

Marian DUMICZ¹

PROBLEM ZWROTU RUCHU MAS SKALNYCH W EWOLUCJI TEKTONOMETAMORFICZNEJ METAMORFIKU ŚNIEŻNIKA²

On the sense of movement of rock masses
during tectonometamorphic evolution of the Śnieżnik
metamorphic complex

Abstrakt. Przeanalizowano poglądy Cymermana (1991) zaprzeczające powszechnej opinii, iż jednostki tektoniczne metamorfitu Śnieżnika powstały jako efekt transportu tektonicznego skierowanego generalnie ku wschodowi. Posługując się analizą kinematyczną badacz ten stara się dowieść, że prawie wszystkie domeny tego regionu były deformowane w licznych strefach ścinań w wyniku niekoaksjalnych procesów płynięcia laminarnego i zaznaczyły się powszechnym rozwojem lineacji ekstensyjnej o przebiegu zbliżonym do N-S.

Tymczasem, w świetle materiałów przedstawionych w niniejszej notatce, powszechną strukturą liniową w metamorfitu Śnieżnika jest lineacja intersekcyjna L₃ (S₁/S₃). Lineacja ekstensyjna L_x natomiast jest ograniczona przestrzennie do wystąpień ortognejsów śnieżnickich, a czasowo wiąże się z jednym epizodem fałdowym, zapewne - D₂. Ponadto, lineacja ta w swej inicjalnej postaci ma charakter struktury elongacyjnej, powstałej w reżimie nierotacyjnym (koaksjalnym).

Wyrażono pogląd, że stwierdzane w metamorfitu Śnieżnika struktury typu σ i δ oraz inne wskaźniki kinematyczne, wskazujące na subhoryzontalny zwrot ruchu mas skalnych, są w większości przypadków związane z deformacją D₃.

Key words: Mesosstructures, microstructures, kinematic analysis, Śnieżnik metamorphic complex, Sudetes, Poland.

Abstract. Critically examined are Cymerman's (1991) views denying the commonly expressed opinion that the tectonic units of the Śnieżnik metamorphic complex have been formed in processes of generally eastward tectonic transport. Using the tool of kinematic analysis the quoted author has tried to prove that almost all of the domains of that region were deformed in numerous shear zones due to non-coaxial

¹ Instytut Nauk Geologicznych, Uniwersytet Wrocławski, ul. Cybulskiego 30, 50-205 Wrocław, Poland.

² Wpłynęło 19 stycznia 1995, przyjęto do druku 15 maja 1995.

laminar flow which resulted in the formation of pervasive stretching lineation of approximately N-S trend.

However, in the light of data contained in the present communication, the most common linear structure in the Śnieżnik metamorphic complex is represented by intersection lineation L_3 (S_1/S_3). On the other hand, the stretching lineation L_x is spatially confined to occurrences of the Śnieżnik orthogneisses and is temporally related to only one folding event, probably D_2 . Moreover, the L_x lamination in its incipient form shows features of an elongation structure developed in a non-rotational (coaxial) regime.

A view is presented here that σ and δ structures and other kinematic indicators pointing to subhorizontal displacements of the rock masses in Śnieżnik metamorphic complex are, in most cases, related to deformation D_3 .

Zapoczątkowane w Sudetach przez H. Teisseyre'a w latach pięćdziesiątych badania mezostrukturalne uzupełnione zostały ostatnio m.in. przez Cymermana mikroskopowymi studiami struktur tektonicznych zidentyfikowanych jako wskaźniki zwrotu ruchu ścięciowego w procesach tektonometamorficznych (Berthe *et al.* 1979; Simpson, Schmid 1983; Lister, Snoke 1984; Aleksandrowski 1992).

Obserwacjom mezostrukturalnym autor poświęcił sporo uwagi w czasie długoletnich prac w metamorfiku Śnieżnika. Nie stosował natomiast w warsztacie badawczym analizy kinematycznej, przynajmniej w dostatecznym stopniu, chociaż śledził pojawiającą się z jej zakresu literaturę i uczestniczył w kilku posiedzeniach i sesjach związanych z tą problematyką.

