



ROLA BŁOKÓW LITOSFERY I RUCHY PRZESUWCZE W PRZEDMOLASOWYM ROZWOJU WARYSCYDÓW NA BRZEGACH MASYWU CZESKIEGO

Uwagi i implikacje

Project 233
Terranes in the Circum-Atlantic
Paleozoic Orogens

UKD 551.242/.243:551.736(438:234.57)

Od czasów klasycznych prac tektonicznych E. Suessa (60), waryscydy europejskie doczekały się wielu interesujących prób interpretacji ich budowy i ewolucji. Ogólnie można wyróżnić cztery grupy modeli ewolucji pasm waryscydów europejskich, a mianowicie: 1) modele geosynklinalne, 2) modele tektoniki płyt, 3) model subflucji oraz 4) modele bloków (por. 61).

Najstarszym modelem tłumaczącym powstanie i rozwój waryscydów europejskich jest model geosynklinalny z jego późniejszymi różnymi modyfikacjami i pochodnymi. Wprowadzony przez E. Suessa na początku XX w. (60), rozwijany był w następnych dziesięcioleciach przez wielu syntetyków, m.in.: H. Stillego (57–59), F. Kossmata (32), F. Lotzego (37), K. Zapletala (66), J. Aubouina (1), J. Oberca (44–47), i J. Dvořáka (24, 25). F. Kossmat (32) zauważył strefowość ułożenia pasm waryscydów w Europie Środkowej i wyróżnił w nich cztery strefy powszechnie znane jako: 1) strefa moldanubska, 2) strefa saksońsko-turyńska, 3) strefa reno-hercyńska i 4) strefa subwaryscyjska. Po wschodniej stronie Masywu Czeskiego istnieje jeszcze jedno pasmo waryscydów, określone przez F. Kossmata (32) jako strefa morawsko-śląska.

Na początku lat siedemdziesiątych do wytłumaczenia ewolucji waryscydów europejskich zastosowano po raz pierwszy modele tektoniki płyt (27–30, 35, 8–10, 43, 13, 14, 2, 38 i in.). Prawdopodobnie jednak globalny styl tektoniczny waryscydów europejskich, podobnie jak i innych przedalpejskich pasm orogenicznych, mógł być ogólnie lub częściowo odmienny od pasma wokółpacyficznego, które jest wzorcowym modelem dla tektoniki płytowej.

Ponieważ w połowie lat siedemdziesiątych nie było jeszcze przekonujących dowodów na istnienie skorupy oceanicznej w Europie Środkowej, wymyślono dla tej części waryscydów nowy schemat ewolucji, znany jako model subflucji (33, 63, 64, 3, 4). W modelu tym – w przeciwieństwie do klasycznego modelu tektoniki płyt – nie dochodzi do subdukcji skorupy oceanicznej pod skorupę kontynentalną (subdukcja typu B – Benioffa), ale do procesów subdukcji płaszcza litosfery pod skorupę kontynentalną (subdukcja typu A – Ampferera).

W modelach blokowych na podstawie danych geofizycznych, geologiczno-tektonicznych lub morfologicznych przyjmuje się istnienie głębokich uskoków, rozłamów lub lineamentów (np. 56, 48). Na istnienie głębokich rozłamów w czasie ewolucji waryscydów w Sudetach wskazywał M. Michniewicz (39), który również przedstawił interpretację tektogenyzy Sudetów, ze szczególnym uwzględnieniem roli diapiryzmu wgłębnego. Ostatnio J. Don (21) przedstawił propozycję paleozoicznej ewolucji Sudetów na podstawie modelu ekspansji Ziemi w sposób pulsacyjny.

Do przedstawionych powyżej – skrótowo – modeli ewolucji waryscydów dołączył ostatnio nowy schemat interpretacyjny budowy i rozwoju środkowoeuropejskich waryscydów. Model ten, który można określić jako „bezsubdukcyjną wersję tektoniki płyt” lub „geotektonikę

ekspansyjno-grawimetryczną”, został przedstawiony przez J. Oberca (48). Wymienioną pracę powitałem z radością, licząc że stanowi ona odpowiedź na zaproszenie do dyskusji o geologii Sudetów i że „ułatwi ona wyjście z impasu, w jakim znalazła się ostatnio geologia Sudetów, ujmowana często w sposób nazbyt cząstkowy lub jednostronny” (21, s. 113).

J. Oberca (48) tłumaczy rozwój i budowę strukturalną waryscydów „na brzegach” Masywu Czeskiego za pomocą modelu bloków litosfery, wyjaśniając ich ewolucję przede wszystkim teorią Ziemi ekspandującej. Teoria ta zakłada zwiększenie promienia Ziemi w czasie geologicznym. Zarówno J. Oberca (48), jak i wcześniej J. Don (21), przyjmując idee globu ekspandującego, są prekursorami nowej (piątej już!) grupy modeli ewolucji waryscyjskiej Europy Środkowej, które można nazwać modelami ekspandującej Ziemi. Proponowane modele różnią się jednak między sobą bardzo istotnie. Według koncepcji J. Dona (21), Ziemia musiała ekspandować zarówno w czasie orogenezy kaledońskiej, jak i waryscyjskiej. Natomiast J. Oberca (48) zakłada jedynie ekspandowanie globu ziemskiego od początku orogenezy waryscyjskiej. Obok tej rozbieżności dotyczącej długości czasu ekspandowania Ziemi w paleozoiku na obszarze obecnych waryscydów środkowoeuropejskich, najważniejszą różnicą między modelem J. Dona (21) i J. Oberca (48) polega na przyjęciu odmiennych mechanizmów fałdowania. I tak J. Don (21) przyjmuje, że deformacje były spowodowane kompresją tangencjalną, która została wywołana przez dopasowywanie się starej, większej krzyżownicy litosfery do nowej, już jednak znacznie mniejszej. W tym modelu pola naprężeń tektonicznych układają się koncentrycznie, a osie fałdów powstających w strefach kompresji są zorientowane prawie równoległe do kierunku rozwieranych ryftów w strefach tensji.

