M. Moores (60) wykryli, że okresy o trwałym układzie płyt sprzyjają większemu zróżnicowaniu świata morskich bezkręgowych, który wytwarza więcej gatunków zajmujących określone nisze ekologiczne, gdy tymczasem okresy głównej reorientacji układów płyt i wzmoczonej prędkości ich ruchu powodują wygasanie licznych taksonów. Stwierdzili oni ponadto, że rozdrobnienie bloków kontynentalnych sprzyja zróżnicowaniu gatunkowemu i na odwrót.

Drugim kierunkiem badań paleobiologicznych są, rozwijane jeszcze od czasów wegenerowskich, badania uniwersalizmu bądź endemizmu, prowadzone dla udowodnienia przestrzennych związków lub odrębności między poszczególnymi kontynentami i mórzami epikontynentalnymi. Chodzi o takie znane fakty, jak z jednej strony obecna odrębność fauny ssaków Australii, czy też odrębność fauny południowo-amerykańskiej aż do późnego trzeciorzędu, czyli do wynurzenia się przesmyku panamskiego; z drugiej zaś strony o zbieżność fauny ssaków w Północnej Ameryce i Europie aż do wczesnego eocenu, kiedy to uległ ostatecznemu przerwaniu północny pomost łądowy między tymi kontynentami, a także o kosmopolityzm fauny gadów triasowo-jurajskich w okresie istnienia wielkich kontynentów Laurazji i Gondwany. Badania te są nadal kontynuowane (7, 22) i niejednokrotnie pomagają w datowaniu poszczególnych etapów ruchów płyt. To samo dotyczy badań fauny mórz epikontynentalnych. Np. W. J. Kennedy i M. Cooper (24), analizując rozprzestrzenienie amonitów Atlantyku udowodnili, że warunki morza otwartego zapanowały już we wczesnym górnym albie, wbrew wcześniejszym przekonaniom, według których trwałe połączenie basenów nastąpiło dopiero z końcem dolnego turonu.

Badania różnych wskaźników paleoklimatycznych, czy to bezpośrednich, jak zawartość izotopów tlenu w skorupach morskich bezkręgowców, czy to pośrednich w postaci osadów lub organizmów typowych dla różnych stref klimatycznych mają, podobnie zresztą jak i badania paleobiologiczne nieraz charakter kontrowersyjny. Jak widzieliśmy, mogą one być często interpretowane z pozycji stabilistycznych. Dlatego też trzeba odnotować także wszechstronne prace, przede wszystkim z punktu widzenia metodycznego, jak praca P. L. Robinson (51). Autorka stosuje, jako pierwsze przybliżenie, bardzo uproszczony aktualistyczny model cyrkulacji prądów atmosferycznych i rozmieszczenia opadów oraz konfrontuje go z przemieszczeniami płyt litosferycznych w przeszłości tak, jak je widzą tektonicy. Poszukuje w ten sposób wpływu, jaki te przemieszczenia mogły mieć na zmiany klimatu, zatrzymując się przy tym dłużej na epokach permskiej i triasowej. Rozpatruje ponadto wpływ, jaki na klimat globu mają ogromne masy kontynentalne takie, jak obecna Afrazja (Eurazja wraz z Afryką), czy w przeszłości Pangea. W podobny sposób, rozważając możliwe układy cyrkulacji w hydrosferze i atmosferze na tle rozmieszczenia kontynentów i oceanów, L. A. Frakes i E. M. Kemp (11) odtwarzają klimat w czasie paleogenu.

Wielką rolę w rozwoju nowych teorii odgrywają także badania sedymentologiczne. Dotyczy to zarówno badań kopalnych osadów na kontynentach, jako narzędzia rekonstrukcji paleogeograficznych i paleoklimatycznych, jak i badań współczesnych i kopalnych osadów w oceanach. Sporo miejsca poświęcono tym tematom na ostatnim Kongresie Sedymentologicznym w Nicei, w 1975 r. Jako przykład pierwszego zastosowania niech posłużą dwie prace.

P. E. Schenk (53) analizuje pod względem sedymentologicznym pełny profil paleozoiku Nowej Szkocji. Głębokomorskie, częściowo turbidytowe osady kambro-syluru odzwierciedlają ówczesne położenie regionu poniżej skłonu kontynentalnego Afryki, przy czym dają o sobie znać wpływy zlodowacenia saharijskiego. Paraliczne zespoły wczesnego dewonu sygnalizują zbliżanie się etapu kolizji Afryki z Ameryką Północną. Utwory młodszego paleozoiku powstały w warunkach śródkontynentalnych, jednocześnie świadcząc o przesunięciu się regionu w strefę paleorównika.

