

ROZWÓJ POGLĄDÓW NA ZAGADNIENIE TEORII TEKTONIKI PŁYT

UKD 581.242.5(100):001.51

W ostatnich latach obserwuje się szybki wzrost ilości opracowań poświęconych reinterpretacjom różnych zjawisk i procesów geologicznych w nawiązaniu do teorii tektoniki płyt; prowadzone są również badania dla sprawdzenia wiarygodności tej teorii. Prace te dotyczą zwłaszcza faktów geofizycznych odnoszących się do zjawisk zachodzących w skorupie i górnym płaszczu Ziemi. Przedstawiane interpretacje są często kontrowersyjne, a niektóre podważają lub modyfikują podstawowe założenia tej teorii. Odnotować można nawet pewien nawrót do fiksizmu, zwłaszcza w przypadku teorii górotwórczych.

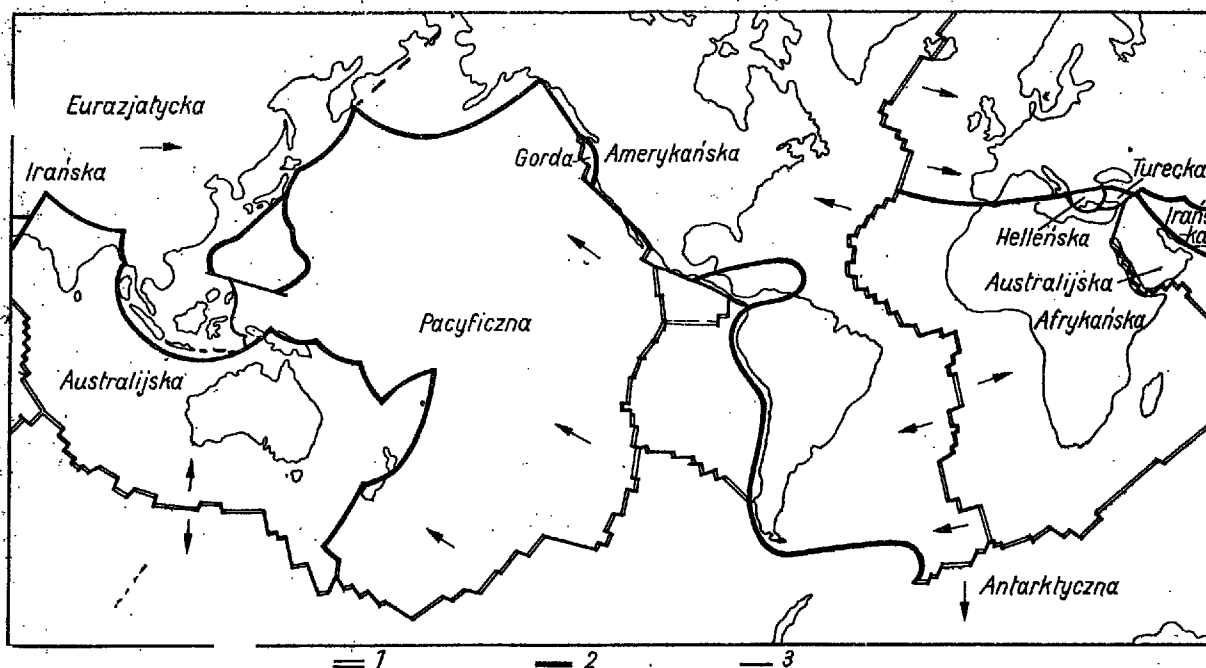
Na łamach „Przeglądu Geologicznego” przedstawiono już genezę i główne zasady teorii określanej jako nowa tektonika płyt lub nowa tektonika globu (24). Teraz chcielibyśmy pokazać dalsze jej losy i omówić najważniejsze kierunki rozwoju. Przypomnijmy główne tezy teorii tektoniki płyt.

Podstawą modelu nowej tektoniki płyt jest pojęcie płyt — gigantycznych, zasadniczych fragmentów skorupy ziemskiej, które przesuwały się względem siebie, rozdzielają i zderzają ze sobą. Granice tych płyt są wyraźnie zaakcentowane przez pasy trzęsień ziemi. Wyróżnia się trzy typy granic między płytami:

1) gdy dwie płyty się rozstruwają; materiał z bardziej gorących stref pod płytami podnosi się ku powierzchni przez powstałe pęknięcia, krzepnie i łączy się z jedną z płyt. Proces ten zachodzi w obrębie grzbietu oceanicznego, to jest formy morfologicznej o wysokości do 3000 m, znanej ze wszystkich oceanów. Właśnie te grzbiety oceaniczne (*mid-oceanic ridges*) wyznaczają przebieg granic między płytami. Stygnąca skała ulega namagnetyzowaniu zgodnemu ze współczesnym kierunkiem pola magnetycznego. Odwrócenia kierunków biegunów magnetycznych, jakie miały miejsce w przeszłości, dały podstawę do odczytania chronologii, na podstawie której można datować wiek skał tworzących dno oceaniczne, a stąd określać kierunek i szybkość ruchu płyty.

2) drugi typ granicy między płytami charakteryzuje się przesuwaniami dwóch płyt względem siebie (*strike-slip boundary*). Przykładem takiej granicy jest uskok San Andreas w Kalifornii, gdzie brzeg płyty pacyficznej przesuwa się ku NW z szybkością kilku centymetrów na rok, unosząc ze sobą wąski skrawek wybrzeży Kalifornii.

3) najbardziej skomplikowany typ granicy między płytami ma miejsce, gdy jedna płyta nasuwa się na



Ryc. 1. Podział skorupy ziemskiej na płyty, z zaznaczeniem przebiegu ryftów oceanicznych, rowów i uskokiów przesuwowych (wg Deweya, 10).

1 — rzybiety oceaniczne, 2 — rowy oceaniczne, 3 — uskoki przesuwowe

Fig. 1. Subdivision of the Earth's crust into plates and the course of mid-ocean ridges, deep-sea trenches and transcurrent faults (after Dewey, 10).

1 — mid-ocean ridges, 2 — deep-sea trenches, 3 — transcurrent faults.

drugą, która zanurza się pod nią w płaszcz, gdzie ulega podgrzaniu i asymilacji. Na kontakcie dwóch płyt powstaje zwykle rów oceaniczny. Bloki sialiczne nie są wciągane pod skorupę w głąb płaszczu i z reguły występują na płycie nasuwającej się ze względu na swój mniejszy ciężar właściwy.

Z publikacji i przebiegu kongresów wynika, że większość geotektoników (ale bynajmniej nie wszyscy) akceptuje istnienie tych zjawisk w przedziale alpejskich epok tektonicznych. Obecnie znany jest już kształt, położenie i kierunki ruchu głównych współczesnych płyt skorupy ziemskiej (ryc. 1). Nadal trwają próby odczytania tych danych w odniesieniu do kenozoiku i mezozoiku. Jednocześnie, częściowo pod presją krytyków teorii płyt, obserwuje się ostatnio intensyfikację badań nad geochemiczno-fizycznymi aspektami tej teorii.