Zaskakujące okazały się dla autora, referowane na tych posiedzeniach i ukazujące się w literaturze, wyniki analizy mikroskopowych wskaźników zwrotu ruchu, zwłaszcza dla metamorfiku Śnieżnika. Region ten został w nich przedstawiony przez Cymermana (1991) jako ciało geologiczne z dominującą obecnością ekstensyjnych struktur liniowych, wskazujących na powszechny ruch mas skalnych o zwrocie skierowanym w azymutach północnych i sporadycznie – południowych, tj. w kierunku zgodnym lub prawie zgodnym z rozciągłością występujących tu wydzieleni litologicznych i przebiegiem większości struktur tektonicznych (makro i mezo) o charakterze fałdów, przeważnie poligenicznych i często współosiowych (najczęściej F_{2+4}). Tymczasem liczni badacze strefy granicznej Sudetów Zachodnich i Wschodnich (m.in. Wilschowitz 1939; Pauk 1953; Teisseyre 1957, Oberc 1957, 1972; Skacel 1987; Borkowska *et al.* 1990; Don *et al.* 1991; Żelaźniewicz 1991) dowodzą zgodnie, że struktury te powstały jako efekt transportu tektonicznego skierowanego przeważnie ku wschodowi. Naskicowane dwa plany rozwoju metamorfiku Śnieżnika, z których jeden oparty jest głównie na analizie kinematycznej, a drugi na bazie połączonych różnych metod, pozostają w zględem siebie w skrajnej sprzeczności.

Przeprowadzona przez autora analiza mezostrukturalna (Dumicz 1988, 1989 1991, 1993) pozwoliła na wyodrębnienie w metamorfiku Śnieżnika siedmiu etapów deformacji i powiązanie z nimi określonych mezo-, a niekiedy również makrostruktur.

Według Cymermana (1991), w metamorfiku Śnieżnika można wyodrębnić pięć zespołów struktur tektonicznych uformowanych raczej w wyniku kolejnych przyrostów progresywnej deformacji, a nie odrębnych faz deformacji. Obecność tych zespołów badacz ten wiąże z rozwojem licznych stref ścinań podatnych, powstałych w wyniku niekoaksjalnych (rotacyjnych) procesów płynięcia laminarnego podczas dwóch głównych zjawisk tektonicznych, łączących w sobie waryscyjską prawoskrętną i lokalnie lewoskrętną transpresję oraz późniejszą, również prawoskrętną transtensję. Wymienione zjawiska transpresji i transtensji, jak dowodzi Cymerman, przebiegają w strefie ruchu zorientowanej w przybliżeniu N-S. Zauważa przy tym, że jedną z najbardziej charakterystycznych cech metamorfiku Śnieżnika jest małe lub umiarkowane zanurzenie ekstensyjnej, penetratywnej lineacji mineralnej (prawie równoległej do osi X elipsoidy odkształcenia końcowego). Podkreśla również, że „wyniki analizy kinematycznej, oparte na różnorodnych metodach zwrotu ścinania ... w kierunkach wyznaczonych przez lineację ekstensyjną (mylonityczną) ... stawiają w zupełnie nowym świetle ewolucję tektoniczną całego obszaru metamorfiku Śnieżnika”.

To ogromne zafascynowanie Cymermana metodą analizy kinematycznej, jaką posłużył się on przy rozwiązywaniu trudnych zagadnień tektonicznych metamorfiku Śnieżnika, sprawiło, że uszły jego uwadze inne zjawiska istotne dla określenia zwrotu ruchu mas skalnych w ewolucji tektonometamorficznej tego regionu. Autor nie ma tu na myśli wyłącznie dotychczasowych efektów analizy strukturalnej, co do których Cymerman odnosi się z dużą rezerwą, lecz zjawisko wielkoskalowe o zasięgu co najmniej regionalnym. Otóż na powierzchni badanego terenu i w tym samym poziomie hipsometrycznym występują skały, z których jedne, jak to wynika m. in. z badań Bakun-Czubarow (1991, 1992), powstały na głębokości ok. 100 km, a drugie – na głębokości ok. 40 km poniżej powierzchni globu ziemskiego. Chodzi tu, oczywiście, o eklogity występujące w formie cienkich soczewek w obrębie skał mezozonalnie zmetamorfizowanych. Jeśliby ten 60-kilometrowy kontrast hipsometryczny, wynikający z różnicy warunków PT, w jakich te skały powstały, miał być efektem przemieszczeń mas skalnych skierowanych zgodnie z subhoryzontalną lineacją N-S, przyjmowaną przez Cymermana (1991) jako ekstensyjna, to amplituda tych przemieszczeń musiałaby być rzędu kilkuset kilometrów. Pozostając natomiast przy dotychczas przyjmowanym wschodnim zwrocie ruchu mas skalnych, amplituda tego przemieszczenia zmniejsza się kilkakrotnie i uzyskuje

realne rozmiary ok. 100 km, lub nieco więcej przy pologim nachyleniu powierzchni nasunięć.