J. J. Bigarella (2) zbadał na kontynentach afrykańskim i południowoamerykańskim kierunki transportu wodnego w płaskowcach ordowiku i dewonu, transportu glacialnego w starszym paleozoiku i karbonie oraz transportu eolicznego w utworach mezozoicznych. Wszystkie te badania wykazały całkowitą zgodność z założeniem jedności obu kontynentów aż do końca jury i ich rozbieżnego dryfu począwszy od kredy.

Przykładem drugiego zastosowania może być praca Y. Lancelota (29), w której wykorzystano specyficzne cechy osadów powstających w równikowej strefie głębi oceanicznych dla określenia szybkości i kierunków ruchu płyty pacyficznej. Podobny tryb postępowania przyjął R. Hesse z współautorami (17). Na materiałach rejsu nr 20 statku „Glomar Challenger”, między Japonią a wyspami Fidżi, wykazali oni sukcesywne przemieszczanie się płyty pacyficznej kolejno przez strefę na południe od równika, strefę równikową i strefę na północ od równika. Analiza typu osadów pozwala zatem rekonstruować ruch płyt.

Jeśli chodzi o zastosowanie badań geochemicznych, to niejako klasyczne są już ujęcia rozpatrujące geochemię law w pasach andezytowych związanych ze strefami subdukcji, na tle stwierdzonej przez T. Hathertona i W. R. Dickinsona (14) zależności między zawartością potasu w tych lawach a głębokością płyty pochłanianej. Niezależnie od tych prac pojawiają się także prace wiążące badania geochemiczne zarówno skał wulkanicznych, jak i osadowych z badaniami sedimentologicznymi. Można tu przytoczyć dwa artykuły na pokrewny temat.

B. F. Kean i D. F. Strong (21) zbadali kompleks osadów ordowiku w Appalachach Nowej Fundlandii pod kątem jego litologicznych i geochemicznych podobieństw do sekwencji współczesnych łuków wyspowych. Stwierdzili następstwo od law poduszkowych w części najniższej przez głębokowodne skały krzemionkowe i turbidyty, a wyżej — wulkanoklastyczne skały osadowe, aż do wapieni i tufów; następstwo to jest zgodne ze stopniowym spłyceciem basenu. W parze z tym idą zmiany geochemiczne, od niskopotasowych toleatów do wapienno-alkalicznych andezytów ubogich w krzemionkę, które z kolei wykazują stopniowe wzbogacenie w Al_2O_3 i K_2O , a ubożenie w CaO i MgO . K. Björlykke (4) zajął się relacją między składem mineralogiczno-geochemicznym osadów epikontynentalnego starszego paleozoiku w rejonie Oslo a ewolucją hipotetycznego protoatlantyckiego łuku wyspowego. Okazało się, że skład tych osadów, a szczególnie stosunek chlorytu do illitu są funkcją ich częściowego pochodzenia z tarczy bałtyckiej, a częściowego — z systemów łuku wyspowego.

Na zakończenie tego przeglądu wybranych implikacji nowej tektoniki globu warto poruszyć kilka aspektów jej wpływu na koncepcje poszukiwań surowcowych. Abstrahując przy tym od bezpośrednich skutków eksploracji głębi oceanicznych i związanych z nimi specyficznych surowców, takich jak konkrety manganowe. Chodzi raczej — podobnie jak w pozostałych gałęziach geologii — o nowe spojrzenie na koncepcje poszukiwań surowców na kontynentach, wynikające z nowych podstaw teoretycznych. Bardzo znamienne jest w tym względzie wysoce pragmatyczne stanowisko geologów radzieckich, którzy przykładają dużą wagę do praktycznych konsekwencji tektoniki płyt. Najlepszym tego świadectwem niech będzie zwołanie w 1973 r. w Leningradzie sympozjum poświęconego zagadnieniom metalogenezy w świetle tej teorii (36).