W modelu J. Oberca (48) dochodzi natomiast do „klawiszowego wypychania bloków”, co ma być bezpośrednim powodem zmiany (tzn. wzrostu) kąta upadu górnej powierzchni astenosfery. Wzrost kąta upadu tej powierzchni ma powodować grawitacyjne przemieszczanie się bloku lub bloków litosfery. Te prawie horyzontalne przemieszczenia, określane przez J. Oberca jako „spreading grawitacyjny”, powodują zafałdowania osadów geosynklinalnych („kompresja grawitacyjna”).

Analiza powyższego modelu ewolucji nasuwa jednak liczne zastrzeżenia co do przyjętych w nim założeń. Na przykład kompresja, konieczna do zafałdowania osadów geosynklinalnych, wzbudzona (wg J. Oberca) przez grawitacyjne przemieszczanie się mas skalnych „wyciętych z tektogenu kadomskiego”, mogła być zainicjowana tylko przy odpowiednio dużych wartościach kąta upadu stropowej powierzchni astenosfery. Trudno jednak zakładać, że w obrębie jednego tektogenu niektóre bloki litosfery (w dodatku z górną częścią astenosfery – por. 48, ryc. 1) zostały wypchnięte na znacznie większe wysokości niż sąsiednie, podobnie zbudowane

bloki. Równie mało prawdopodobne jest, żeby przy „wypychaniu” poszczególnych bloków doszło do ich znacznego wychylenia od pionu. Wyłania się więc wiele pytań. Co było przyczyną zróżnicowanego „wypychania” poszczególnych bloków litosfery do różnych wysokości? Dlaczego bloki te uległy synchronicznemu wychyleniu? Czy rzeczywiście doszło do „klawiszowego wypychania bloków” litosfery, a nie – łatwiejszego do wytłumaczenia – dopasowywania się litosfery do powiększonego promienia Ziemi, jak w modelu J. Dona (21).

W proponowanym przez J. Oberca (48) modelu trzeba założyć, że „spływ grawitacyjny masywów kadomskich” musiał być szybki, a może nawet gwałtowny, żeby przezwyciężyć wszystkie opory wewnętrzne (tarcie, lepkość materiałów). Z kolei taki szybki „spływ grawitacyjny” mógł pozostawić tylko jedną generację struktur tektonicznych (m.in. „wiązki fałdów”). Chcąc zaś wytłumaczyć kilkietapową sekwencję deformacji tektonicznych w waryscydach środkowoeuropejskich, trzeba oczywiście zakładać kilkakrotne „spływy”, często z różnych stron.

Wielokrotnie podkreślana przez J. Oberca (48) zależność orientacji przestrzennej osi fałdów („wiązek fałdów”) z poszczególnymi fazami deformacji waryscyjskich wymaga przyjęcia stałego kierunku upadu powierzchni stropowej astenosfery dla wszystkich „wyskakujących” bloków. Takie stałe zorientowanie silnie wychylonych od pionu bloków w jednym kierunku geograficznym w czasie jednej fazy deformacji na bardzo dużym obszarze musiałyby m.in. zmienić kształt geoidy ziemskiej i spowodować dalsze konsekwencje.

Stwierdzenie przez J. Oberca (48) siedmiu faz deformacji w rozwoju pasm waryscyjskich musiało być spowodowane, przy przyjętym modelu ekspandującej Ziemi, przez najprawdopodobniej 7-krotne „wyskakowanie” i „wychylenie” poszczególnych bloków czy całych zespołów bloków litosfery. Oczywiście o tych samych kierunkach wychyleń bloków w czasie pojedynczej fazy deformacji i różnych ich wychyleniach podczas kolejnych coraz to młodszych faz deformacji.

Przedstawione uwagi, odnoszące się do całokształtu uwarunkowań geotektonicznych, wskazują na niemożliwość i niecelowość przyjęcia mechanizmu grawitacyjnego, który byłby odpowiedzialny za zafałdowanie osadów geosynklinalnych. Gdyby ten mechanizm był prawdziwy, to w osadach geosynklinalnych obserwowano by wzrost intensywności deformacji w miarę zbliżania się do brzegów geosynkliny. Tymczasem stopień zafałdowania osadów geosynklinalnych nie wykazuje związku z odległością od „mas skalnych wyciętych z tektogenu kadomskiego”.