Powracając do zjawisk mezostrukturalnych należy przypomnieć, że ich relację wiekową do elementów mikrostrukturalnych, będących wskaźnikami zwrotu ruchu, badał w ortognejsach śnieżnickich Żelaźniewicz (1991). Badacz ten przyjmując za Borkowską *et al.* (1990) magmowe pochodzenie tych skał, uważa, że granit, z którego one powstały, poddany został osiowemu rozciąganiu, przeważnie N-S, synchronicznemu z metamorfizmem skał osłony w facji amfibolitowej, przypuszczalnie wskutek mechanizmu ucieczki tektonicznej w obrębie W→E skracanego kompleksu orlicko-śnieżnickiego (kolizja ługiku i morawo-silesziku). Proces ten w jego opinii zapoczątkował przeobrażenie granitu w gnejsy w reżimie osiowego rozciągania, a charakterystyczną strukturą powstałą w tym stadium jest – jak zauważa – lineacja elongacyjna (prętowa), powszechnie symetryczna lub bez wyraźnych oznak asymetrii. Następnie dodaje, że w miarę dalszego przyrostu odkształcenia, przy nadal postępującym W→E skracaniu omawianego kompleksu, w warunkach transpresji prawoskrętnej i spadającej temperatury, dochodzi do nałożenia prostego ścinania na prętowo zdeformowany gnejs. Zjawisko to sprawia, że najstarsza, ogólnie symetryczna więźba skały staje się asymetryczna w przekrojach prostopadłych do nadal widocznych prętów, a może także nabierać cech asymetrycznych w przekrojach doń równoległych, pozornie sugerując tak północne, jak i południowe zwroty przemieszczeń. W tym stadium ewolucji gnejsów śnieżnickich, jak słusznie dowodzi Żelaźniewicz (1991), „lineacja prętowa ... nie reprezentuje już ... osi największego wydłużenia (X) nałożonej elipsoidy spłaszczenia lub prostego ścinania, przez co nie może być identyfikowana jako kierunek osi X późniejszych elipsoid i uznawana za permanentny kierunek transportu tektonicznego w trakcie całej historii deformacji kopuły orlicko-śnieżnickiej, co ostatnio zaproponował Cymerman (1991)”.

Problem zwrotu ruchu w innych odmianach skalnych badanego regionu naświetlają również niektóre obserwacje przeprowadzone w obrębie gnejsów gierałtowskich. Opierając się na kryteriach mezostrukturalnych jako wskaźnikach następstwa wiekowego serii krystalicznych (Dumicz 1976, 1979, 1988, 1989b, 1993) autor podjął próbę określenia pozycji stratygraficznej gnejsów gierałtowskich i śnieżnickich w metamorfiku Śnieżnika.

W gnejsach gierałtowskich autor wyodrębnił dwie zasadnicze, wzajemnie przeławicające się odmiany strukturalne o różnym stopniu przeobrażeń tektonometamorficznych. Odmiana starsza (obecnie autor skłonny jest nazywać ją starokrystaliczną) odznacza się powszechnie widoczną laminacją metamorficzną S₁, intensywnie zdeformowaną w drobne, o zmiennym położeniu osi fałdy F₂ ze słabo zaznaczonym złup-

kowaniem osiowym S_2 , dającym na przecięciu z S_1 lineację L_2 natury raczej intersekcyjnej i krenulacyjnej, o konturach z reguły słabo zarysowanych. Odmiana młodsza (= metamorficznie odmłodzona) zjawia się strefowo w obrębie starszej jako różnej grubości pakiety i utworzona jest z laminacji metamorficznej S_3 przebiegającej generalnie ukośnie względem powierzchni osiowych fałdów F_2 , chociaż zdarza się niekiedy dość często, że nakłada się na nie zgodnie, bądź dostosowuje się do położenia skrzydeł wspomnianych fałdów F_2 .

Wzajemna relacja między jedną a drugą odmianą gnejsów gieraltowskich najlepiej widoczna jest tam, gdzie tworzą one niezbyt grube, decymetrowe i metrowe przeławicenia. W tych partiach przejściowych, w odmianie starokrystalicznej obserwuje się często złupkowanie bądź zgnejsowienie S_3 nadające skale wygląd gnejsu śnieżnickiego z dobrze rozwiniętą lineacją intersekcyjną L_3 (S_1/S_3) o geometrii zbliżonej do struktur ołówkowych³.

Ponadto zauważa się tutaj rozwój stref transpozycji tektonicznej zorientowanych równoległe do złupkowania i zgnejsowania S_3 oraz wyraźnie dostosowującą się do przebiegu tych stref laminację S_1 . Zjawisko to ma wyraźne znamiona tzw. rozwarstwienia deformacyjnego – deformation partitioning (Bell *et al.* 1986) – polegającego na alternacji stref: z przewagą mechanizmu zginania ze strefami z przewagą mechanizmu ścinania. Przy daleko posuniętych procesach tektono-metamorficznych dochodziło tutaj, w strefach ścinania, do powszechnej, synkinematycznej, kierunkowej rekrytalizacji materiału skalnego i do powstania nowej laminacji S_3 , charakterystycznej dla metamorficznie odmłodzonej odmiany gnejsów gieraltowskich.