W zakresie surowców metalicznych sprawa może być rozpatrywana w dwojakim aspekcie. Po pierwsze, rekonstrukcje dawnych pozycji kontynentów przed ich rozzerwaniem pomagają w ustaleniu pokrewieństw genetycznych między złożami różnych metali położonymi uprzednio blisko siebie, po obu stronach rodzącego się ryftu, a obecnie oddzielonymi oceanem. Przykładem może być praca, którą napisał W. E. Petrascheck (48) na temat zgodności prowincji metalogenicznych na różnych fragmentach Gondwany. Aspekt drugi dotyczy związków genetycznych między złożami metali a określonymi paleośrodowiskami na granicach płyt litosferycznych różnego typu: akrecyjnych, konsumpcyjnych i transformacyjnych. Zagadnieniem tym zajął się m. in. P. W. Guild (13). Najbardziej interesujące są w tym przypadku granice konsumpcyjne i procesy metalogenezy związane ze strefami subdukcji — bardzo szczegółową ich analizę na tle ewolucji łuków wyspowych przeprowadzili A. H. Mitchell i J. D. Bell (38).

Problemy poszukiwań ropy i gazu znajdują się również w centrum zainteresowania — na ten temat odbyło się specjalne sympozjum na Uniwersytecie Princeton w marcu 1972 r. Wcześniej jeszcze jeden z największych znawców przedmiotu H. D. Hedberg wypowiedział myśl (15) o pochodzeniu ropy i gazu z termolizy substancji organicznych w strefie subdukcji. Trójka badaczy radzieckich: O. G. Sorochtin, S. A. Uszakow i W. N. Fedinskij (55) rozwinęła tę myśl, dokonując przeliczeń niezbędnej energii cieplnej, podając przebieg termolizy i rozpatrując kierunki migracji. Z innej strony podszedł do problemu A. A. Kowalew (26) analizując rozwój geologiczny niezwykle produktywnego obszaru — północnej części płyty afrykańskiej. Doszedł on do konkluzji, że najbardziej perspektywicznymi dla poszukiwań są pasywne, wolno obniżające się peryferyczne obszary płyt litosfery, przemieszczające się w strefie klimatu tropikalnego.

Autorami bardzo interesujących rozważań są H. D. Klemme (25) i D. H. Tarling (56), zwracający największą uwagę na procesy termiczne. Decydujące znaczenie ma ich zdaniem umiarkowanie podwyższony strumień ciepły, działający przez odpowiednio długi okres. Jest on niezbędny dla przyspieszenia rozkładu protein zwierzęcych czy też roślinnej substancji organicznej. Im wyższy strumień ciepły lub im dłuższe jego działanie, tym więcej substancji wyjściowych przechodzi w gaz ziemny; zbyt silne lub długotrwałe działanie może doprowadzić do rozproszenia i zniszczenia utworzonych nagromadzeń. Źródłem ciepła są postulowane przez neomobilizm strefy wstępujących prądów konwekcyjnych lub izometryczne pióropusze płaszczu. Z nimi np. może być związana geneza kalifornijskiej prowincji ropo-nośnej, leżącej w przedłużeniu grzbietu wschodnio-pacyficznego lub też prowincji wschodniosyberyjskiej leżącej w przedłużeniu aktywnego grzbietu arktycznego.

Perspektywami konkretnego obszaru zajęli się np. J. D. Lowell z współautorami (32). Przeanalizowali oni rozwój ryftów Morza Czerwonego i Zatoki Adenńskiej w okresie od oligocenu do dziś, oraz okoliczności, jakie w poszczególnych etapach tego rozwoju miały wpływ na występowanie i rozmieszczenie ropy naftowej zarówno z punktu widzenia powstania macierzystych, zbiornikowych i uszczelniających kompleksów skalnych, jak i różnego typu zamknięć złożowych oraz z punktu widzenia reżimu cieplnego. Stadium rozwojowe Morza Czerwonego ma w ogóle ogromne znaczenie dla oceny perspektyw głębszych stref szelfu i stoku kontynentalnego. Jak dowodzą liczne odkrycia serii solonośnych w tej strefie po obu stronach Atlantyku, każdy ocean przechodził przez to stadium rozwojowe, a było ono szczególnie korzystne dla powstawania i zachowania nagromadzeń węglowodorów.

WNIOSKI

Przegląd zagadnień związanych bardziej lub mniej bezpośrednio z tym, co określa się ogólnym mianem nowej tektoniki globu ziemskiego z całą wyrazistością świadczy o jednym: że całość nauk o Ziemi ogarnięta jest obecnie ówczesnym prądem nowych koncepcji, pomysłów, sporów i dyskusji. Każdy kto chce mieć coś do powiedzenia w dziedzinie geologii powinien dokończyć wszelkich starań, by nie pozostać w tyle za rozwojem wydarzeń.