Jak podkreśla wielokrotnie J. Oberc (48), model tektoniki płyt dla ewolucji waryscydów europejskich nie może być przyjęty, ponieważ „nie ujawniają się... przejawy subdukcji niełatwej do teoretycznego... uzasadnienia w tektogenie dwugałęziowym” (48, s. 296). W tym miejscu odsyłam czytelników do specjalnego wydania „Tectonophysics” (31) poświęconego różnym procesom i strukturom, które są ściśle związane ze strefami subdukcji. Nie wnikając w problematykę stref subdukcji, chciałbym jedynie zarysować problem środowiska oceanicznego w obrębie waryscydów europejskich.

Strefy subdukcji wśród waryscydów Europy Zachodniej i częściowo Europy Środkowej były wyznaczone m.in. przez J.P. Barda et al. (2), P. Matte'a i J.P. Burga (38), H. Behra et al. (5). Obecnie przyjmuje się, że strefy subdukcji istniały m.in. na południe od strefy reno-hercyńskiej i strefy saksońsko-turyńskiej (30, 63, 64, 2, 38, 5, 36).

Rozczłonkowane kompleksy ofiolitowe (ang. dismembered ophiolitic complex) występują także w Sudetach. I tak

np. dla masywu Nowej Rudy powstałego z bazaltów grzbietów śródoceanicznych wyznaczono wiek izotopowy na 351 ± 16 mln lat metodą Sm-Nd (49). Ofiolity Nowej Rudy mogą być korelowane np. z kompleksem ofiolitowym Lizardu w SW Anglii (49, 17, 53). Również w innych jednostkach waryscyjskich w Sudetach (m.in. w Górach Kaczawskich) występują skały o charakterze chemicznym bazaltów grzbietów śródoceanicznych lub wysp oceanicznych, a może też nawet bazaltów ryftów inicjalnych (np. 34, 40–42). Powyższe dane świadczą o istnieniu wielu niecek oceanicznych w paleozoiku również w Sudetach. Oczywiście obecna pozycja przynajmniej niektórych fragmentów dawnej skorupy oceanicznej w waryscydach, m.in. sudeckich, może być związana z etapem obdukcji (16).

Po krótkim przedstawieniu uwag, odnoszących się do przyjętego przez J. Oberca modelu ekspansyjno-grawimetrycznego, chciałbym przedyskutować zasadność przyjętego „kryterium planu strukturalnego” (48, s. 295). Obecnie w geologii strukturalnej uważa się powszechnie, że orientacja przestrzenna struktur tektonicznych jest bardzo niepewnym kryterium dla celów korelacji (np. 65). Wypływa to m.in. ze stwierdzenia, że w strefach ścinań w miarę wzrostu intensywności procesów ścinania dochodzi do progresywnego zbliżania się osi X elipsoidy odkształcenia ($X > Y > Z$) do linii ścinania „a” (52). Dlatego w strefach ścinań jest możliwy rozwój fałdów futerałowych (ang. sheath folds), które powstają w wyniku wykrzywiania i rotacji osi fałdu w kierunku orientacji linii ścinania „a” (linii kierunku ruchu) (np. 51, 54, 55). Stwierdzenie to było bezpośrednią przyczyną przyjęcia orientacji osi X elipsoidy odkształcenia ($X > Y > Z$), a nie – jak dotychczas – osi fałdów jako pierwszorzędnego wskaźnika dla określania kierunku ruchu mas skalnych podczas deformacji. Orientacja osi X elipsoidy odkształcenia w domenach skalnych jest zorientowana prawie równoległe do kierunku lineacji ekstensyjnej (lineacji z rozciągania), która najczęściej jest wyznaczona przez równoległą orientację ziarn lub agregatów mineralnych (np. 26, 7, 54). Dlatego też obecnie orientacja osi struktur fałdowych nie może charakteryzować poszczególnych generacji struktur tektonicznych, powstałych nawet w czasie tej samej fazy deformacji.

Natomiast J. Oberc w swojej analizie rozwoju strukturalnego waryscydów przyjął jako główne kryterium orientację osi fałdów („wiązki fałdów”), która powinna być jedynie kryterium dodatkowym. W analizie strukturalnej, m.in. pasm waryscyjskich, należy uwzględnić przede wszystkim orientację lineacji ekstensyjnej, określić zwrot przemieszczeń oraz ustalić wielkość odkształceń. Dlatego też do najważniejszych zadań geologii strukturalnej w odniesieniu do Sudetów będzie należało określenie stref ścinań, rozpoznanie lineacji ekstensyjnej, określenie rotacji m.in. terranów sudeckich (50) i rozpoznanie geometrii stref nasunięć, łusek i imbrykacji (11, 53, 36). Brak nowej analizy strukturalnej w Sudetach, która uwzględniałaby wymienione elementy strukturalne, wpływa również na całość analizy planu strukturalnego waryscydów. Dlatego np. J. Oberc w mylonitycznej strefie Niemczy, na podstawie prawie południkowych osi – zresztą nielicznych – mezo-fałdów wyznacza kierunek transportu tektonicznego w kierunku wschodnim (por. 48, ryc. 2). Tymczasem w mylonitach strefy Niemczy istnieje wybitna, penetratywna lineacja mylonityczna (ekstensyjna) o orientacji NNE–SSW (15). Jest ona rozwinięta w strefach ścinania podatnego i wyznacza prawie południkowy, a nie równoleżnikowy kierunek transportu tektonicznego o prawdopodobnym lewoskrętnym zwrocie. Powyższe dane strukturalne są zgodne z proponowaną ostatnio waryscyjską ewolucją struktury sowiogórskiej (16).