Opisane zjawiska nakładania się – z reguły niezgodnego – struktur płaskich S_3 (złupkowanie spękaniowe i ślizgowe, zgnejsowanie, wstęgowanie mylonityczne i laminacja metamorficzna) na laminację metamorficzną S_1 (zdeformowaną w drobne fałdy F_2 o zróżnicowanej morfologii i zmiennym przebiegu) spowodowały powszechny rozwój lineacji L_3 (S_1/S_3). Intersekcyjny charakter tej struktury jest czytelny, mimo iż odznacza się ona znaczną różnorodnością form wykształcenia, uwarunkowaną różnymi fazami jej rozwoju. Zauważono (Dumicz 1989a), że struktury prętowe L_3 (S_1/S_3), ulegając prostemu ścinaniu, zmieniają swój kształt w przekroju poprzecznym z nieregularnego owalnego na coraz bardziej spłaszczony, soczewkowy, ażeby stać się w

³ W obrębie gnejsów śnieżnickich, pojmowanych tradycyjnie, autor wyróżnił dwie strukturalne odmiany (Dumicz 1991): starszą, strukturalnie związaną z gnejsami gieraltowskimi, i młodszą, powstałą z granitoidów przeobrażonych w gnejsy oczkowe i laminowo-oczkowe (ortognejsy Borkowskiej *et al.* 1990, których ewolucję tektonometamorficzną omówił dokładnie Żelaźniewicz 1991).

końcu laminacją soczewkową S_3 w metamorficznie odmłodzonej odmianie gnejsów gieraltowskich.

Intersekcyjny charakter lineacji L_3 znakomicie tłumaczy dużą, azy-mutalną zmienność jej przebiegu; w skali próbki skalnej i odsłonięcia skalnego dochodzi ona do 90° , a w skali regionu zbliża się do 360° , chociaż najczęściej struktury te zanurzają się w azymutach zbliżonych do N, E i S oraz pośrednich, tj. NE i SE.

Przedstawione dotychczas obserwacje rozwoju mezostruktur lini-nych L_3 w gnejsach gieraltowskich i w obrębie związanej z nimi gene-tycznie starszej odmiany gnejsów śnieżnickich wskazują jednoznacznie na ich zdecydowanie intersekcyjny charakter. Skąd więc wynika idea Cymermana (1991), ażeby struktury te określać mianem eksten-syjnych? Otóż badacz ten obserwacje swoje opiera m.in. na analizie tzw. struktur SC widocznych zarówno pod mikroskopem, jak i mezo-skopowo. Rzecz w tym, że właściwe struktury SC rozwijają się w ska-łach strukturalnie izotropowych (m.in. w granitach) i przekształcają je w ciała anizotropowe (gnejsy): elementy S zakreślają powierzchnie sigmoidalne i są ścinane przez synchronicznie pojawiające się z nimi elementy C tworzące powierzchnie płaskie; kierunek wygięcia powie-rzchni S wskazuje na kierunek ruchu. W układzie SC lineacja eksten-syjna pojawia się na powierzchni C i tylko w skrajnych przypadkach deformacji, o bardzo wysokim " γ ", może być prawie zgodna z osią X elipsoidy odkształcenia.

Tymczasem w omawianych gnejsach gieraltowskich i w starszej odmianie gnejsów śnieżnickich występują powszechnie drobne zjawi-ska tektoniczne będące jedynie geometrycznym odpowiednikiem struktur SC, gdzie orientację przestrzenną S zajmuje S_1 (laminacja metamorficzna), a C – S_3 (złupkowanie spękaniowe i ślizgowe, zgnej-sowanie, wstęgowanie mylonityczne i laminacja metamorficzna). Za-tem mamy tutaj do czynienia ze strukturami niesynchronicznymi, powstałymi w różnych etapach deformacji D_1 i D_3 oddzielonych eta-pem deformacji D_2 . Wymowa kinematyczna tak zorientowanych wzglę-dem siebie powierzchni S_1 i S_3 jest zdecydowanie różna od tej, jaka wynikałaby z fałszywie przyjętych dla nich znamion struktur SC. Przede wszystkim położenie omawianej lineacji intersekcyjnej L_3 (S_1/S_3) niewiele mówi o zwrocie ruchu mas skalnych, który doprowa-dził do jej powstania. Będąc efektem niezgodnego nakładania się S_3 na bardzo zmiennie zorientowaną laminację S_1 , odznacza się ona, jak już zaznaczono, bardzo zmiennym przebiegiem, mimo iż zwrot ruchu wzdłuż powierzchni S_3 mógł być stały. Powstaje jednak pytanie, czy zwrot tego ruchu był stały. Na takie pytanie nie ma w tej chwili jed-noznacznej odpowiedzi. Powszechność i wyrazistość lineacji L_3 (S_1/S_3) spowodowały, że była ona głównym przedmiotem badań, dzięki którym poznano dokładnie jej intersekcyjny charakter. Fakt, że położenie