Drugi, obecnie bardziej istotny front badań, to kontynenty. Według teorii tektoniki płyt stara skorupa oceaniczna ulega wciąganiu w głąb płaszczu i asymilacji. I rzeczywiście, nie stwierdzono nigdzie skorupy oceanicznej (na dnach oceanów, a nie w obrębie pasm fałdowych na kontynentach) powstałej przed środkową jurą. Toteż dalsze badania dna oceanicznego nie mogą dostarczyć żadnych danych o ruchu płyt w okresach wcześniejszych. W tej sytuacji jedyną podstawą do odtworzenia ruchu płyt w przeszłości pozostaje analiza skutków zakładanego ruchu skorupy oceanicznej, to jest analiza przesunięć i deformacji kier kontynentalnych, wynikających z wleczenia ich przez płyty skorupy oceanicznej.

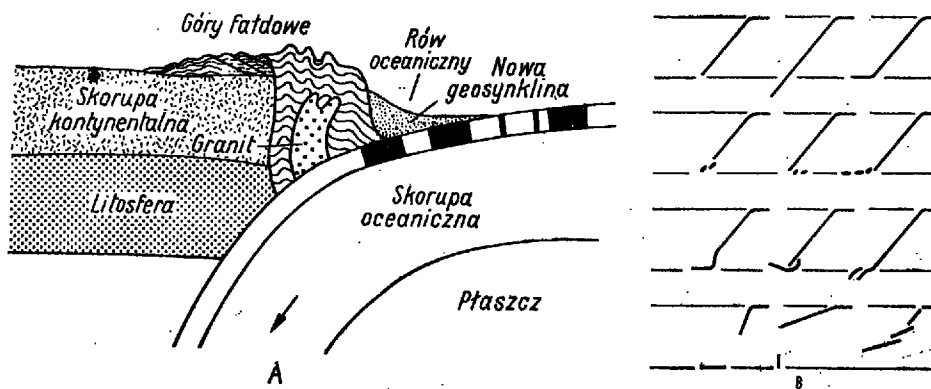
BADANIA SKORUPY OCEANICZNEJ

Magnetyzm. Rozszerzenie badań magnetycznych na wszystkie obszary oceaniczne wykazało (22), że tylko niektóre młode, przyryftowe części dna wykazują wyraźne anomalie pasowe. Pozostałe obszary dna, a zwłaszcza te usytuowane przy brzegach kontynentów na ogół wykazują niewyraźne anomalie magnetyczne lub ich brak (strefy spokoju magnetycznego — smooth magnetic zones). Dla wyjaśnienia tych ostatnich wysunięto wiele różnych hipotez; m. in. sugeruje

się, że subsydencja mogła spowodować zacieranie się anomalii pasowych, gdyż skorupa oceaniczna mogła tu przekroczyć granicę Curie, w wyniku przykrycia jej grubą warstwą osadu. Według innej hipotezy te obszary dna powstały w okresach spokoju magnetycznego, jakie stwierdza się w kredzie i jurze, tj. w czasie, gdy powstawały te partie dna oceanicznego. Znane są i inne obszary bez wyraźnych anomalii magnetycznych, usytuowane z dala od wybrzeży. W takich przypadkach ich geneza tłumaczona jest raczej tą ostatnią hipotezą. Niemniej należy stwierdzić, że badania nad anomaliami magnetycznymi pozwoliły na dość dokładne odtworzenie kierunków i szybkości ruchu płyt w późnym mezozoiku i kenozoiku.

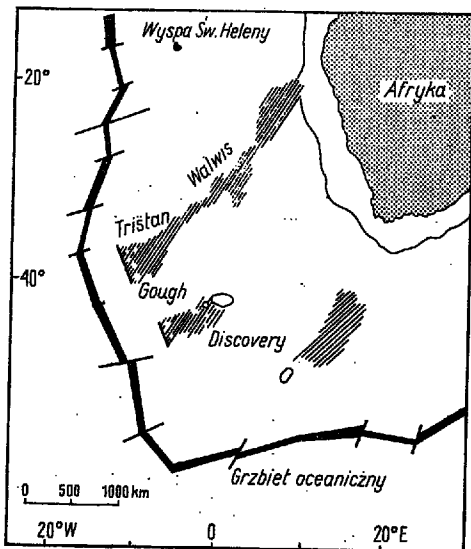
Ryfty oceaniczne i strefy subdukcji. Ryfty oceaniczne, w których tworzy się nowa skorupa oceaniczna, są obecnie dość dobrze poznane, ale należy podkreślić istnienie poważnych rozbieżności w interpretacji zmian i różnic obserwowanych wzdłuż światowego systemu ryftów (19). Bardziej skomplikowany okazuje się charakter stref, gdzie płyty kolidują (zderzają się) ze sobą. Podstawowy proces zachodzący w tych strefach, czyli podsuwanie się jednej płyty pod drugą (subdukcja), zachodzi na znacznych głębokościach i dlatego jest trudny do prześledzenia. Charakter tych stref okazał się bardziej skomplikowany i dyskusyjny niż to zakładali twórcy nowej tektoniki płyt. Zaobserwowano tu wiele zjawisk wskazujących na rozpad zanurzającej się płyty na niezależne segmenty, wielokrotnie przyjmujące różne położenie (2, 21; patrz ryc. 2). Zjawisko to jest tłumaczone większą gęstością skorupy oceanicznej niż astenosfery w związku z niższą temperaturą tej pierwszej. Istnienie takich różnic w gęstości pozwalałoby w pewnych przypadkach na oddzielanie się i szybsze pogrążanie pewnych segmentów skorupy oceanicznej. Notuje się także przypadki płytkiego, pozornie prawie poziomego zalegania skorupy oceanicznej w strefie subdukcji. Van Bemmelen tłumaczy je stacjonarnym charakterem płyty oceanicznej, na którą nasuwa się skorupa płyty kontynentalnej.

Hipoteza płam gorąca. Z tym ostatnim zjawiskiem łączy się hipoteza płam gorąca (hot spots) wysunięta



Ryc. 2. A — strefa subdukcji skorupy oceanicznej przy skraju kontynentu (wg Deweya i Birda, 7); B — różnice w sposobie zalegania płyty oceanicznej (linie grubsze) w strefie subdukcji.

Fig. 2. A — zone of subduction of ocean crust at the continental margin (after Dewey and Bird, 7); B — differences in orientation of oceanic plate (heavy line) in the subduction zone.



Ryc. 3. Ciągi wysp wulkanicznych (szrafura skośna) na atlantyckiej części płyty afrykańskiej, związane z działalnością plam gorąca (wg Wilsona, 35).

Fig. 3. Volcanic island chains (oblique strokes) on Atlantic part of African plate, interpreted as related to the action of hot spots (after Wilson, 35).