Przykład powyższy wskazuje na potrzebę rewizji wielu dotychczasowych poglądów o rozwoju tektonicznym, a zwłaszcza historii elipsoidy odkształcenia w poszczególnych jednostkach geologicznych w Sudetach. Dlatego też wątpliwe jest (48, s. 296), że historia zmiany planu strukturalnego waryscydów europejskich podczas siedmiu kolejnych faz deformacji jest adekwatna do rzeczywistych pól naprężeń w czasie orogenezy waryscyjskiej.

Osobnym zagadnieniem jest problem liczby faz deformacji, ich wiek oraz wyjaśnienie, dlaczego orogeneza waryscyjska miała w strefie sakso-turyńskiej (i sudeckiej) objąć swoim zasięgiem jedynie serie epigeosynklinalne. J. Oberc w rozwoju waryscydów wyróżnia siedem faz deformacji tektonicznych (od młodokaledońskiej do asturyjskiej). Każda z faz deformacji charakteryzuje się odmiennym kierunkiem transportu tektonicznego. Bez odpowiedzi pozostaje pytanie, dlaczego w poszczególnych jednostkach waryscyjskich – zamiast oczekiwanych wielu, a nawet siedmiu generacji struktur tektonicznych – w osadach geosynklinalnych zaznaczają się dwa lub najwyżej trzy zespoły takich struktur. Podobnie jest z kierunkami „transportu tektonicznego”. Zamiast oczekiwanych siedmiu takich kierunków, można najwyżej stwierdzić dwa kierunki transportu tektonicznego w zafaldowanych osadach geosynklinalnych (48, ryc. 2). Wyjątkiem jest jedynie metamorfik kłodzki, w obrębie którego wyznaczono trzy kierunki „transportu tektonicznego”.

Jeszcze ważniejszy jest fakt, że kierunki „transportu tektonicznego” w poszczególnych jednostkach są koaksjalne! Szczególnie dobrze widać to na przykładzie struktury bardzkiej i kłodzkiej oraz strefy kaczawskiej (48, ryc. 2). Z powyższym stwierdzeniem wyraźnie kontrastuje obraz struktur powstałych w czasie fazy sudeckiej. Uważana za najważniejszą w ewolucji waryscydów środkowoeuropejskich, faza sudecka (19, 20) charakteryzuje się nie tylko zmianą orientacji kierunku, ale również zwrotu przemieszczeń mas skalnych w różnych częściach tektonu waryscyjskiego.

Zagadnienia powyższe są ściśle związane z problemem wieku poszczególnych faz deformacji w różnych jednostkach geologicznych. Bardzo trafnie zagadnienie to naświetlił H. Teisseyre (62, s. 30), pisząc m.in.: „Zagadnienie wieku i paralelizacji drobnych struktur łączy się z problemem wieku głównego faldowania w Sudetach. Wiek ten bywa różnie określany przez różnych autorów, nawet dla tego samego regionu. Uchwycenie głównej fazy faldowania w sposób dokładny i pewny jest często bardzo trudne. W wielu przypadkach jest to zagadnienie niemożliwe do rozstrzygnięcia w obecnym stanie naszej wiedzy”.

W proponowanym przez J. Oberca modelu „w czasie paleozoiku tektogen kadomski stopniowo rozpadał się na bloki litosfery”. Chciałbym, chociażby krótko, zatrzymać się nad problemem orogenezy kadomskiej w Sudetach, której J. Oberc (45–48) przypisuje decydujące znaczenie dla utworzenia jednostek zbudowanych z serii mezozonealnie zmetamorfizowanych. H. Teisseyre (m.in. 62) uważał natomiast, że główne deformacje zarówno utworów paleozoicznych (przedmolosowych), jak i serii zmetamorfizowanych w warunkach facji amfibolitowej nastąpiły w czasie orogenezy waryscyjskiej lub kaledono-waryscyjskiej. Liczne zastrzeżenia co do roli orogenezy kadomskiej w Sudetach przedstawili również M. Dumicz (22, 23), W. Michniewicz (39) i J. Don (19–21).

Na podobieństwo stylu i sekwencji deformacji tektonicznych w jednostkach waryscyjskich (np. strefy kaczawskiej) do jednostek uważanych, m.in. przez J. Oberca, za kadomskie (np. metamorfiku Śnieżnika) pierwszy zwrócił

uwagę H. Teisseyre (62). Wysunął on również hipotezę roboczą, że struktury tektoniczne zarówno w „przedmolosowych” utworach paleozoicznych, jak i silnie zmetamorfizowanych mogą być efektem tej samej tektogenezy, a mianowicie kaledono-waryscyjskiej, względnie waryscyjskiej.

Jak podkreśla H.J. Zwart (68, 69), nadal niewiele wiadomo o przedwaryscyjskim podłożu waryscydów europejskich, głównie dlatego, że występują one w małych i nielicznych fragmentach, które dodatkowo są silnie „nadrukowane” przez późniejsze waryscyjskie procesy tektono-metamorficzne (por. 61). We wnioskach H.J. Zwart (69) zauważa, że przez większą część paleozoiku obszary zajmowane obecnie przez waryscydy europejskie były dotknięte silną aktywnością termalną, związaną prawdopodobnie z „mantle hot spot” (33, 68). Obecnie wiele danych radiometrycznych wskazuje na stopniowe przejścia od metamorfizmu „kaledońskiego” do waryscyjskiego. Wnikliwe przedstawienie tego problemu znajdzie czytelnik w monografii M. Suka et al. (61).

