

Bolesław WAJSPRYCH

TEKTONIKA JEDNOSTKI CHEŁMCA (PÓŁNOCNO-WSCHODNIA CZĘŚĆ GÓR KACZAWSKICH)

SPIS TREŚCI

Streszczenie	101
Wstęp	101
Rozwój badań geologicznych Gór Kaczawskich	103
Budowa geologiczna jednostki Chełmca	103
Łuska Bogaczowic	104
Łuska Stanisławowa	104
Łuska Pomocnego	106
Uskoki	107
Analiza mezostruktur	108
Powierzchnie foliacji	108
Lineacja	109
Spękania	110
Interpretacja tektoniczna wyników analizy strukturalnej	115
Główne fałdowanie	115
Poprzeczne fałdowanie	117
Tektonika dysjunktywna	119
Literatura	119
Summary	121

Streszczenie

Praca niniejsza opracowana została na podstawie szczegółowej analizy mezostruktur zaobserwowanych na obszarze jednostki Chełmca. Na podstawie mapy geologicznej i wyników analizy mezostruktur wywnioskowano, że jednostka Chełmca ma wyraźnie łuskowy styl budowy.

Analiza mezostruktur pozwoliła wyjaśnić duży rozrzut kierunków poszczególnych struktur fałdowych. Zjawisko to spowodowane jest rolą, jaką spełniały diabazy w czasie głównego fałdowania. Szczególnie dużo uwagi poświęcono interpretacji spękań. Wyrażna zgodność wyników otrzymanych z niezależnej analizy każdego z rodzajów mezostruktur, potwierdziła w dużej mierze prawidłowość zastosowanej w tej pracy metodyki analizy strukturalnej.

Na badanym obszarze stwierdzono obecność dużych, otwartych fałdów poprzecznych, będących efektem późniejszych ruchów fałdowych. Osie tych fałdów ułożone są w kierunku NNE — SSW.

Porównanie tektoniki jednostki Chełmca z tektoniką obszarów przyległych (permo-mezozoik niecki Leszczyzny) wskazuje, że poprzeczne fałdowanie nastąpiło przypuszczalnie w epoce kimeryjskiej. Jest to ostatni etap w rozwoju tektonicznym badanego obszaru, podczas którego naprężenia styczne wywołały deformacje o charakterze fałdowym. Deformacje późniejsze, jakkolwiek były to deformacje na dużą skalę, miały już tylko charakter tektoniki dysjunktywnej.

W końcowej części pracy scharakteryzowano ważniejsze deformacje nieciągłe.

WSTĘP

Badania, których wyniki stanowią temat niniejszej pracy, przeprowadzone zostały w latach 1967—1969 na obszarze położonym w cen-

tralnej części północno-wschodnich Gór Kaczawskich, pomiędzy miejscowościami Stanisławów i Chełmiec (fig. 1). Obszar ten stanowi