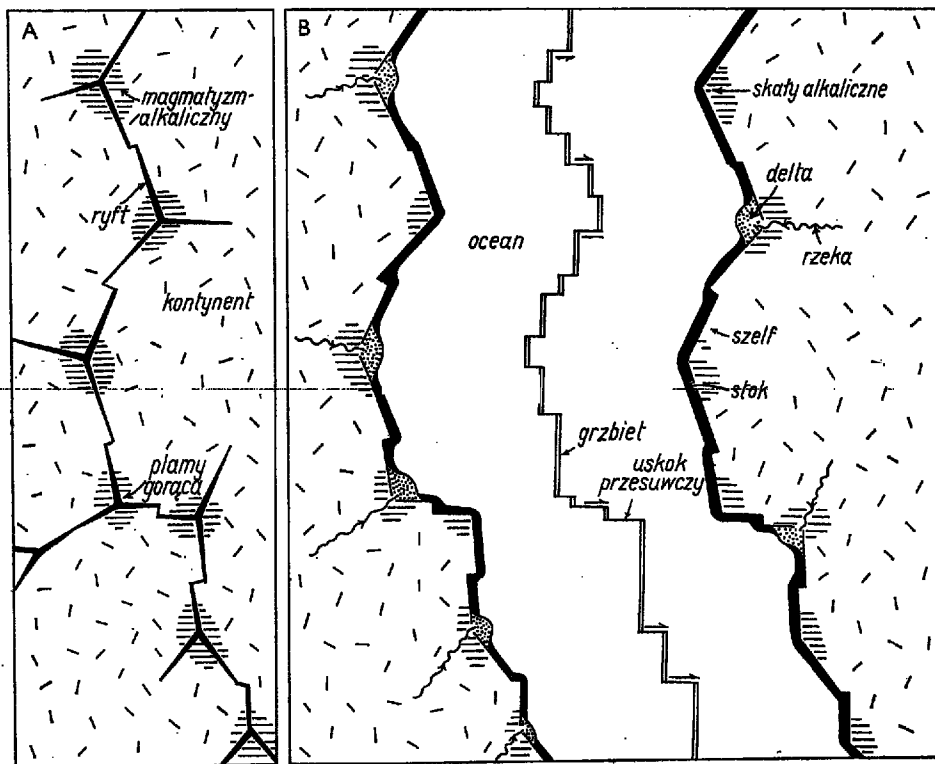
przez J. T. Wilsona (34, 35) pod nazwą hipotezy pióropuszy płaszcz (mantle plumes). W istocie hipoteza ta jest bardziej ewolucyjną odmianą teorii prądów konwekcyjnych. Pierwotnie miała ona wyjaśniać przyczynę wędrowki kontynentów, a od początku formułowania teorii nowej tektoniki płyt tłumaczono nią mechanizm napędowy przesuwaną wielkie płyty skorupy ziemskiej. J. T. Wilson wyróżnia w skorupie szereg drobnych izometrycznych plam gorąca. Plamy te biorą swój początek w głębszych warstwach płaszczu, w astenosferze, przechodzą przez płyty i zaznaczają się wyraźnie na powierzchni Ziemi przez skoncentrowanie przejawów magmatyzmu. Strumień ciepły przechodzący przez płytę oceaniczną powoduje powstanie wysp wulkanicznych nie związanych ze strefą subdukcji (np. Hawaje i Kodiak-Bowie — wyspy NW Pacyfiku).

Zasadnicze znaczenie hipotezy pióropuszy płaszczu wiąże się z założeniem stałego położenia źródła ciepła w płaszczu w interwałach czasu rzędu 100 mln lat. W ten sposób powstało kryterium ruchu nie w odniesieniu do wzajemnego ruchu płyt czy też biegu-

nów magnetycznych, ale „nieruchomego” w założeniu, głębszego podłoża mobilnych płyt i prądów horyzontalnych w astenosferze. W konsekwencji przesuwanu się płyty muszą towarzyszyć ciągi wysp wulkanicznych, których geneza wiązałaby się również z nieruchomym źródłem pióropusza ciepła. Ciąg taki wydłużony jest w kierunku ruchu płyty, prostopadle do ryftu oceanicznego (ryc. 3), w przeciwieństwie do równoległych łańcuchów wulkanicznych ciągnących się wzdłuż rowu oceanicznego (równoległe do ryftu). Na podstawie tego zjawiska J. T. Wilson (35) wysunął hipotezę nieruchomości płyty afrykańskiej. Wzdłuż niej można przypuszczać, że Afryka nie przemieszcza się od ok. 25 mln lat, gdyż obszary wulkaniczne tego kontynentu zajmują przez ten czas nie zmienione położenie. Uprzednio płyta ta przesuwała się ku NE, na co wskazują ciągi wysp wulkanicznych na oceanicznej atlantyckiej części tej płyty (ryc. 3). Tą drogą próbuje się ustalić ruchy wszystkich płyt na globie, korelując je z innymi danymi. Gdyby ujęcie to okazało się właściwe, postawiłoby to w nowym świetle wzajemny ruch płyt, który nie musiałby być regulowany wyłącznie przez symetryczne różsuwanie się płyt oceanicznych względem osi ryftu. Na podstawie tej hipotezy usiłuje się wyjaśnić także i wiele innych zjawisk, np. model rozrywania skorupy kontynentalnej wzdłuż linii plam gorąca (ryc. 4), zaproponowany ostatnio przez Deweya i Burke (8).

Wyniki badań nad łańcuchami wysp wulkanicznych Hawajów i Kodiak-Bowie na NW Pacyfiku (28) wskazują, że blisko usytuowane plamy gorąca mogą przesuwać się względem siebie. Obecnie hipoteza plam gorąca jest testowana w ramach 3 fazy Projektu Głębokomorskich Wierceń. Sprawdzeń ten polega na wykonaniu z pokładu statku „Glomar Challenger” wierceń tak usytuowanych, aby oberwały płaszcz osadów u podnóży gór morskich. Wyniki tych wierceń powinny pozwolić na datowanie początku i końca głównej fazy wulkanizmu, a tym samym na stwierdzenie czy w obrębie łańcucha gór morskich występuje sekwencja zjawisk wulkanicznych, wywołana przesuwaniami się płyty nad stałym źródłem ciepła. Wstępne wyniki wierceń wykonanych na obszarze między Hawajami a Tahiti (28) nie wskazują na istnienie takiej sekwencji, a raczej przeciwnie — na epizodyczny charakter zjawisk wulkanicznych na tym obszarze. Stawia to pod znakiem zapytania prawdziwość hipotezy Wilsona (34, 35).

Mechanizm ruchu płyt. Mechanizm napędowy płyt jest dotąd szeroko dyskutowany (19), ale wydaje się, że szala zaczyna się powoli przechylać na stronę zwolenników konwekcji. Dotychczas wielu autorów postulowało istnienie takich lub innych plam ciepła, a obecnie R. N. Andersonowi (1) udało się wyróżnić plamy zimna (cold spots) na obszarze płyty Cocos (Ameryka Środkowa). Spostrzeżenia Andersona są bardzo istotne, ponieważ z badań eksperymentalnych nad prze-



Ryc. 4. Rozrywanie kry kontynentalnej wzdłuż linii plam gorąca (wg Dewey'a i Burke'a, 8).

Fig. 4. Break-up of continental block along line of hot spots (after Dewey and Burke, 8).

plywem konwekcyjnym w cieczy newtonowskiej wynikało, że prąd zstępujący konwekcji astenosfery powinien wywołać mały wpływ ciepła, anormalnie wielkie przegłębienie dna oceanicznego i ujemne anomalie grawitacyjne. Badania Andersona wykazały, że takie wymogi spełnia część płyt Cocos tworząca dno basenu Gwatemali. W tej sytuacji trwają poszukiwania innych plam zimna.