Na zakończenie chciałbym przedstawić kilka uwag o rozłamach w Europie Środkowej. W interpretacji Oberca (48, ryc. 1) rozłamy sięgają głęboko w astenosferę, przy czym są to ogólnie prawie pionowe struktury dysjunktywne. Wiele danych, głównie z sejsmiki refleksyjnej, wskazuje natomiast na płytko zapadające płaszczyzny nasunięć lub łusek, najczęściej w stylu serii imbrykacji (np. 12, 6, 51, 36). Na granicy między strefami moldanubską a saksońsko-turyńską, podobnie jak na granicy między strefami saksońsko-turyńską a reno-hercyńską, dane sejsmiczne wskazują na istnienie w górnej skorupie licznych, zapadających pod małymi kątami ku SSE płaszczyzn nasunięć (18). Na niektórych obszarach istnieją również w górnej skorupie stromo zapadające uskoki, często przesuwcze, które związane są z późno- lub post-waryscyjską tektoniką tensyjną (np. 67, 12).

W przedstawionych – z konieczności skrótowo – uwag do artykułu J. Oberca (48) pragnęłam wykazać, że waryscydy na brzegach Masywu Czeskiego nie mają do tychczas pełnego i obiektywnego obrazu ich budowy i ewolucji. Ma on wciąż jeszcze charakter hipotetyczny.

L I T E R A T U R A

1. A u b o u i n J. – Geosynclines. Elsevier Amsterdam 1965.
2. B a r d J.P., B u r g J.P., M a t t e P., R i b i e r o A. – La Chaîne hercynienne d'Europe occidentale en termes de tectonique des plaques. Mém. BRGM Paris vol. 108 no. 26. IGC C. 6. 1980.
3. B e h r H. – Subfluenz-Prozesse im Grundgebirge-Stockwerk Mitteleuropas. Z. Deutsch. Geol. Ges. Hannover 1978 H. 129.
4. B e h r H. – Subduktion oder Subfluenz im mitteleuropäischen Varistikum?. Berl. Geowiss. Abh., R.A. Wegener Symposium Berlin 1980 H. 19 A.
5. B e h r H., E n g e l W., F r a n k e W., G i e s e P., W e b e r K. – The Variscan belt in Central Europe: main structures, geodynamic implications, open questions. Tectonophysics 1984 vol. 109 no. 1.
6. B I R P S and E C O R S – Deep seismic reflection profiling between England, France and Ireland. J. Geol. Soc. London 1986 vol. 143 no. 1.
7. B u r g J.P., L a u r e n t P. – Strain analysis of shear zone in a granodiorite. Tectonophysics 1978 vol. 47 no. 1.