Wydaje się, że polska geologia mogłaby w nich uczestniczyć w większym stopniu niż dotychczas, a w każdym razie nie reagować na nie z dużym opóźnieniem. Nie możemy wprawdzie równać się z państwami przodującymi w tych badaniach, przede wszystkim w zakresie zaangażowanych środków badawczych. Nie będziemy zapewne w większym stopniu uczestniczyć w dalszym rozpoznawaniu den oceanicznych, a więc nie uzyskamy z pierwszej ręki informacji o znaczeniu ogólnoziemskim. Jednakże w swoim skromnym zakresie możemy tu odegrać pewną rolę. Sprowadza się ona przede wszystkim do tego, by w trakcie bieżącej pracy, przy interpretacji naszych własnych badań nad geologią Polski mieć zawsze na uwadze nowe spojrzenie na ewolucję

globu oraz do tego, by na tle badań porównawczych uczestniczyć w międzynarodowej wymianie myśli.

Co się tyczy pierwszej sprawy, to trzeba w sobie wyrobić nawyk myślenia nowymi kategoriami i nawyk krytycznej analizy, tzn. sprawdzania słuszności nowych teorii przy interpretacji danych geologicznych i korelowania tych danych w czasie i przestrzeni z ewolucją geologiczną obszarów sąsiadujących. Przykładowo, trzeba sobie zdawać sprawę, rozpatrując każdy moment ewolucji geologicznej, jakiego było przypuszczalne położenie naszego obszaru w stosunku do ówczesnego bieguna ziemskiego oraz w stosunku do najbliższych basenów oceanicznych i jakie były w tym momencie rozmiary i konfiguracja tych basenów (ryc. 5). W aspekcie czasu trzeba starać się wiązać poszczególne etapy rozwojowe basenów polskich z postulowanymi przez tektonikę płyt stadiami ekspansji den oceanicznych i zdarzeniami na aktywnych krawędziach płyt litosfery, np. na wzór tabeli synchronicznej, sporządzonej przez J. F. Deweya z współautorami (8) dla obszaru śródziemnomorskiego (ryc. 6).

Międzynarodowa wymiana myśli polega obecnie w dużej mierze na pracach w ramach Projektu Geodynamicznego, zorganizowanego pod egidą Międzynarodowej Komisji Geodynamiki (I.U.C.G.) na przełomie lat sześćdziesiątych i siedemdziesiątych, ja-

ko kontynuacja „Projektu Górnego Piaszcza” z poprzedniego dziesięciolecia. W ramach Projektu Geodynamicznego działa 10 grup roboczych. Wydaje się, że niezależnie od wkładu polskiej nauki w niektóre problemy takie, jak: geofizyka teoretyczna, geologia Karpat czy petrologia skał magmowych — udział nasz w pracach tego projektu mógłby być większy. Dotyczy to szczególnie takich grup roboczych, jak grupa 7: „Ruchy epejrogeniczne o regionalnym zasięgu” oraz grupa 9: „Historia i wzajemne oddziaływanie procesów tektonicznych, metamorficznych i magmowych”. Nawet w tak pozornie odległej od tektoniki płyt dziedzinie, jak ewolucja basenów epikontynentalnych, można sporo dokonać. Wiąże się to z podstawowym, nie rozwiązaniem dotychczas problemem współzależności między ruchami poziomymi i pionowymi, z zagadnieniami zmian eustatycznych, z korelacją wydarzeń geologicznych w przestrzeni i czasie. Zajmując w Europie centralnej położenie mamy możliwość syntetyzowania danych z dużego obszaru, położonego przez długi czas swej geologicznej historii między dwoma basenami oceanicznymi: Atlantykiem i Tetydą, które wywierały główny wpływ na ewolucję tej części globu. Przemysłany program działania w zakresie badań 7 grupy roboczej stworzyła m.in. służba geologiczna NRD (46). Dobrym przykładem słusznego postawienia zagadnienia w tym zakresie jest także sformułowanie punktu 4 w amerykańskim programie badań w ramach Projektu Geodynamicznego (59), gdzie precyzuje się zadania badawcze, mające dać odpowiedź na pytanie: „Co powoduje częste i szeroko rozprzestrzenione ruchy pionowe znane z kontynentów i ich obrzeżenia?”

a) określenie czasu ruchów pionowych (przez stratygrafię osadów utworzonych w regionach subsyduencji i geomorfologiczną historię obszarów wypiętrzonych);

b) określenie lateralnej skali ruchów pionowych;