TEKTONIKA PŁYT A GÓROTWÓRCZOŚĆ

W strefach kolizji płyt mogą mieć miejsce intensywne deformacje przywleczonego tu masy sialu. W wyniku kolizji powstają różnorodne, bardzo skomplikowane formy, jak łuki wysp czy pasma orogeniczne. Niesłychane skomplikowanie budowy młodych i średnich orogenów stoi jednak wciąż w rażącej dysproporcji do stosunkowo prostych modeli, jakimi operują wciąż zwolennicy teorii tektoniki płyt (13). Ogólnie przyjmuje się, że: 1) kolizja płyt niosących kry kontynentów prowadzi do powstania orogenu typu Himalajów, 2) gdy tylko jedna płyta niesie krę kontynentalną — do powstania orogenu typu Andów czy Kordylierów, a 3) gdy płyty niosą tylko niewielkie bloki czy masy sialu — to powstają orogeny o niewielkiej miąższości osadów sialicznych, np. łuki wysp.

W próbach analizy alpejskich i przedalpejskich łańcuchów orogenicznych szczególną trudność sprawia bariera poznawcza związana z młodym, pośrodkowojurajskim wiekiem skorupy oceanicznej. W tej sytuacji fiksiści zyskali ostatnio ponownie na znaczeniu. Rozbudowują oni swe teorie górotwórcze na podstawie nowych danych o budowie skorupy sialicznej i jej podłoża.

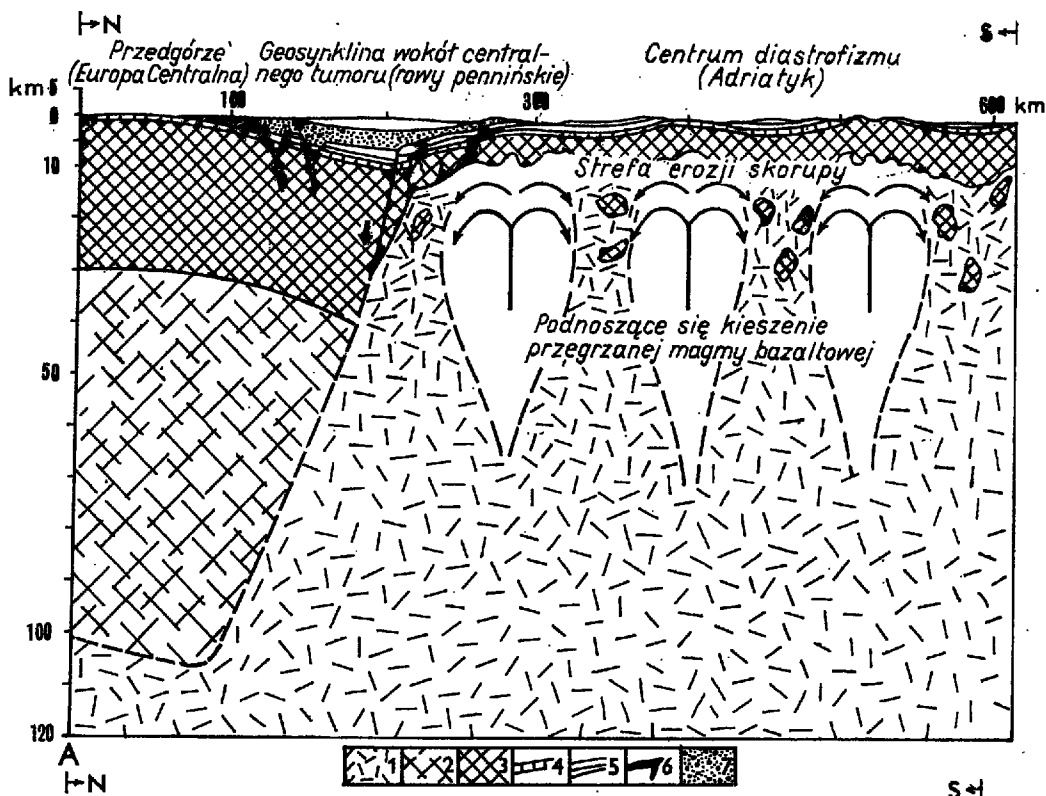
Kopalna skorupa oceaniczna i osady głębokomorskie. Główne trudności przy interpretacji zjawisk górotwórczych w terminach tektoniki płyt wiążą się z odnajdywaniem reliktywów skorupy oceanicznej, rowów oceanicznych, stref subdukcji i typów wulkanizmu z nimi związanych oraz wielkich form, takich jak kopalne brzozy kontynentów. Szczególnie ostre kontro-

wersje wiążą się z formami pierwszego z powyższych typów, to jest ze skałami, które miałyby być kopalnymi fragmentami skorupy oceanicznej oraz z identyfikacją kopalnych osadów głębokomorskich. Za takie skały uważa się ofiolity, warstwowane czerty i inne skały krzemionkowe, wapienie pelagiczne i flisz.

Do tej pory duże znaczenie przywiązuje się do ofiolitów, tj. zespołu skał magmowych (od zasadowych do ultrazasadowych) oraz towarzyszących im skał osadowych (warstwowane czerty, łupki i wapienie — 14). W teorii tektoniki płyt ofiolity interpretowano jako fragmenty skorupy oceanicznej powstałe w ryftach oceanicznych i wciągnięte w trakcie fałdowań w głąb utworów geosynklynalnych. Taką interpretację kwestionuje wielu badaczy, a głównie badacze radzieccy. Problem ten był szeroko dyskutowany w trakcie sympozjum ofiolitowego, jakie odbyło się w maju i czerwcu 1973 r. w ZSRR. Świetne przykłady terenowe przekonały przynajmniej część przybyłych geologów zachodnich, że wiele „typowych” ofiolitów reprezentuje skały powstałe w geosynklinach i przemieszczone do powierzchni wzdłuż głębokich rozłamów (5). Inne trudności, na jakie natrafiają zwolennicy interpretacji ofiolitów jako fragmentów skorupy oceanicznej, to brak współczesnych odpowiedników kopalnych serii ofiolitowych (25).

Z innych typów litologicznych, uważanych za typowe dla warunków głębokowodnych, odpadł obecnie flisz. Utwory fliszowe równie dobrze mogły osadzać się na niewielkich głębokościach na sialicznym podłożu, czego najlepszym przykładem jest kredowy flisz Sudetów (17). Podobnie podważane jest znaczenie batymetryczne innych „głębokowodnych” skał osadowych. Obecnie wielu autorów wątpi w jakiegokolwiek identyfikację kopalnych odpowiedników współczesnych osadów głębokowodnych.

Konstruowanie modeli orogenów. Zwolennicy teorii płyt wykorzystują ofiolity i głębokowodne osady do rozdzielania poszczególnych bloków sialicznych w obrębie pasm orogenicznych. Chodzi tu o wyróżnienie starszych, przeważnie metamorficznych maszywów wstępujących w obrębie orogenu i będących częściowo



Ryc. 5. Geosynklina Alp w fazie flyszowej (środkowa kreda), (wg Bemmellena, 2).

1 — astenosfera z kieszeniami eutektycznie wydzielonej magmy bazaltowej, 2 — krystaliczna substancja górnego płaszczka tworząca część litosfery zalegająca poniżej powierzchni Moho, krystaliczna sima lub pirolit, 3 — krystaliczna skorupa kontynentalna powyżej powierzchni Moho, skorupa sialiczna, 4 — permo-triasowe osady strefy tetydzkiej, 5 — jurajsko-kredowe osady strefy tetydzkiej, 6 — ofiolitowe wylewy i intruzje, 7 — środkowokredowe osady flyszowe utworzone z materiału detrytycznego pochodzącego z obszaru źródłowego położonego w środkowej części Adriatyku

Fig. 5. Alpine geosyncline during the Flysch phase (Middle Cretaceous) (after van Bemmellen, 2).