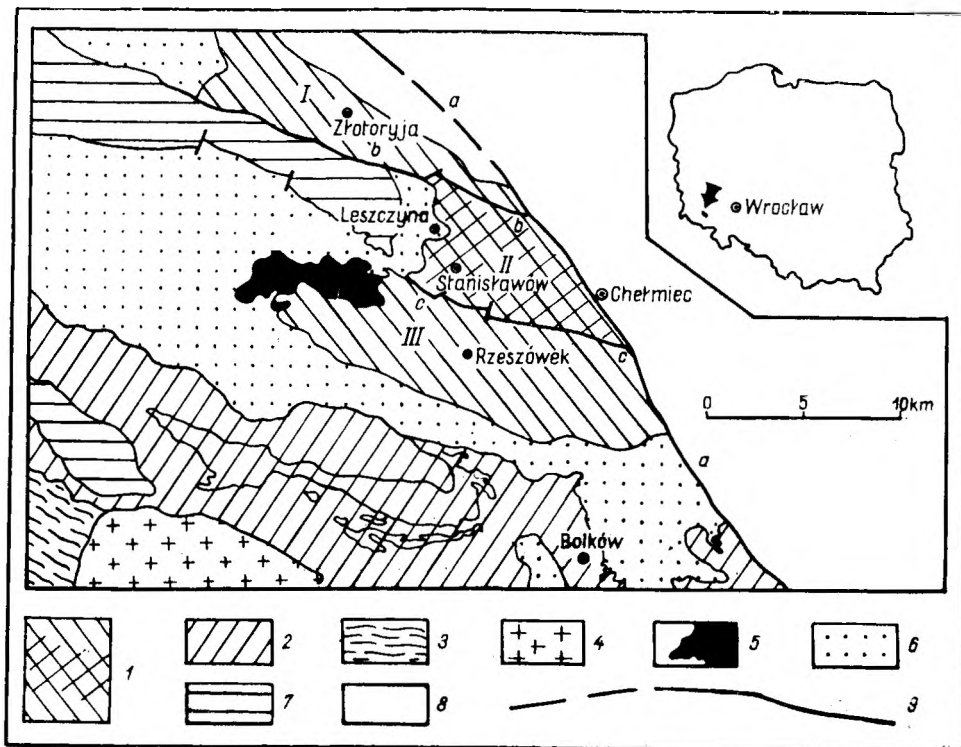


Fig. 1

Lokalizacja obszaru badań. Mapę wykonano według Mapy geologicznej regionu dolnośląskiego pod redakcją L. Sawickiego 1966

1 — metamorfik północno-wschodniej części Gór Kaczawskich, (obszar zakreskowany — teren objęty badaniami), 2 — metamorfik południowych Gór Kaczawskich, 3 — metamorfik Gór Izerskich, 4 — granit, 5 — porfiry, 6 — utwory permio-mezozoiku depresji północnosudeckiej, 7 — utwory kredowe, 8 — trzeciorzęd i czwartorzęd bloku przedsudeckiego, 9 — ważniejsze uskoki. I — jednostka Złotoryja, II — jednostka Chelmea, III — jednostka Rzeszówka; a — uskoki brzożny sudecki, b — uskoki Jerzmanicki, c — uskoki Myślinowa

Localization of area under consideration. Map compiled after the Geological Map of the Lower Silesian Region under the editorship of L. Sawicki 1966

1 — metamorphic of the north-eastern part of the Góry Kaczawskie (stippled area represent the region being investigated), 2 — metamorphic of the southern Góry Kaczawskie, 3 — metamorphic of the Izerskie Mts., 4 — granite, 5 — porphyry, 6 — Permo-Mesozoic rocks of the North-Sudetic depression, 7 — Cretaceous rocks, 8 — Tertiary and Quaternary of the Fore-Sudetic block, 9 — major faults. I — Złotoryja unit, II — Chelmea unit, III — Rzeszówka unit; a — marginal Sudetic fault, b — Jerzmanice fault, c — Myślinów fault.

centralną jednostkę tektoniczną północno-wschodniej części metamorfiku kaczawskiego wydzieloną przez J. Jerzmańskiego (1965) pod nazwą jednostki Chelmea. Badania te były prowadzone w ramach pracy magisterskiej, pod kierunkiem dr Z. Śliwy, a uzupełnione zostały w czasie badań prowadzonych z ramienia Instytutu Geologicznego we Wrocławiu.

W niniejszym artykule podjęto próbę rozwiązania niektórych zagadnień tektoniki tego interesującego i ciągle mało znanego obszaru metodami analizy strukturalnej. Ponieważ głównym celem badań miało być wyjaśnienie tektonicznej pozycji złóż hydrotermalnych, dlatego szczególnie dużo uwagi poświęcono na odtworzenie warunków dynamiczno-strukturalnych, jakie panowały w czasie głównych etapów tektonicznej ewolucji. Taki cel pracy za-

ważył w dużej mierze na metodyce zarówno badań terenowych, jak i interpretacji zebranych materiałów.

Pragnę serdecznie podziękować Panu Profesorowi dr Henrykowi Teisseyre'owi za wiele cennych rad i wskazówek udzielanych w czasie pisania pracy oraz za życzliwe przejrzanie i poprawienie całego tekstu.

Chciałbym również podziękować dr Zdzisławowi Śliwie, który opiekował się moją pracą magisterską, a której wyniki w dużym stopniu wykorzystałem w niniejszym artykule. Bardzo serdecznie dziękuję również dr Jerzemu Jerzmańskiemu za liczne dyskusje, tym cenniejsze, że prowadzone bezpośrednio w terenie, oraz Kolegom za ważne dla mnie uwagi krytyczne zarówno w trakcie opracowywania materiałów, jak i pisania tekstu.