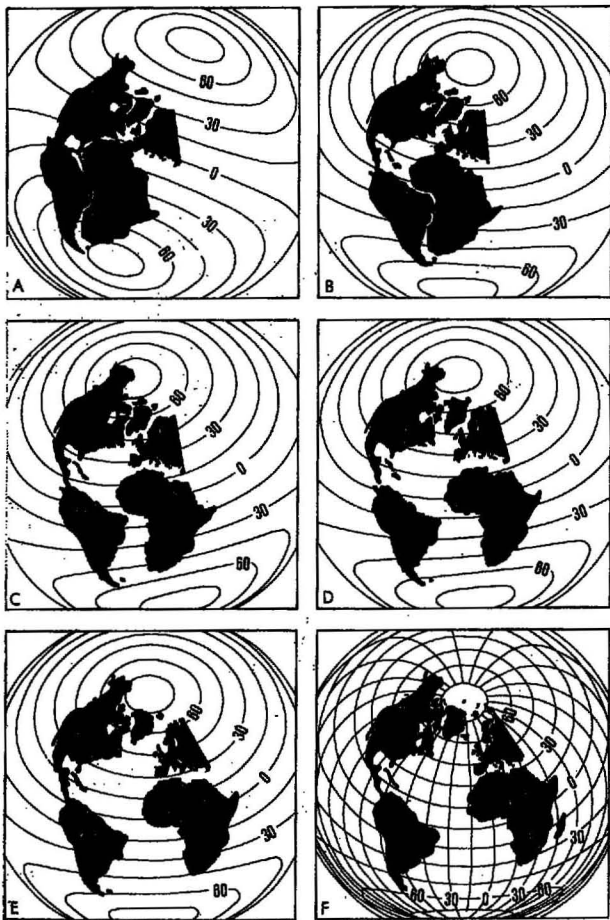
c) badanie strumienia ciepłego i struktury sejsmicznej regionów aktywnie wypiętrzanych i obniżanych;

d) analiza efektów izostazji przy odciążeniu denudacyjnym i obciążeniu sedimentacyjnym regionów aktywnie wypiętrzanych i obniżanych”.

Jak starałem się wykazać, nowe teorie nie mają znaczenia tylko teoretycznego, lecz wywierają przemowny wpływ na wszystkie gałęzie nauk o Ziemi, w tym także na taktykę poszukiwań surowcowych. Dlatego badania z nimi związane powinny się znaleźć w programach badawczych instytucji geologicznych kraju. Niezbędnym warunkiem intensywniejszego włączenia się do współpracy międzynarodowej jest przede wszystkim zapewnienie pełnego i aktualnego dopływu informacji, przez udział w licznie zwoływanych zjazdach i sympozjach oraz poprzez zapewnienie kompletnej literatury przedmiotu. Być może warto by też podjąć trud na wzór radziecki (45), tłumaczenia wybranych pozycji, a przynajmniej publikowania szerszej informacji bibliograficznej, np. na łamach „Przeglądu Geologicznego”. Za brak pełnej informacji możemy zapłacić trudnymi do odrobienia opóźnieniami.

I jeszcze ostatni, choć nie najbardziej błahy moment. Dyskusyjność wielu zagadnień nowej tektoniki globu, którą również starałem się uwypuklić, zmusza do bardzo krytycznego traktowania każdego poglądu i każdej interpretacji. Nie wystarczy zapoznać się z jedną czy dwiema wybranymi pracami i traktując je jako pewniki przenosić ich wyniki na nasz grunt. Trzeba problem poznać gruntownie, rozpatrując również poglądy przeciwne. Należy zatem nie kopiować nowe hipotezy i interpretacje, lecz je kontrolować. Nawet uznając całkowicie nowe poglądy na tektonikę globu trzeba mieć na uwadze, że w jej ramach mogą istnieć możliwości różnej interpretacji tych samych procesów. Nowe prądy nie są bowiem dogmatem, a główną ich zaletą — jak to pragnąłem wykazać — jest nie uniwersalizm, lecz pobudzenie aktywności badawczej i wywoływanie fermentu umysłowego. Wydaje się, że ten stan rzeczy najlepiej oddają poniższe trzy cytaty, tym razem już ostatnie.

Jeden z największych współczesnych znawców Alp, francuski geolog M. Lemoine (31) nawiązuje do daw-



Ryc. 5. Kontynenty wokół Oceanu Atlantyckiego w różnych okresach między górnym triasem a dniem dzisiejszym: A — górny trias, B — kimeryd, C — alb, D — pogranicze kredy i trzeciorzędu, E — oligocen, F — dzisiaj. (Wg E. R. Oxburgha).