8. Burret C.F. — Plate tectonics and the Hercynian orogeny. *Nature* 1972 vol. 239 no. 2.
9. Burret C.F., Griffiths J. — A Case for a Mid-European Ocean. *La chaîne varisque d'Europe moyenne et occidentale*. Coll. int. CNRS. 1977. Rennes vol. 243.
10. Cháb J. — Kadomskývývoj ve střední Evropě z hlediska globální blokové tektoniky: pracovní hypotéza. [In:] *Zborník referátov vedeckej konferencie „Československá geológia globálna tektonika“*. Smolenice Geol. Ust. D. Štúra Bratislava 1976.
11. Chadwick R., Kenolty N., Whittaker A. — Crustal structure beneath southern England from deep seismic reflection profiles. *J. Geol. Soc. London* vol. 140 no. 5.
12. Chadwick R.A. — Seismic reflection investigations into the stratigraphy and structural evolution of the Worcester Basin. *J. Geol. Soc. London* 1985 vol. 142 no. 1.
13. Cwojdzński S. — Główne etapy ewolucji tektonogeny wartyjskiego Polski w świetle teorii tektoniki płyt. *Prz. Geol.* 1977 nr 11.
14. Cwojdzński S. — Ewolucja geologiczna Polski południowo-zachodniej w interpretacji tektoniki płyt. *Geol. Sudet.* 1980 nr 1.
15. Cwojdzński S. — Strefa tektoniczna Niemczy a strefa Złoty Stok—Skrzynka — próba porównania. *Sprawozdanie. Kwart. Geol.* 1984 t. nr 3/4.
16. Cymerman Z. — Związek ofiolitu Śleży z wartyjską strukturą metamorfiku sowiogórskiego. *Prz. Geol.* 1987 nr 6.
17. Davies G.R. — Isotopic evolution of the Lizard complex. *J. geol. Soc. London* 1984 vol. 141 no. 1.
18. DEKORP — Research Group — First results and preliminary profile DEKORP-2-South. *J. Geophys.* vol. 57.
19. Don J. — The Sudetic phase and its significance to the geological division of the Sudetes. Meeting of European Geological Societies 3, Europe on the Geological Map. Erlangen-Nürnberg. Abstracts. 1983.
20. Don J. — Kaledonidy i wartyjskie Sudetów Zachodnich. *Prz. Geol.* 1984 nr 8—9.
21. Don J. — Model ekspansyjnego rozwoju Sudetów Zachodnich w paleozoiku (propozycja). *Prz. Geol.* 1985 nr 3.
22. Dumicz M. — próba wyjaśnienia tektonogenezy serii zmetamorfizowanych Ziemi Kłodzkiej. Problem wieku deformacji serii zmetamorfizowanych Ziemi Kłodzkiej. *Mat. Konf. Teren. Międzyzlesie. Wyd. UWr. Wrocław.* 1976.
23. Dumicz M. — Tectogenesis of the metamorphosed series of the Kłodzko District: a tentative explanation. *Geol. Sudet.* 1979 nr 2.
24. Dvořák J. — Problem concerning the northeastern closure of the Variscan orogen. *Neu. Jb. Geol. Paläont.* 1973 Mh. 8.
25. Dvořák J., Paproth E. — Über die Position und die Tektogenese des Rhenohercynikums und des Sudetikums in den mitteleuropäischen Varisziden. *Neu. Jb. Geol. Paläont.* 1969 H. 2.
26. Escher A., Watterson J. — Stretching fabrics, folds and crustal shortening. *Tectonophysics.* 1974 vol. 22.
27. Hamilton W. — The Uralides and the motion of the Russian and Siberian platforms. *Geol. Soc. Amer. Bull.* 1970 vol. 81.
28. Johnson G.A. — Crustal margins and plate tectonics during the Carboniferous. *CR 7, Int. Kongr. Stratigr. Geol. des Karbons. Krefeld.* 1971.
29. Johnson G.A. — Closing in the Carboniferous sea in western Europe. [In:] *Implications of continental drifts to the earth sciences.* Acad. Press London 1973 no. 2.
30. Johnson G.A. — European plate movement during the Carboniferous. [In:] *Evolution of the Earth's Crust.* Ibidem 1979.
31. Kobayashi K., Sacks S. (Eds.) — Structures and processes in subduction zones. *Tectonophysics.* 1985 vol. 112 no. 1—4.
32. Kossmat F. — Gliederung des varistischen Gebirgsbaues. *Abh. Sächs. Geol. Landesanst. Leipzig* 1927 H. 1.
33. Krebs W., Wachendorf H. — Proterozoic-Paleozoic geosynclinal and orogenic evolution of Central Europe. *Geol. Soc. Amer. Bull.* 1973. vol. 84 no. 8.
34. Kryza R., Muszyński A. — Serie metawulkanogeniczne Gór Kaczawskich: stan badań, problemy petrologii, wieku i pozycji paleotektonicznej. *Przewod. LVIII Zjazdu Pol. Tow. Geol. Wałbrzych Wyd. Geol.* 1987.
35. Laurent R. — The Hercynides of South Europe, a model. 24th IGC Toronto sect. 3. 1972.
36. Leveridge B.E., Holder M.T., Day G.A. — Thrust nappe tectonics in the Devonian of south Cornwall and the western English Channel. [In:] *Variscan Tectonics of the North Atlantic Region.* Special Publ. Geol. Soc. London 1984.
37. Lotze F. — Zur Gliederung des Varisziden der iberischen Meseta. *Geotekt. Forsch.* 1945 H. 6.
38. Matte P., Burg J.P. — Sutures, thrusts and nappes in the Variscan Arc of western Europe: plate tectonic implications. [In:] *Thrust and Nappe Tectonics.* Special Public. Geol. Soc. London 1981 vol. 9.
39. Michniewicz M. — Próba interpretacji wczesnych etapów tektonogenezy Sudetów w nawiązaniu do teorii diapiryzmu wgłębnego oraz koncepcji głębokich rozłamów. *Geol. Sudet.* 1981 nr 2.
40. Narębski W. — Circum — Karkonosze Spilite — Keratophyre Series. [In:] *Ophiolites and initialites of Northern Border of the Bohemian Massif. Vol. II. Guide Book of Excursions in GDR and Poland.* Potsdam—Freiberg 1981.
41. Narębski W., Wajsprych B., Bakun-Czubarow N. — On the nature, origin and geotectonic significance of ophiolites and related rock suites in the Polish part of the Sudetes. *Ofioliti.* 1982 no. 3.
42. Narębski W., Dostal J., Dupuy C. — Geochemical characteristics of Lower Paleozoic spilite-keratophyre series in the Western Sudetes (Poland): petrogenetic and tectonic implications. *N. Jb. Miner. Abh.* 1986 no. 3.
43. Nicolas A. — Was the Hercynian orogenic belt of Europe of the Andean type? *Nature London* 1972 vol. 236.
44. Oberc J. — Zmiany kierunków nacisków górotwórczych w strefie granicznej Sudetów Zachodnich i Wschodnich. *Acta Geol. Pol.* 1957 nr 1.
45. Oberc J. — Podział geologiczny Sudetów. *Pr. Inst. Geol. Warszawa* 1960 t. 30 cz. 2.
46. Oberc J. — Ewolucja Sudetów w świetle teorii geosynklin. *Ibidem Warszawa* 1966 t. 47.
47. Oberc J. — Budowa geologiczna Polski. T. IV.