1 — asthenosphere with pockets of eutectically separated basalt magma, 2 — crystalline matter of upper mantle, forming part of lithosphere occurring below M-surface, crystalline sima or pyrolite, 3 — crystalline continental crust above M-surface, sialic crust, 4 — Permo-Triassic deposits of Tethyan zone, 5 — Jurassic-Cretaceous deposits of Tethyan zone, 6 — ophiolite extrusions and intrusions, 7 — Middle Cretaceous Flysch deposits formed of detrital material derived from allmentary areas situated in central part of the Adriatic.

przyczyną jego mozaikowej budowy. Masywy te są obecnie określane mianem mikrokontynentów. Identyfikacja mikrokontynentów w obrębie pasm najmłodszych gór (alpidów) okazuje się trudna nawet w przypadku tak dobrze poznanych obszarów jak Europa. Próby wydzielenia mikrokontynentów na tym obszarze poczynili Smith (29) oraz Dewey i in. (10), głównie na podstawie dzisiejszej geografii oraz danych geofizycznych i geologicznych. Z kolei Abouin oraz Ryan i in. (16) faworyzują przede wszystkim kryteria paleogeograficzne.

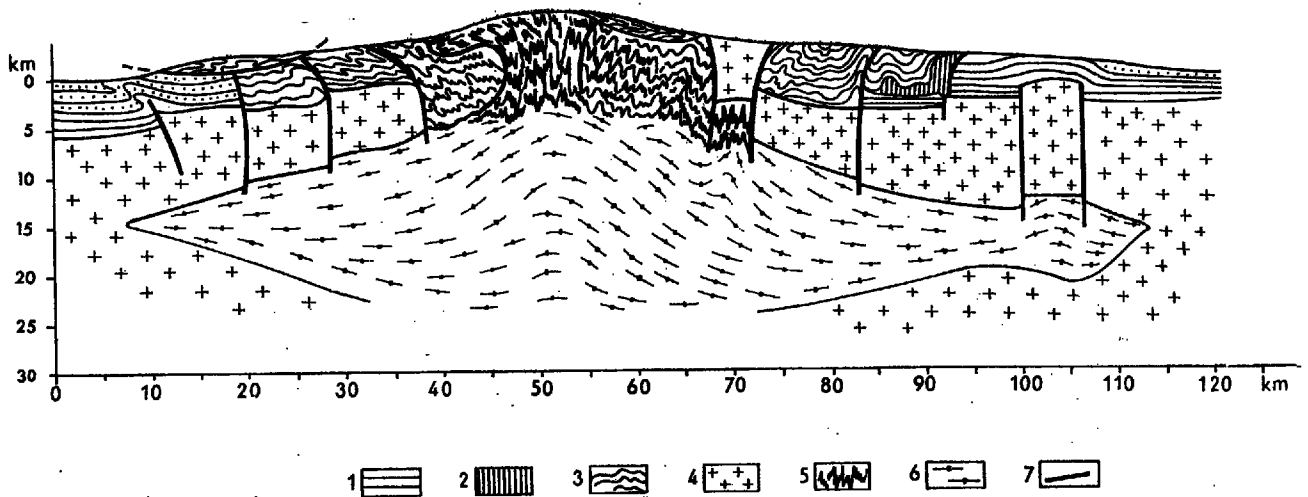
Gdy już rozróżni się poszczególne mikrokontynenty i odtworzy ich względne ruchy w przeszłości można przystąpić do tworzenia modelu orogenu jako wyniku kompresji, kolizji i względnych przesunięć wielu różnych kontynentów i mikrokontynentów. Modele orogenu w terminach tektoniki płyt, jak to przyznają sami ich twórcy, są wciąż znacznym uproszczeniem, jakby widokiem na orogen z pokładu statku kosmicznego (10). Toteż można wiązać duże nadzieje z dalszym postępowaniem w sondowaniu sejsmicznym skorupy ziemskiej (31), które pozwala spojrzeć na orogen w przekroju poprzecznym i „od dołu”. W tej sytuacji można przypuszczać, że sukces będzie należał do tej grupy specjalistów, która zastępuje najbardziej wszechstronne podejście do skonstruowania modelu orogenu, wykorzysta analizę zdjęć satelitarnych i radarowych, sondowań sejsmicznych oraz innych materiałów. Takie podejście dałoby dobry model obecnego rozmieszczenia mas skalnych — budowy wewnętrznej orogenu. Dla zrozumienia tej budowy i prognozowania jej dalszych zmian konieczne jest

jeszcze odtworzenie historii orogenu, czyli przemieszczeń mas w przeszłości, tu zaś wyłania się ponownie problem paleogeografii.

Podstawowymi metodami odtwarzania położenia poszczególnych bloków sialicznych w przeszłości pozostają dotąd paleomagnetyzm oraz analiza podobieństw facji sedymentacyjnych. Metody te okazują się jednak zawodne, zwłaszcza w przypadku niewielkich bloków sialicznych, takich jak np.: wiele mikrokontynentów w obrębie europejskich łańcuchów alpidów (10, 29, 30).

W ostatnich latach zwrócono większą uwagę na jeszcze jeden czynnik dający podstawę do ustalania wzajemnego połączenia kontynentów czy mikrokontynentów, tj. na paleobiogeografię (23, 32, 33). Wyznaczenie prowincji paleobiogeograficznych pozwala na ustalenie regionów ekologicznych zasiedlonych przez odrębne fauny i flory. Ostra granica rozdzielająca obecnie takie regiony może odpowiadać nielstniejącym już głętokim basenom oceanicznym rozdzielającym uprzednio kry kontynentalne i przyległe obszary szelfowe, a tym samym zamieszkujące je fauny. Ta metoda ustalania kopalnych obszarów oceanicznych nie jest jeszcze w pełni wykorzystana, ale prace na ten temat są coraz liczniejsze.

Należy zauważyć, że pojęcie mikrokontynentów wykorzystują także przedstawiciele zwolenników stabilnej interpretacji. Wiążą oni mikrokontynenty z ośrodkami wpływu ciepła ku górze, a również magmy z płaszczka (2; rys. 5). Zjawiska tego typu są jednak dopuszczalne w klasycznych modelach tektoniki



Ryc. 6. Ogólny schemat fałdowania proponowany przez Bielousova (1972).

1 — późnwersyjne formacje osadowe (głównie flysz i molasa), 2 — sole i gipsy, 3 — przedinwersyjne formacje osadowe (ofiolity, skały krzemionkowe, łupki, wapień), 4 — podłoże skorupowe powstałe w trakcie poprzednich cykli endogenicznych, 5 — łupki metamorficzne tworzące głęboki diapir, 6 — uaktywnione podłoże, 7 — uskoki

(Uwaga — szrafura 1 powinna zawierać kropki między liniami).

Fig. 6. General scheme of formation of folding, proposed by Belousov (1972).

1 — post-inversion sedimentary formations (mainly Flysch and molasse), 2 — salt and gypsum, 3 — pre-inversion sedimentary formations (ophiolites, siliceous rocks, slates, limestones), 4 — crustal basement formed during previous endogenic cycles, 5 — metamorphic schists constituting a deep diapir, 6 — activated basement, 7 — faults.