Fig. 5. Continents around Atlantic Ocean at various times between Upper Triassic and the present day: A — Upper Triassic, B — Kimmeridgian, C — Albian, D — Cretaceous/Tertiary boundary, E — Oligocene, F — present. (After E. R. Oxburgh).

3. Birkenmajer K. — The Carpathian orogen and plate tectonics. *Publ. Inst. Geoph. Pol. Acad. Sci.*, (in press).
4. Björlykke K. — Geochemical and mineralogical influence of Ordovician island arcs on epicontinental clastic sedimentation. A study of Lower Palaeozoic sedimentation in the Oslo region, Norway. *Sedimentology*, 1974, vol. 21, no. 2.
5. Bleahu M. D., Bocaletti M., Manetti P., Peltz S. — Neogene Carpathian arc: a continental arc displaying the features of an „island arc”. *Jour. Geophys. Res.*, 1973, vol. 78, no. 23.
6. Burrett C. F. — Plate tectonics and the Hercynian orogeny. *Nature*, 1972, vol. 239, no. 5368.
7. Colbert E. H. — Continental drift and the distributions of fossil reptiles. *Impl. Cont. Drift Earth Sci.*, vol. 1, Acad. Press, 1973.
8. Dewey J. F., Pitman III W. C., Ryan W. B. F., Bonnin J. — Plate tectonics and the evolution of the Alpine system. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 1973, vol. 84, no. 10.
9. Dolenko G. N., Danikowicz L. G. — No-woje w uczeni o giesymkliniach i jego przylozenie k Ukrainskim Karpatam. *Gieol. Żurn.*, 1975, t. 35, wyp. 5.
10. Flessa K. W., Imbrie J. — Evolutionary pulsations: evidence from Phanerozoic diversity patterns. *Impl. Cont. Drift Earth Sci.*, vol. 1, Acad. Press, 1973.
11. Frakes L. A., Kemp E. M. — Palaeogene continental positions and evolution of climate. *Impl. Cont. Drift Earth Sci.*, vol. 1, Acad. Press, 1973.
12. Graham S. A., Dickinson W. R., Ingersoll R. V. — Himalayan — Bengal model for flysch dispersal in the Appalachian — Ouachita system. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 1975, vol. 86, no. 3.
13. Guild P. W. — Metallogeny and the new global tectonics. *Int. Geol. Congr. 24th Sess.*, Sect. 4, 1972.
14. Hatherton T., Dickinson W. R. — The relationship between andesitic volcanism and seismicity in Indonesia, Lesser Antilles and other island arcs. *Jour. Geophys. Res.*, 1969, vol. 74, no. 25.
15. Hedberg H. D. — Continental margins from viewpoint of the petroleum geologist. *Am. Ass. Petr. Geol. Bull.*, 1970, vol. 54, no. 1.
16. Herz N., Savu H. — Plate tectonics history of Romania. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 1974, vol. 85, no. 9.
17. Hesse R. in. — Walther's facies rule in pelagic realm — a large-scale example from the Mesozoic-Cenozoic Pacific. *Zeitschr. Deutsch. Geol. Ges.*, 1974, Bd. 125, H. 1.
18. Hsü K. J. — Origin of the Alps and Western Mediterranean. *Nature*, 1971, vol. 233, no. 5314.
19. Hughes T. — An unstable tetrahedral mantle-convection model, continental drift and polar ice sheets. *Tectonophysics*, 1973, vol. 17, no. 1/2.
20. Johnson G. A. L. — Closing of the Carboniferous sea in Western Europe. *Impl. Cont. Drift Earth Sci.*, vol. 2, Acad. Press, 1973.
21. Kean B. L., Strong D. F. — Geochemical evolution of an Ordovician island arc of the Central Newfoundland Appalachians. *Amer. Jour. Sci.*, 1975, vol. 275, no. 2.
22. Keast A. — Contemporary biotas and the separation sequence of the southern continents. *Impl. Cont. Drift Earth Sci.*, vol. 1, Acad. Press, 1973.
23. Keith M. L. — Ocean floor convergence: a contrary view of global tectonics. *Jour. Geol.*, 1972, vol. 80, no. 3.
24. Kennedy W. J., Cooper M. — Cretaceous ammonite distributions and the opening of the South Atlantic. *Jour. Geol. Soc. London*, 1975, vol. 131, pt. 3.