przestrzenne lineacji L_3 jest w omawianym przypadku niezależne od zwrotu ruchu wzdłuż powierzchni S_3 , z którą się ona wiąże, nie pozwala na razie osądzić, jaki jest jej przebieg względem głównych osi współczesnej tej struktury elipsoidy deformacji. Natomiast nie może być żadnych wątpliwości co do tego, że lineacji tej nie należy określać mianem ekstensyjnej.

Pozostaje do rozważenia relacja wiekowa omawianej lineacji intersekcyjnej L_3 (S_1/S_3) do lineacji występującej w tej odmianie gnejsów śnieżnickich, które Borkowska *et al.* (1990) i Żelaźniewicz (1991) określają jako ortognejsy, a które autor (Dumicz 1991) nazywa gnejsami z przeszłością granitową. Otóż w słabo przeobrażonych partiach tych skał, jak dowodzi Żelaźniewicz (1991), zachowały się fragmenty najstarszych odkształceń, polegających na duktylnym wyciągnięciu kwarcu i skaleni, które tworzą pręty wyznaczające wybitnie elongacyjną lineację skały. Jest to jego zdaniem – jak już wcześniej podkreślał autor niniejszego artykułu – efekt osiowego rozciągania, generalnie N-S, wskutek tektonicznej ucieczki (tectonic escape) granitu przy wysokiej początkowo temperaturze w obrębie W→E skracanego kompleksu skalnego. Powstały w tych warunkach L-tektonit ulegał zdaniem Żelaźniewicza (l.c.) w miarę wzrostu odkształcenia i spadku temperatury strefowo przekształceniu w typ LS i L<S już nie z prętowo, lecz z laminowo wykształconymi kwarcem i skaleniem. Ten rozwój gnejsów laminowanych kosztem gnejsów pręcikowych dowodzi niezbicie, w opinii Żelaźniewicza, że ogólna geometria deformacji wyjściowych granitów ewoluowała od prolatnej (cygarowatej) do oblatnej (plackowatej).

W badaniach prowadzonych w metamorfiku Śnieżnika nie sposób pominąć eklogitów obecnych we wszystkich występujących tu seriach skalnych z wyjątkiem ortognejsów śnieżnickich. Te ostatnie są w świetle analizy strukturalnej najmłodszym ogniwem skalnym badanego regionu (pomijając granitoidy warycyjskie) i zjawyły się przed deformacją D_3 . Eklogity natomiast biorą już udział w deformacjach wcześniejszych, niewątpliwie w D_2 , i jest bardzo prawdopodobne, że również w D_1 (Dumicz 1989a, 1991, 1993).

Z przedstawionych obserwacji wynikają następujące wnioski:

1. W ortognejsach śnieżnickich (*sensu* Borkowska *et al.* 1990 i Żelaźniewicz 1991) dominującą strukturą liniową jest lineacja ekstensyjna L_x , a w pozostałych odmianach gnejsów metamorfiku – lineacja intersekcyjna, głównie L_3 (S_1/S_3).

2. Rozwój lineacji ekstensyjnej L_x w ortognejsach śnieżnickich odbył się niezależnie od młodszego od niej zgnejsowania S_3 , natomiast w pozostałych odmianach gnejsów metamorfiku Śnieżnika powstanie lineacji intersekcyjnej L_3 było uwarunkowane rozwojem różnych struktur płaskich S_3 , w tym również zgnejsowania.

3. Strefowe przekształcenie L-tektonitów w typ LS, L<S i S jest widoczne we wszystkich odmianach gnejsów metamorfiku Śnieżnika i wiąże się z powszechnym rozwojem struktur płaskich S₃, a w szczególności zgnejsowania i mylonitycznego wstęgowania.

4. Przed deformacją D₃ w metamorfiku Śnieżnika miały miejsce ogromne przemieszczenia mas skalnych, które doprowadziły do bezpośrednich kontaktów skał powstałych w różnych, odległych od siebie o dziesiątki kilometrów poziomach hipsometrycznych.

5. Lineacja ekstensyjna L_x będąc strukturą inicjalną, powstała w procesie elongacji izotropowych strukturalnie granitów, nie ma genetycznego odpowiednika w skałach osłony, chociaż wiekowo nawiązuje, być może, do występujących w niej fałdów symilarnych F₂.