(Note — pattern 1 should be dotted between lines).

plytowej, gdzie łączy się je ze strefą subdukcji (strefa Benioffa — 7). Pasują one bardzo dobrze do wyżej omówionej hipotezy płam gorąca rozbudowywanej przez Wilsona (35) i Morgana (20). Ci ostatni autorzy są typowymi mobilistami, ale ich pojęcie pióropuszy płaszcza jest bardzo statyczne i może być wykorzystywane dla udowodnienia grawitacyjnych ruchów w skorupie kontynentalnej, jak i oceanicznej (2). W tym sensie rozumie przyczyny i mechanizm ruchów górotwórczych W. W. Bielousow, którego poglądy przeżywiają obecnie renesans, zwłaszcza w przypadku górotwórczości na kontynentach (ryc. 6). Dotyczy to szczególnie tych łańcuchów górskich, które nie biegną równoległe do granic dzisiejszych kier kontynentalnych.

Kordyliery Ameryki, a ściślej wieniec gór wokółpacyficznych i łańcuchy Apalachów łącznie z kaledonidami brytyjskimi i skandynawskimi są nadal interpretowane ściśle w ramach tektoniki płyt. R. S. Dietz (11) zgadza się tu wyraźnie z stillowską zasadą dorastania kontynentów i stara się nawiązać do dawnych pojęć. Wyróżnia on część eugeosynklinálną, rozwiniętą zawsze jako ensimatyczną.

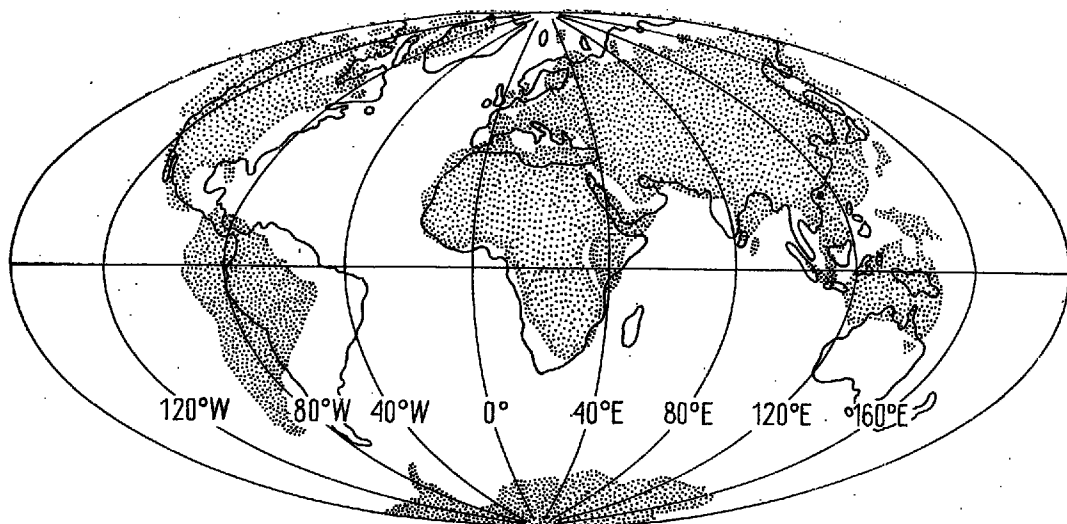
PRÓBY REWIZJI POJĘĆ: GEOSYNKLINA, OROGENEZA I KRATON

Należy odnotować szereg prób rewizji takich pojęć, jak: geosynklina i orogeneza (4, 6). Najważniejsze jest tu odejście od skrajnie deterministycznego ujęcia, w którym depozycja znacznej miąższości serii osadowych miała nieuchronnie prowadzić do ich sfałdowania. Obecnie wiemy, że orogeneza może mieć miejsce mimo braku grubych serii osadowych, jak w przypadku łuku Marianów, oraz że grube serie osadowe same nie gwarantują wystąpienia ruchów górotwórczych. Należy zatem stwierdzić, że grube serie osadowe nagromadzone w ortogeosynklinach są wynikiem a nie przyczyną orogenezy (13). Z tego powodu popularność zyskuje obecnie paradoks Coneya (6), że związek przyczynowy pomiędzy akumulacją grubych serii osadowych na stoku kontynentalnym a ich późniejszym sfałdowaniem przy kolizji kontynentów jest taki sam, jak między zderzeniem umieszczonym z przodu samochodu i wypadkiem drogowym.

Przy przewartościowaniu powyższych pojęć konieczne było ustosunkowanie się do szeroko rozpowszechnionej hipotezy wzrostu kontynentów (kratonów) poprzez doklejanie kolejnych pasm geosynklinálnych.

Wyżej wspomniany wzrost kontynentów poprzez doklejanie kolejnych pasm geosynklinálnych, głoszony przez Dana już w 1864 r., jest wciąż najbardziej popularną hipotezą odnośnie do kierunku rozwoju skorupy ziemskiej. Bardzo krytykowany, znalazł ostatnio licznych obrońców pośród twórców nowej tektoniki płyt (9, 11). W hipotezie tej deterministycznie ujmowane geosynkliny są strefami akumulacji osadów usytuowanymi na skraju kratonu. Cały nagromadzony osad ulega sfałdowaniu i częściowo metamorfizacji i wraz z pakietami skał magmowych zostaje dołączony do kratonu jako jego nowe „piętro strukturalne”. Możliwy jest jednak rozpad kratonu na bloki i odsunięcia poszczególnych bloków od siebie w wyniku rozszerzania się dna morskiego. W takim przypadku stoki kontynentalne po przeciwległych stronach nowego basenu oceanicznego mogą stać się nowymi obszarami geosynklinálnymi (geoklinami Dietza; 11). Po ich sfałdowaniu, w wyniku kolizji czy podsunęcia się płyty oceanicznej, do kontynentu zostaje „dołączone” nowe „piętro strukturalne”, które w skrajnym przypadku może przebiegać równoległe do starszych pięter strukturalnych, ale najczęściej jest ukośne, a nawet prostopadłe. W starszych pasmach orogenicznych takie przecinanie się obserwujemy w przypadku kratonów Ameryki Północnej (36), Europy (27), Afryki. Takiego przecinania się należy oczekiwać także i w młodszych pasmach orogenicznych, jak: Kordyliery, Andy, pasma alpidów Eurazji, gdzie spod albo spośród sfałdowanych serii mezo- i kenozoicznych odsłaniają się fragmenty krystalicznego, sialicznego podłoża sfałdowanego w poprzednich cyklach. Stąd wniosek, że geosynklinálna pasma są po prostu mobilnymi obszarami, gdzie starsza skorupa sialiczna jest ponownie przerabiana, wydaje się nie pozbawiony podstaw. W takim przypadku „kraton” jest przejściową formą strukturalną skorupy kontynentalnej, która w każdej chwili może zostać reaktywowana.

Budowa dzisiejszych kontynentów świadczy o tym, że ruch płyt nie zaczął się wraz z rozpadem superkontynentu Pangei w triasie. Wydaje się, że mezozoiczno-kenozoiczny epizod ruchów płyt poprzedzało szereg innych epizodów, z których każdy mógł pro-



Ryc. 7. Geografia Ziemi za 50 mln lat. Mapa skonstruowana przy założeniu, że szybkości i kierunki przesunięć płyt nie ulegną poważniejszym zmianom (wg Dietza i Holdena, 12).