25. Klemme H. D. — Geothermal gradients, heat flow and hydrocarbon recovery. *Petroleum and global tectonics*. Princeton Univ. Press, 1975.
26. Kowalew A. A. — O przyczynach moszcznego nieftieobrazowania na Blizniem i Sredniem Wo-
stokie (w porjadkie diskussii). *Gieol. Niefti i Ga-za*, 1974, no. 11.
27. Krebs W., Wachendorf H. — Proterozoic-palaeozoic geosynclinal and orogenic evolution of Central Europe. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 1973, vol. 84, no. 8.
28. Krebs W., Wachendorf H. — Faltungskerne im mitteleuropäische Grundgebirge — Abbilder eines orogenen Diapirismus. *N. Jb. Geol. Paläont. Abh.*, 1974, vol. 147, no. 1.
29. Lancelot Y. — Evolution sédimentaire et mouvement de la plaque pacifique depuis le Crétacé Inferieur. *Rés. Publ. IX Congr. Int. Sédim.*, Nice, 1975.
30. Laurent R. — The Hercynides of South Europe — a model. *Int. Geol. Congr. 24th Sess.*, Sect. 3, 1972.
31. Lemoine M. — Eugeosynclinal domains of the Alps and the problem of past ocean areas. *Int. Geol. Congr. 24th Sess.*, Sect. 3, 1972.
32. Lowell J. D., Genik G. J., Nelson T. H., Tucker P. M. — Petroleum and plate tectonics of the southern Red Sea. *Petroleum and global tectonics*. Princeton Univ. Press, 1975.
33. Martin R. — Sixty years of global tectonics — pros and cons of some modern concepts. *Int. Geol. Congr. 24th Sess.*, Sect. 3, 1972.
34. Mc Cunn H. J. — Vertical uplift explanation for plate tectonics. *Am. Ass. Petr. Geol. Bull.*, 1973, vol. 57, no. 9.
35. Mc Kenzie D. P. — Plate tectonics of the Mediterranean region. *Nature*, 1970, vol. 226, no. 5242.
36. Mietałogienija i nowaja globalnaja tiektonika (red. D. W. Rundkwist i in.) *WSLEGIEI*, 1973.
37. Meyerhoff A. A., Meyerhoff H. A., Briggs R. S. jr. — Continental drift, V: proposed hypothesis of Earth tectonics. *Jour. Geol.*, 1972, vol. 80, no. 6.
38. Mitchell A. H., Bell J. D. — Island-arc evolution and related mineral deposits. *Jour. Geol.*, 1973, vol. 81, no. 4.
39. Mitchell A. H. B., Mc Kerrow W. S. — Analogous evolution of the Burma orogen and the Scottish Caledonides. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 1975, vol. 86, no. 3.
40. Morgan W. J. — Convection plumes in the lower mantle. *Nature*, 1971, vol. 230, no. 5288.
41. Nelson T. H., Temple P. G. — Mainstream mantle convection: a geologic analysis of plate motion. *Am. Ass. Petr. Geol. Bull.*, 1972, vol. 56, no. 2.
42. Ney R. — Tectogenesis of the Carpathians in the light of new tectonics of the Earth's globe. *Mat. i Prace Inst. Geofiz. PAN*, 1976, no. 82.
43. Ney R. — The Carpathians and plate tectonics. *Prz. geol.*, 1976, nr 6.
44. Nicolas A. — Was the Hercynian orogenic belt of Europe of the Andean type? *Nature*, 1972, vol. 236, no. 5344.
45. Nowaja globalnaja tiektonika (tiektonika plit), Red. L. P. Zonenszajn, A. A. Kowalew. *Izd. Mir*, 1974.
46. Nöldeke W., Schwab G. — Geologische Untersuchungen im Tafeldeckgebirge der DDR. *Zeitschr. angew. Geol.*, 1975, Bd. 21, H. 9.
47. Osmaston M. F. — Limited lithosphere separation as a main cause of continental basins, continental growth and epeirogeny. *Impl. Cont. Drift Earth Sci.*, vol. 2, Acad. Press, 1973.
48. Petrascheck W. E. — Some aspects of the relation between continental drift and metallogenic provinces. *Impl. Cont. Drift Earth Sci.*, vol. 1, Acad. Press, 1973.
49. Pożaryski W. — Nowa tektonika globu ziemskiego. *Prz. geol.*, 1971, nr 8—9 i 10.
50. Radulescu D. P., Sandulescu M. — The plate tectonic concept and the geological structure of the Carpathians. *Tectonophysics*, 1973, vol. 16, no. 3/4.