6. Fałdy symilarne F₂ w osłonie są ogólnie zorientowane N-S i odznaczają się stałym w skali odślonięcia położeniem powierzchni osiowej (S₂) i zmiennym przebiegiem osi, co sugeruje, że powstały one w efekcie zróżnicowanego ruchu mas skalnych równoległego do tej powierzchni (S₂) i skierowanego w przybliżeniu W-E.

Cymerman (1991) sugeruje, że prawie wszystkie domeny metamorfiku Śnieżnika były deformowane w licznych strefach ścinań, przebiegających ogólnie N-S, w wyniku niekoaksjonalnych procesów płynięcia laminarnego podczas odkształceń tektonicznych, łącząc w sobie prawo- i lokalnie lewoskrętną transpresję oraz transtensję wieku waryscyjskiego. Powiedzmy prościej: według Cymermana zjawiska te miały powstać w efekcie ruchu przesuwczo-zbieżnego (transpresja) i przesuwczo-rozbieżnego (transtensja) i zaznaczyły się powszechnym rozwojem lineacji ekstensyjnej o zbliżonym do N-S przebiegu.

Tymczasem w świetle materiałów przedstawionych w niniejszej notatce nie można mówić o powszechności lineacji ekstensyjnej w metamorfiku Śnieżnika, gdyż jest ona ograniczona przestrzennie do wystąpień ortognejsów śnieżnickich, a czasowo wiąże się z jednym epizodem fałdowym, zapewne – D₂. Ponadto lineacja ta w swej inicjalnej postaci – jak zauważa Żelaźniewicz (1991) – ma charakter struktury elongacyjnej powstałej w reżimie nierotacyjnym (koaksjalnym) jako efekt ucieczki tektonicznej ciała granitowego, wywołanej ogólnie W→E skracaniem kompleksu orlicko-śnieżnickiego w strefie kolizji ługiku i morawo-silesziku. Tak więc obecność i tej lineacji nie może być ze względu na jej koaksjalny charakter przytaczana jako dowód, iż powstała ona w wyniku prawo- lub lewoskrętnej transpresji w strefach podatnego ścinania przebiegających w kierunku S-N.

Jest natomiast bardzo prawdopodobne, że stwierdzone w metamorfiku Śnieżnika struktury typu σ i δ oraz inne wskaźniki kinematyczne, wskazujące na subhoryzontalny zwrot ruchu mas skalnych, są związane w większości przypadków z deformacją D₃. Powstałe w tym czasie mezostruktury zostały już dość dobrze poznane, lecz ich relacja

kinematyczna do synchronicznych z nimi mikrostruktur typu σ i δ , a także do właściwych struktur SC i SC' wymaga dalszych studiów.

Podziękowania

Składam wyrazy podziękowania Pani dr Nonnie Bakun-Czubarow za interesujące dyskusje i udostępnienie mi niepublikowanych materiałów o geochemii i petrologii niektórych odmian serii granulitowo-eklogitowej badanego regionu, niestety tylko częściowo wykorzystanych w niniejszej notatce ze względu na jej specjalistyczny charakter, dotyczący głównie zagadnień kinematycznych. Szczególnie serdecznie dziękuję Panu doc. dr. hab. Andrzejowi Żelaźniewiczowi za wnikliwe przeczytanie tekstu przedłożonego artykułu i celne uwagi terminologiczne.

Prace badawcze i studyjne związane z powstaniem niniejszego artykułu wykonalem w ramach realizowanego dla Komitetu Badań Naukowych grantu nr 604409101.