48. Oberc J. — Rola bloków litosfery i ruchy przesuwcze w przedmolazowym rozwoju waryscydlów na brzegach Masywu Czeskiego. *Prz. Geol.* 1987 nr 6.
49. Pin C. — Variscan ophiolites: Sm-Nd evidence for two main generations. *Terra Cognita*. Cambridge 1986 vol. 6.
50. Quenardel J.M. et al. — The Polish Sudetes: a mosaic of variscan terranes. [In:] *Terranes in the circum Atlantic paleozoic orogens*. Project IGCP 233 Ovideo 1986.
51. Quinquis H., Audren U., Brun J.P., Cobbold P.R. — Intense progressive shear in the Ile de Groix blueschists and compatibility with subduction or obduction. *Nature*. London 1978 vol. 273.
52. Ramsay J.G., Graham R.H. — Strain variation in shear belts. *Can. J. Earth Sci.* 1970 vol. 7.
53. Rattey P.R., Sanderson D.J. — Patterns of folding within nappe and thrust sheets: examples from the Variscan of southwest England. *Tectonophysics*. 1982 vol. 88.
54. Rhodes S., Gayer R.A. — Non-cylindrical folds linear structures in the X-direction and mylonite development during translation of the Caledonian Kalak Nappe Complex of Finnmark, Norway. *Geol. Mag.* 1977 vol. 114.
55. Rice A.H.N. — The significance of a thrust fault lineation in the Kalak Nappe Complex of Finnmark. *Norsk geologisk Tidsskrift*. 1984. vol. 64.
56. Škvor V., Zeman J. — The Variscides of the Bohemian Massif. *Tectonophysics*. 1969 vol. 8 no. 2.
57. Stille H. — Grundfragen der vergleichende Tektonik. *Borntraeger*. Berlin 1924.
58. Stille H. — Die kaledonische Faltung Mitteleuropas im Bilde der gesamteuropäischen. *Z. Dtsch. Geol. Gesel.* Berlin 1949 H. 100.
59. Stille H. — Das mitteleuropäische variszische Grundgebirge im Bilde des gesamteuropäischen. *Geol. Jb. Beih.* Hannover 1951 H. 138.
60. Suess E. — *Das Antlitz der Erde*. I—III. Prag, Leipzig, Wien 1985—1909.
61. Suk M. et al. — Geological history of the territory of Czech. Socialist. Republic. *Geol. Survey Prague* 1984.
62. Teisseyre H. — Rozwój i sekwencja deformacji tektonicznych w metamorfiku Sudetów. [In:] *Przewod. XLVII Zjazdu Pol. Tow. Geol. Świdnica*. Wyd. Geol. 1975.
63. Weber K. — Das Bewegungsbild im Rhenohertzynikum — Abbild einer varistischen subfluenz. *Zeitschrift Dtsch. Geol. Gesel.* 1978 H. 129.
64. Weber K., Behr H.J. — Geodynamic interpretation of the mid-European Variscides. [In:] *Intracontinental Fold Belts*. Springer-Verlag Berlin 1983.
65. Williams P.F. — Multiply deformed terrains — problems of correlation. *J. Struct. Geol.* 1985 vol. 7 no. 3/4.
66. Zapletal K. — Přehled geologie Slezska. *Zvl. příl. Přírodověd. Sbor. Ostrav. Kraje* 1950 Opava no. 11.
67. Ziegler P.A. — North-Western Europe: tectonics and basin development. *Geol. Mijnb.* 1978 vol. 57.
68. Zwart H.J., Dornsiepen V.F. — The tectonic framework of Central and Western Europe. *Ibidem*.
69. Zwart H.J. — Pre-Variscan development of Central Europe and its surrounding areas. [In:] *European*

SUMMARY

Oberc (48) has recently presented the new model of the Variscan evolution in Central Europe on the Bohemian Massif margins. In this model a dominant role play lithosphere blocks and strike-slip movements. The purpose of this paper is discussion the Oberc's version of Variscan belts evolution on the Bohemian Massif margins. The most discrepancies (in my opinion) concern Oberc's assumptions about geotectonic models, used by him structural basis, the age and a number of deformation stages, and regional implications.

Oberc explained the development and structure of the central European Variscides on the basis of the blocks model in connection with the theory of expanding Earth. As a result of increasing of Earth wavelength there are "keyboard uplift blocks". This pushing out of blocks is due to increase of dip angles of a upper surface of astenosphere. Increasing of the dip angles are due to a gravitational displacement of blocks on sloping surfaces of astenosphere. According to Oberc this almost horizontal displacements of "gravitational spreading" type caused folding of the content of geosynclines, which are between blocks of the Cadomian orogenesis.

The most discrepancies to the Oberc's geotectonic model are as follows: 1. To reach "gravitational compression" there must be a great angle of dip on the upper surface of astenosphere. However, it is difficult to believe that with uplifting of lithosphere together with astenosphere blocks take place a significant putting out of these blocks. A more likely alternative is that adjustment of lithosphere to a decrease in curvature of the Earth, like in Don's model (21). 2. In order to overcome internal resistances in Cadomian blocks a "gravitational flow" has to be relatively fast. Such fast gravitational flow caused only one generation of tectonic structures. With sequence of complex and several stages of Variscan deformation there must be assumed that there were also several phases of gravitational flow. I consider it unlikely.

Oberc has rejected subduction and thus a classical version of plate tectonics model of the European Variscides as unproven. In Variscan belts are several zones subduction, however. Segments of oceanic crust are present also in Sudetes Mountains (SW Poland), perhaps in form of series of oceanic basins. The fragments of ocean crust could undergo obduction stage, also.