51. Robinson P. L. — Palaeoclimatology and continental drift. *Impl. Cont. Drift Earth Sci.*, vol. 1, Acad. Press, 1973.
52. Rodgers J. — The tectonics of the Appalachians. Wiley-Interscience, 1970.
53. Schenk P. E. — Paleozoic evolution of African Nova Scotia (Canada) — polar and deep to equatorial and continental. *Res. Publ. IX Congr. Int. Sedim.*, Nice, 1975.
54. Sikora W. — Kordyliery (ładę wewnątrzeo-synklinalne) Karpat Zachodnich w świetle teorii tektoniki płyt litosferycznych. *Prz. geol.*, 1976, nr 6.
55. Sorochtin O. G., Uszakow S. A., Fiedinskij W. N. — Dinamika litosferycznych płyt i próischozhdienij miestoroždienij niefti. *Dokl. Akad. Nauk SSSR, sier. geol.*, t. 214, nr 6.
56. Stegena L., Geczý B., Horvath F. — Late Cenozoic evolution of the Pannonian basin. *Tectonophysics*, 1975, vol. 26, no 1/2.
57. Szénás G. — The Carpathian system and global tectonics. *Tectonophysics*, 1972, vol. 15, no. 4.
58. Tarling D. H. — Continental drift and reserves of oil and natural gas. *Nature*, 1973, vol. 243, no. 5405.
59. US Program for the Geodynamic Project. Scope and objectives. *Nat. Acad. Sci. Washington D.C.*, 1973.
60. Valentine J. W., Moores E. M. — Global tectonics and the fossil record. *Jour. Geol.*, 1972, vol. 80, no. 2.
61. Voight B. — Deformable plate tectonics: ductile deformation of old and new lithosphere. *Am. Ass. Petr. Geol. Bull.*, 1974, vol. 58, no. 7.
62. Zonenshain L. P. — Problems of global tectonics. *Am. Ass. Petr. Geol. Bull.*, 1975, vol. 59, no. 1.

SUMMARY

First part of this paper has been published in the former issue. In the second part of it some selected implications of plate tectonics are discussed. Several recent geotectonic hypotheses are briefly reviewed: the hypothesis of mantle plumes (41), the tetrahedral mantle convection pattern (20), the concept of mainstream convection current (42), the possibility of ductile deformation of lithospheric plates (62), the vertical uplift explanation of plate tectonics (35) and the fracture-contraction hypothesis (38). Further on, the concepts concerning the interpretation of the Carpathians and the Central European Hercynian belt in terms of plate tectonics are considered. Some examples of the palaeobiological, palaeoclimatological and sedimentological consequences are given. Finally, the significance of the plate tectonics for the principles of exploration for both metalliferous and oil and gas deposits is stressed.

Concluding remarks contain some proposals for the participation of Polish geoscientists in the international cooperation and in the exchange of ideas. This participation may be extended particularly in the field of spatial and temporal correlation between the geological events in the epicontinental areas of Western Eurasia and the evolution of the adjacent oceanic basins: Tethys, Atlantic and Arctic. This problem is closely connected with one of the most fundamental puzzles of geodynamics, namely with the relationship between horizontal and vertical movements of the lithosphere.

РЕЗЮМЕ

Первая часть работы была опубликована в предыдущем номере журнала. Во второй части обсуждаются некоторые модификации теории тектоники плит. Дается обзор нескольких новейших геотектонических гипотез: гипотезы опережающих форм мантии (41), четырехгранного распределения конвекции в мантии (20), концепции главной конвекционной струи (42), возможности податливой деформации плит литосферы (62), объяснения тектоники плит за счет вертикальных поднятий (35) и гипотезы трещин сжатия (38). Далее рассматриваются концепции, касающиеся интерпретации Карпат и центрально-европейской герцинской зоны согласно положениям тектоники плит. Указаны некоторые примеры палеобиологических, палеоклиматологических и седиментологических последствий. Отмечено, наконец, значение тектоники плит в области поисков полезных ископаемых, как рудных, так и нефти и газа.

В заключение даются некоторые предложения относительно участия польских исследователей в международном сотрудничестве и обмене взглядами. Особенно это касается проблем временной и пространственной корреляции геологических событий в эпиконтинентальных бассейнах западной Евразии с эволюцией прилегающих океанических бассейнов: Тетиса, Атлантического и Арктического океанов. Эта проблема близко связана с одной из важнейших геодинамических загадок — соотношениями между вертикальными и горизонтальными движениями литосферы.