LITERATURA

- ALEKSANDROWSKI P., 1992. Uskoki i strefy ścinania. *In: Badania elementów tektoniki*; 51, 105 – 115. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
- BAKUN-CZUBAROW N., 1991. On the possibility of occurrence of quartz pseudomorphs after coesite in the eclogite-granulite rock series of the Złote Mountains in the Sudetes (SW Poland). *Arch. Mineral.*, 47, 1, 5 – 16.
- BAKUN-CZUBAROW N., 1992. Quartz pseudomorphs after coesite and quartz exsolution in eclogitic clinopyroxenes of the Złote Mountains in the Sudetes (SW Poland). *Arch. Mineral.*, 48, 1-2, 3 – 25.
- BELL T. H., FLEMING P. D., RUBENACH M. J., 1986. Porphyroblast nucleation, growth and dissolution in regional metamorphic rocks as a function of deformation partitioning during foliation development. *Jour. Metamorphic Geol.*, 4, 37 – 67.
- BERTHE D., CHOUKROUNE P., JEGOUZA P., 1979. Orthogneiss, mylonite and non-coaxial deformation of granites: The example of the South Armorican Shear Zone. *Jour. Struct. Geol.*, 1, 31 – 42.
- BORKOWSKA M., CHOUKROUNE P., HAMEURT J., MARTINEAU F., 1990. A geochemical investigation of the age, significance and structural evolution of the Caledonian-Variscan granite-gneisses of the Śnieżnik metamorphic area (Central Sudetes, Poland). Wiek, znaczenie i ewolucja strukturalna kaledońsko-waryscyjskich granitognejsów metamorfiku Śnieżnika w Sudetach Środkowych - studium geochemiczne. *Geol. Sudetica*, 25, 1 – 27.
- CYMERMAN Z., 1991a. Ductile thrusting in the Śnieżnik terrain, the Sudetes. An example of the Variscan orogeny. *In: Abstracts of Geological Workshop Moravian Windows. Moravsky Krumlov, 28.4. - 30.4.1991*, 35 – 37.
- CYMERMAN Z., 1991b. Waryscyjskie deformacje rotacyjne w metamorfiku Śnieżnika. *In: Następstwo serii skalnych masywu Śnieżnika w świetle kartografii geologicznej, analizy strukturalnej i badań radiometrycznych. Mater. Konf. Teren. 18-19.10.1991. Uniwersytet Wrocławski, Wrocław*, 137 – 159.
- DON J., DUMICZ M., WOJCIECHOWSKA I., ŻELAŻNIEWICZ A., 1990. Lithology and tectonics of the Orlica-Śnieżnik dome, Sudetes - Recent state of knowledge. *N. Jb. Geol. Palaönt. Abh.*, 179, 159 – 188.
- DUMICZ M., 1976. Próba wyjaśnienia tektogenezy serii zmetamorfizowanych Ziemi Kłodzkiej. *In: Problem wieku deformacji serii zmetamorfizowanych Ziemi Kłodzkiej. Mater. Konf. Teren. 11-12. 09. 1976. Uniwersytet Wrocławski, Wrocław*, 9 – 37.

- DUMICZ M., 1979. Tectogenesis of the metamorphosed series of the Kłodzko District: a tentative explanation. Próba wyjaśnienia tektogenezy serii zmetamorfizowanych Ziemi Kłodzkiej. *Geol. Sudetica*, 2, 29 – 46.
- DUMICZ M., 1988. Strefa tektoniczna Złoty Stok-Skrzynka w świetle analizy mezostrukturalnej metamorfiku Łądko-Śnieżnika. Złoty Stok - Skrzynka structural element in the light of mesostructural analysis of Łądek-Śnieżnik metamorphic terrain. *Geol. Sudetica*, 23, 2, 84 – 106.
- DUMICZ M., 1989a. The interrelationship of eclogites and gneiss series within the Międzygórze unit in the light of mesostructural study. *In: Indicator of structural evolution in polyphase deformed metamorphic complexes: criteria for the distinction of para- and orthogneisses, Orlica-Śnieżnik dome, West Sudetes. Field workshop in Poland*, 31 – 43.
- DUMICZ M., 1989b. Następstwo serii gnejsowych masywu Śnieżnika w świetle analizy mezostrukturalnej wybranych obszarów w jednostkach geologicznych Międzygórze i Gierałtowa. The Śnieżnik Mts gneisses sequence in the light of mesostructural analysis of some areas of the Międzygórze and Gierałtów units. *Geol. Sudetica*, 24, 139 – 189.
- DUMICZ M., 1991. Pozycja eklogitów w ewolucji geologicznej krystaliniku masywu Śnieżnika w świetle analizy mezostrukturalnej. *In: Następstwo serii skalnych masywu Śnieżnika w świetle kartografii geologicznej, analizy strukturalnej i badań radiometrycznych. Mater. Konf. Teren. 18-19.10.1991. Uniwersytet Wrocławski, Wrocław*, 54 – 97.
- DUMICZ M., 1993. The history of eclogites in the geological evolution of the Śnieżnik crystalline complex based on mesostructural analysis. Historia eklogitów w ewolucji metamorfiku Śnieżnika w świetle analizy mezostrukturalnej. *Geol. Sudetica*, 27, 21 – 64.
- LISTER G. S., SNOKE A. W., 1984. S-C mylonites. *Jour. Struct. Geol.*, 6, 617 – 638.
- OBERC J., 1957. Zagadnienia geologiczne metamorfiku zachodniej części Gór Białskich i obniżenia Stronia Śląskiego. Przewodnik do XXX Zjazdu Pol. Tow. Geol. w Ziemi Kłodzkiej. Duszniki Zdrój 19-21 maja 1957, 72 – 89. Wrocław.
- OBERC J., 1972. Budowa geologiczna Polski, t. 4, Tektonika, cz. 2, Sudety i obszary przyległe. Wydawnictwa Geologiczne Warszawa.
- PAUK F., 1953. Poznamky ke geologi Orlických hor a Kralického Sněžniku. *Vestn. Ustr. ust. geol.*, 28: 193 – 212.
- SIMPSON C., SCHMID S., 1983. An evolution of criteria to deduce the sense of movement in sheared rocks. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 94, 1281 – 1288.
- SKACEL J., 1987. The Silesicum and adjacent parts of the Lügicum: Ore deposits and metallogeny. Excursion Guide, Internat. Geol. Corr. Program, proj. 254, October 9-11, 1987, Geol. Surv., Prague, 15 – 23.
- TEISSEYRE H., 1957a. Budowa geologiczna okolic Międzygórze. Przewodnik do XXX Zjazdu Pol. Tow. Geol. w Ziemi Kłodzkiej, Duszniki Zdrój, 19-21 maja 1957, 54 – 72. Wrocław.
- TEISSEYRE H., 1957b. Budowa geologiczna Sudetów Wschodnich i ich przedpola. *In: Regionalna geologia Polski*, 3, 1, 29 – 39. PWN Kraków.
- WILSCHOWITZ H., 1939. Kurzgefasste Geologie des Altwatergebirges. Troppan, 1 – 83.
- ŻEŁAŹNIEWICZ A., 1991. Uwagi o deformacji ortognejsów oczkowych w kopule orlicko-śnieżnickiej. *In: Następstwo serii skalnych Śnieżnika w świetle kartografii geologicznej, analizy strukturalnej i badań radiometrycznych. Mater. Konf. Teren. 18-19.10.1991. Uniwersytet Wrocławski, Wrocław*, 122 – 136.