Fig. 7. Geography of the Earth after 50 m. y. Map constructed with the premise that velocities and directions of plate motions will not be subjected to any greater changes (after Dietz and Holden, 12).

wadzić do rozrywania jednych kier kontynentalnych i do kolizji (a stąd do spajania) innych. Wyniki nowszych badań nad paleogeografią Ziemi sugerują, że pojęcie prakontynentu Pangei, który miałby skupiać w jedną całość wszystkie masy sialu do triasu (12), nawet nie jest uproszczeniem. W przypadku lądów „Gondwany” chyba rzeczywiście przez znaczną część paleozoiku kontynenty Ameryki Południowej, Afryki i półwysep Dekan stanowiły jeden blok, natomiast położenie Antarktydy i Australii względem tego bloku dotąd pozostaje sprawą sporną. Należy tu jednak zauważyć, że nawet ten „superkontynent” Ameryki Południowej, Afryki i Dekanu okazuje się wynikiem wielu następujących po sobie cykli orogenicznych, z których pewne już próbuje się interpretować w terminach tektoniki płyt (18). Brak także dowodów na istnienie jakiegś ciąglej masy kontynentalnej na półkuli północnej przed triasem. Wiele dowodów przemawia za tym, że obszary ZSRR położone na północ od Gór Wierchojańskich zostały dołączone do Azji dopiero w późnym mezozoiku. Położenie subkontynentu Chin w mezozoiku i paleozoiku jest dotąd przedmiotem spekulacji (30). Ponadto należy wspomnieć, że dane paleomagnetyczne dla platform — wschodnioeuropejskiej i syberyjskiej sugerują, że przesuwały się one niezależnie jeszcze w mezozoiku (15). Obecnie istnienie Proto-Atlantyku w dolnym paleozoiku raczej nie jest kwestionowane, a z kolei podnosi się problem istnienia oceanu Proto-Tetydy. Ocean ten miał rozdzielać Masyw Czeski i obszary położone na S i SW od niego od obszarów platformy wschodnioeuropejskiej oraz przyległych w starszym paleozoiku i uległ zamknięciu w trakcie orogenezy wawaryjskiej (3, 33).

WNIOSKI

Wiele zjawisk związanych z górotwórczością na kontynentach wiązać można z przesunięciami płyt skorupy ziemskiej. Rozprzestrzenienie tych zjawisk w czasie i przestrzeni sugeruje, że ruch płyt trwa co najmniej od późnego prekambriu do chwili obecnej, obejmując całą powierzchnię Ziemi. Intensywność tego ruchu zmienia się w czasie, ale najbardziej spektakularne jego efekty — powstawanie pasm gór fałdowych o bardzo skomplikowanej budowie wewnętrznej — zdają się zależeć nie od szybkości tego ruchu, ale od tego, czy nastąpi zderzenie odpowiednio dużych mas sialu wleczonych przez płyty. Na pytanie: kiedy ten ruch ustanie — także nie ma dotąd odpowiedzi. Przypuszczalnie będzie się on kontynuował przez setki

milionów lat, a jego efektem będą ciągle dalsze zmiany w rozmieszczeniu mas lądowych. Pozwalamy sobie przedstawić tu prognostyczną mapę świata za 50 mln lat, skonstruowaną przy założeniu, że nie będzie większych zmian w szybkości i kierunku ruchu płyt (ryc. 7).

Jedną z głównych wad teorii tektoniki płyt* jest ograniczenie jej przydatności tylko do rozważań dotyczących znacznych obszarów. Teoria tektoniki płyt zyskała rzeczywiście ogromną popularność, a niektórzy autorzy uznają ją nawet za od dawna oczekiwaną unifikującą teorię uwzględniającą formy powierzchniowe, procesy tektoniczne i ewolucję skorupy ziemskiej. Częściowo popularność tę można wiązać z dość przekonującymi wyjaśnieniami, jakie teoria ta daje na kontrowersyjne dotychczas zagadnienia, włącznie z problemem wędrówki kontynentów. Należy jednak zachować ostrożność i nie traktować tej teorii jako panaceum na wszelkie problemy. Wiele innych teorii sprawiało równie obiecujące wrażenie, a dopiero czas wykazał ich nieadekwatność. Teoria tektoniki płyt przeszła pomyślnie przez serię testów. Nie wyjaśnione pozostają wciąż jednak mechanizm napędowy i przyczyny ruchu płyt, kiedy się ten ruch rozpoczął oraz szereg innych istotnych problemów.

* Proponowany przez organizatorów sympozjum (Kraków, grudzień 1973) poświęconego „plate tectonics” polski termin „tektonika kier” z wielu przyczyn nie może być stosowany.

Po pierwsze, w żadnym języku nie odstępiono od greckiego źródłosłowu „plinthos”, więc wprowadzenie do terminologii polskiej całkowicie odrębnego terminu pozostawiłoby naszą nomenklaturę naukową w tej dziedzinie całkowicie na uboczu.

Po drugie, wprowadzenie pojęcia kier (kontynentalnych) do terminu oznaczającego „plate tectonics” jest nieporozumieniem. Teoria ta nie powstała tak jak teoria Wegenera z założenia dryftu kontynentów, a wywodzi się z obserwacji dokonanych na oceanach i teoretycznym opracowaniu hipotezy ryftów środkowoceanicznych i rozsuwania się dna oceanów.

Po trzecie, w jednym podręczniku polskim geologii dynamicznej M. Książkiewicza w indeksie terminów istnieje tylko termin „kra (lodowcowa)”. Jak wynika z fragmentu poświęconego glacitektonice istnieje specyficzna dynamika i struktura tych kier w czwartorzędzie. Zwracali na to uwagę już wcześniej inni badacze polscy, jak J. Lewiński i S. Z. Różycki. Tak więc istnieje w nauce polskiej pojęcie tektoniki kier jako tektoniki kier lodowcowych.

Terminu „tektonika płyt” użyto również w monografii W. J. Chajna „Geotektonika ogólna”.