Reservations has also related with Oberc's criterion of fold axes orientation as principal one for correlation in structural analyses. The use of the criterion of fold axes orientation is generally considered unreliable for correlation purposes. The best criterion is orientation of extensional lineations (oriented parallel to the X-axis of the finite strain ellipsoid, $X > Y \geq Z$). For that reason the Oberc's suggestion in terms of changing structural plans of the Variscan belts during the seven phases of deformation cannot be accepted on the basis of orientation of fold axes.

Did really there were seven phases of Variscan deformation. It would have been strange that every deformation phase had been marking of different attitude of tectonic displacements. That problems can not examined without timing of particular deformation phases. Controversy has been begun with attemption of definition of significance of the Cadomian orogenesis in the European Variscides.

Oberc has been suggested that the Cadomian orogenesis deformed and metamorphosed the only mezozonally metamorphosed geological units (for example in Sudetes). In the Sudetic Mts. are similarity in style and deformation sequences between Variscan geological units (for example epimetamorphic Kaczawa Mts.) and units (terrane) mezozonally metamorphosed (for example the metamorphic complex of Śnieżnik Mts). Additionally a large number of data (among another radiometrical dating) indicate gradual transitions from "Caledonian" to Variscan metamorphic events. Without geochronological age dating, differentiating of these orogenic phases is exceedingly difficult if not impossible.

Results of geophysical study in Western Europe show a subhorizontally dipping to south thrust sheets or planes of nappes. According to this data it is difficult to accept Oberc's model of blocks, which are bounded by vertical, deep faults downing to asthenosphere. Any scenario for the tectonic history of European Variscan is necessarily speculative.

Translated by the Author

РЕЗЮМЕ

В последнее время Оберц представил новую модель эволюции варисцидов Центральной Европы. Особую роль в этой модели играют блоки литосферы и переместительные движения. Целью статьи является обсуждение представленной Оберцом схемы эволюции варисцидских горных цепей на берегах Чешского Массива. Наиболее сомнений вызывают: принятая Оберцом геотектоническая модель, применение структурного критерия, а также количество и возраст региональных деформаций и импликаций.

Оберц выясняет развитие и строение варисцидов при помощи модели блоков, в связи с теорией экспандирующей Земли. В результате увеличения радиуса Земли происходит „клавишное выталкивание блоков”, что вызывает увеличение угла падения верхней поверхности астеносферы. Увеличение угла падения этой поверхности вызывает гравитационное перемещение блока или комплекса блоков. По мнению Оберца эти почти горизонтальные перемещения типа „гравитационного спрединга” вызывает складчатость геосинклинальных осадков, находящихся между блоками кадомийского тектогена.

Самые важные возражения к геотектонической модели Оберца следующие:

1. Чтобы произошла „гравитационная компрессия”

необходимо существование большого угла падения кровельной поверхности астеносферы. Трудно поверить что при выталкивании блоков литосферы вместе с астеносферой произошло значительное высывывание блоков. Более правдоподобно приспособление литосферы к увеличивающемуся постепенно радиусу Земли.

2. Чтобы преодолеть внутренние сопротивления в блоках „гравитационные стоки” кадомийских массивов должны быть соответственно быстрые. Скорый сток мог образовать только одну генерацию тектонических структур. При многоэтапной секвенции деформации варисцидов надо принять многократные „гравитационные стоки”. Это сомнительно.

Оберц отвергает возможность существования в варисцидах проявлений субдукции. Для европейских варисцидов выделяют несколько зон субдукции. Они существовали также в Судетах (геохимические данные), возможно что в форме ряда океанических мульд. Фрагменты древней океанической коры могли также быть подвергнуты этапу обдукции.

Возражения касаются также принятого Оберцом критерия ориентации оси складок как основного критерия в структурном анализе. Критерий ориентации оси складок очень сомнительный в противоположности ориентации экстенсивной линейации (ориентированной параллельно к оси X эллипсоида конечной деформации, где $X > Y \geq Z$). Потому нельзя принять предложения Оберца касающегося истории изменения структурного плана варисцидов в течении 7 очередных фаз деформации, на основании ориентации оси складок.

Существовало ли действительное 7 отдельных фаз варисцидских деформации? Странно, что каждая фаза деформации характеризовалась разным направлением тектонического транспорта. Этим вопросам нельзя рассматривать без определения возраста отдельных фаз деформации. Споры возникают уже при попытке определения значения кадомийского орогенеза для варисцидов. По мнению Оберца кадомийский орогенез вызвал деформацию и метаморфизацию только единицы с амфиболитовой фацией, нпр. в Судетах. Но в Судетах наблюдается сходство стиля и секвенции деформации между варисцидскими единицами (нпр. эпиметаморфической качавской единицей) и единицами (терранами?) метаморфизованными в условиях амфиболитовой фации (нпр. метаморфик Снежника). Кроме того много данных, также радиометрических, указывает на постепенный переход с „каледонского” до варисцидского метаморфизма.

Результаты геофизических исследований проведенных в Западной Европе указывают на плоскости надвигов или чешуй, погруженные под небольшими углами. Эти данные не подтверждают принятой Оберцом модели ряда блоков, ограниченных вертикальными глубокими разломами доходящими даже до астеносферы.