Marian DUMICZ

ON THE SENSE OF MOVEMENT OF ROCK MASSES DURING
TECTONOMETAMORPHIC EVOLUTION OF THE ŚNIEŻNIK
METAMORPHIC COMPLEX⁴

SUMMARY

The Śnieżnik metamorphic complex forms the eastern part of the Orlica-Śnieżnik dome, West Sudetes. Occurring in the hanging wall of the Moldanubian Thrust Zone, it has eventually been moved over the northern sector of the Moravo-Silesian Zone adhering to the Bohemian Massif in the east. In numerous papers most authors repeatedly assume the generally eastern vergence of major tectonic structures in the Śnieżnik region, which is supported by several lines of evidence (Wilschowitz 1939; Pauk 1953; Teisseyre 1957; Oberc 1957; Skacel 1987; Borkowska *et al.* 1990; Don *et al.* 1991; Żelaźniewicz 1991).

Recently Cymerman (1991) challenges the common view by assuming an overall N-S directed transport of the Śnieżnik rocks, accomplished along numerous shear zones by noncoaxial flow during Hercynian tectonic deformation, consisting of mostly dextral and locally sinistral transpression and transtension. His interpretation, derived solely from the analysis of shear sense indicators, is based upon the assumption that most of the roughly N-S trending lineation in the Śnieżnik rocks has formed due to stretching.

However, the most common lineation in rocks of the Śnieżnik metamorphic complex is not due to stretching but due to the intersection of S_1 lamination/fine layering and S_3 foliation planes ($S_1/S_3 = L_3$). An elongation lineation L_x does appear but mostly within the Śnieżnik augen orthogneisses and thus it is confined to this particular lithological variety, being developed probably during only one deformational episode D_2 . This lineation was initially introduced into the granite body as an elongation feature by means of irrotational straining during lateral tectonic escape of this body produced by the W-E general shortening of the Orlica-Śnieżnik complex in the collision zone of the Lugicum (West Sudetes) and the Moravo-Silesicum (Żelaźniewicz, 1991). Accordingly, the elongation lineation occurring in the augen orthogneiss cannot be taken as an evidence of the overall dextral or sinistral transpression along the N-S striking ductile shear zones.

It is most probable that σ and δ structures as well as other kinematic indicators of S-C and S-C' types, pointing to the subhorizontal displacements of rock masses, were actually produced during the D_3 deformational event. The D_3 mesostructures have already been well recognized in the metamorphic rocks of the Śnieżnik region and it can be demonstrated that the men-

⁴ Manuscript received 19 January 1995, accepted 15 May 1995.

tioned asymmetric kinematic indicators are likely to be related to them (e.g. changing sense of movement in opposite fold limbs). The detailed kinematic relations are being studied now.

Translated by Andrzej Zelaźniewicz

*Institute of Geological Sciences
Wrocław University
Cybulskiego 30, 50-205 Wrocław, Poland.*