LITERATURA

1. Anderson R. N. — Cenozoic Motion of the Cocos Plate Relative to the Asthenosphere and Cold Spots. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 1974, vol. 85, no. 2.
2. Bemmelen R. W. van — Geodynamic Models for the Alpine Type of Orogeny (Test-case II: the Alps in Central Europe). *Tectonophysics*, 1973, vol. 18, no. 1—2.
3. Burrett C. F. — Plate Tectonics and the Hercynian Orogeny. *Nature*, 1972, vol. 239.
4. Cebull S. E. — Concept of Orogeny. *Geology*, 1973, vol. 1, no. 3.
5. Coleman R. G. — Ophiolites in the Earth's Crust: A Symposium, Field Excursions, and Cultural Exchange in the USSR. *Ibidem*, no. 2.
6. Coney P. J. — The Tectonic Cycle and the New Global Tectonics. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 1970, vol. 81, no. 4.
7. Dewey J. F., Bird J. M. — Mountain belts and the new global tectonics. *Jour. Geophys. Research*, 1970, vol. 75.
8. Dewey J. F., Burke K. — Hot Spots and Continental Breakup: Implications for Collisional Orogeny. *Geology*, 1974, vol. 2, no. 3.
9. Dewey J. F., Horsfield B. — Plate tectonics, Orogeny, and Continental Growth. *Nature*, 1970, vol. 224.
10. Dewey J. F., Pitman III W. C., Ryan W. B. F., Bonnin J. — Plate Tectonics and the Evolution of the Alpine System. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 1973, vol. 84, no. 10.
11. Dietz R. S. — Geosynclines, Mountains and Continent-building. *Sci. American*, 1972, no. 3.
12. Dietz R. S., Holden J. C. — The Breakup of Pangea. *Ibidem*, 1970, no. 10.
13. Dott R. H. — Geosyncline Concept — alive and well? *Geotimes*, 1973, vol. 18, no. 2.
14. GSA Penrose Ophiolite Conference, *Ibidem*, 1972, vol. 17, no. 2.
15. Hamilton W. — The Uralides and the Motion of the Russian and Siberian Platforms. *Geol. Soc. Am. Bull.* 1970, vol. 81, no. 9.
16. Inter-Union Commission on Geodynamics, Working Group 3, Alpine-Mediterranean-Himalayan Geodynamics. *Newsletter* no. 2, 1973.
17. Jerzykiewicz T. — A flysch/littoral succession in the Sudetic Upper Cretaceous. *Acta geol. pol.*, 1971, no. 2.
18. Kröner A., Anhaeusser C. R., Vajner V. — Neue Ergebnisse zur Evolution der präkambrischen Kruste im südlichen Afrika. *Geol. Rundschau*, 1973, vol. 62, no. 2.
19. Metz W. D., Hammond A. L. — Geodynamic Report: Exploiting the Earth Scientific Revolution. *Science*, Washington, 1974, vol. 183, no. 4126.
20. Morgan W. J. — Convection plumes in the lower mantle. *Nature*, vol. 1971, 230.
21. Oliver J., Isacks B., Buranzangi M., Mitronovas W. — Dynamics of the downgoing lithosphere. *Tectonophysics*, 1973, vol. 10, no. 2.
22. Pochls K. A., Luyendyk B. P., Heirtzler J. R. — Magnetic Smooth Zones in the World's Oceans. *Jour. Geophys. Research*, 1973, vol. 78, no. 29.
23. Pożaryska K., Brochwicz-Lewiński W. — Współczesne ujęcie zagadnienia prowincji paleobiogeograficznych. *Post. Nauk geol.*, 1974, t. 8.
24. Pożaryski W. — Nowa tektonika globu ziemskiego. *Prz. geol.*, 1971, nr 8—9 i 10.
25. Raymond L. A. — Possible Modern Analogs for rocks of the Franciscan Complex. *Geology*, 1974, vol. 2, no. 3.
26. Schlanger S. O. i in. — Leg 33, Deep Sea Drilling Project; Testing a Hot-Spot Theory, *Geotimes*, 1974, vol. 19, no. 3.
27. Semenenko N. P. — Geochronological aspects of stabilization of Continental Precambrian Platforms. *Eclogae geol. Helv.*, 1970, vol. 65, no. 1.
28. Silver E. A., von Huene R., Crouch J. K. — Tectonic significance of the Kodiak-Bowie Seamount chain, Northeastern Pacific. *Geology*, 1974, vol. 2, no. 3.
29. Smith A. G. — Alpine deformation and the oceanic areas of the Tethys, Mediterranean and Atlantic. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 1971, vol. 82, no. 8.
30. Smith A. G., Briden J. C., Drewry G. E. — Phanerozoic World Maps, In: Hughes N. F. (ed.) *Organisms and continents through time; a symposium. Spec. Pap. Palaeont.*, London, 1973, no. 12.
31. Sołogub W. B., Prosen D., Militzer H. (red.) — Strojjenje zemnoj kory centralnoj i jugo-wostocznoj Iewropy. „Naukowa Dumka”, Kijew, 1971.
32. Szczechura J., Pożaryska K. — Paleocene foraminifers of the Babica clays, *Palaeont. pol.*, 1974 (w druku).
33. Tomczykowa E. — Homalonotinae as a biostratigraphical and palaeogeographical index in Upper Silurian and Lowermost Devonian, *Fossils and Strata, Universitetsforlaget, Oslo*, 1974 (w druku).
34. Wilson J. T. — A possible origin of the Hawaiian Islands. *Canadian Jour. Physics*, Ottawa, 1963, vol. 41.
35. Wilson J. T. — Mantle plumes and plate motions. *Tectonophysics*, 1973, vol. 19, no. 2.
36. Wyne-Edwards H. R., Hasan Z. L. — Intersecting orogenic belts across the North Atlantic. *Am. Jour. Sci.*, 1970, vol. 268.

SUMMARY

Current trends in the development of the theory of new plate tectonics are discussed in connection with the previous paper (W. Pożaryski — New plate tectonics, *Prz. geol.*, 1971, no. 8—9 and 10). At present, partly under the influence of adversaries, intensive studies of geochemical and physical aspects of the theory can be observed. Remarkable attention has been paid to the J. T. Wilson's (1963, 1973) hypothesis of hot spots, which assumes stability of source of heat in asthenosphere. The rise of interest in this hypothesis resulted from the fact that it seemed to provide additional criterion for evaluating plate motions and to explain the process of breaking up of continental blocks. However, newer data appear inconsistent with this hypothesis. Moreover, further attempts to determine the driving force of plate motion are under way.

The second front of studies, apparently more important nowadays, comprises studies of continents. The plate tectonics theory assumes that old ocean crust undergoes subduction into the mantle and assimilation. No ocean crust older than Mid Jurassic is known at present, hence studies of plate motions in pre-Mid Jurassic times cannot be carried out on the way of analysis of oceanic crust but rather by analysis of results of assumed motions of plates. The results of the motions include displacements and deformations of continental blocks dredged by oceanic plates. The most spectacular deformations include orogenic belts related to plate collisions; however, their reinterpretation in terms of the plate tectonics appears highly difficult as it requires redefinition of several basic concepts such as geosyncline, orogen, craton, and others. Moreover, the reinterpretation requires far more precise knowledge of paleogeography than it is available at present.

РЕЗЮМЕ

В увязке с предыдущей статьей (В. Пожарьски — Новая тектоника земного шара. №№ 8—9 и 10 настоящего пурнала за 1971 г.) рассматриваются современные направления развития теории тектоники плит. В последнее время, частично под влиянием критических высказываний, более интенсивно исследуются геохимические и физические аспекты этой теории. Много внимания посвящено гипотезе горячих пятен Дж. Т. Уильсона (1963, 1973), которая принимает неподвижность источников тепла в астеносфере. Эта гипотеза снискала признание, ибо она обосновывала подвижность плит вне зависимости от принимаемых причин и объясняла процесс разрыва континентальных плит. Однако, новейшие данные не согласуются с этой гипотезой. Продол-

жаются попытки установления механизма движения плит.

Второй, в настоящее время более важной областью исследований, являются континенты. Согласно теории тектоники плит древняя океаническая кора втягивается вглубь мантии и ассимилируется. До сих пор не известна океаническая кора, образовавшаяся до средней юры и поэтому о более ранних движениях плит можно лишь предполагать на основании анализа последствий предполагаемого движения — сдвигов и деформаций континентов. Наиболее характерными деформациями являются горные цепи, образованные в зонах стыка плит, однако их объяснение с точки зрения тектоники плит требует пересмотра ряда основных понятий; как геосинклиналь, ороген, кратон и др. Кроме того, для этого необходимы более детальные палеогеографические знания.