ROZWÓJ BADAŃ GEOLOGICZNYCH GÓR KACZAWSKICH

W budowie geologicznej Gór Kaczawskich zaznacza się wyraźna dwupiętrowość (Teisseyre 1957). Piętro dolne zbudowane jest ze skał łupkowych, epimetamorficznych zaliczanych do algonku i starszego paleozoiku. Piętro górne stanowią niezmetamorfizowane skały permu, triasu i górnej kredy.

Utwory piętra dolnego rozprzestrzenione są w południowej i północno-wschodniej części Gór Kaczawskich. Przedłużają się dalej ku wschodowi poza brzeżny uskoki sudecki, gdzie przykryte są grubą pokrywą utworów trzeciorzędowych i czwartorzędowych, spod których wylaniają się w niewielkich fragmentach, głównie w okolicach Luboradza.

Zgodnie z poglądami M. Schwarzbacha (1939) przyjmuje się, że metamorfik Gór Kaczawskich ma budowę wachlarzową, w związku z czym wydziela się dwa pnie: pień południowy z południową wergencją struktur fałdowych i pień północny sfałdowany w kierunku północnym. Dotychczasowe obserwacje są zgodne z tym uogólnieniem.

Według tego samego autora (Schwarzbach *op. cit.*) staropaleozoiczne utwory Gór Kaczawskich uległy w okresie ruchów młodokaledońskich: głównemu sfałdowaniu i złupkowaniu, poprzecznemu sfałdowaniu oraz wtórnemu złupkowaniu.

W przebiegu fałdów metamorfiku kaczawskiego zaznaczają się zatem dwa kierunki fałdów: NW—SE do WNW—ESE powstałe w wyniku fałdowania głównego i kierunek NNE—SSW związany genetycznie z fałdowaniem poprzecznym.

H. W. Quitzow (1939), a następnie inni autorzy (Kodym, Svoboda 1948; *fide* H. Teisseyre 1956, 1957) dopatrują się nasunięć w budowie staropaleozoicznego piętra Gór Kaczawskich.

Według Quitzowa (*op. cit.*) północno-wschodnia część Gór Kaczawskich zbudowana jest z pokrywy zieleńcowej oraz kilku stref fałdowych poprzedzielanych młodszymi uskokami. Najbardziej na północ wysunięta jest strefa siodłowa Złotoryi—Wojcieszyna o kierunku NW — SE zbudowana głównie z ordowickich i sylurskich łupków i fyllitów. W centralnej partii tej strefy występują wyróżnione przez E. Zimmermana i K. Kühna (1936, *fide* J. Jerzmański 1965), łupki wojcieszynskie, które według

Quitzowa (*op. cit.*), nie leżą w stropie tej jednostki, lecz stanowią jej jądro.

Od południa jednostka ta jest obcięta uskokiem, wzdłuż którego graniczy z następną strefą fałdową, a mianowicie jednostką Chelmea. Strefa Chelmea, zdaniem Quitzowa, złożona jest z trzech podłużnych siodła o kierunku NW — SE zbudowanych z kambryjskich zieleńców. Siodła te są poprzedzielane partiami synklinalnymi zbudowanymi ze skał ordowiku i syluru. Młodsze od kambryjskich zieleńców intruzje diabazowe silnie zaburzyły i skomplikowały pierwotny przebieg tych struktur. Duże różnice w kompetencji sztywnych mas zieleńcowych i serii łupkowych ordowiku i syluru spowodowały usamodzielnienie jądrowych mas zieleńców, ich odkłucie i nasunięcie w kierunku NE na serie łupkowe partii łukowych. W ogólnym obrazie tej jednostki Quitzow widzi system fałdów i łusek, których wergencja jest zgodna z określoną przez Schwarzbacha (*op. cit.*) i wykazuje kierunek północno-wschodni.

Jednostka Rzeszówka, zbudowana z potężnych mas zieleńców, uważana jest przez Quitzowa (*op. cit.*) za pokrywę nasuniętą z południa. W jego interpretacji jest to obcy element leżący na strefie fałdowej Chelmea, a łupki ordowickie i sylurskie występujące w tych zieleńcach stanowią okna tektoniczne.

Koncepcja Quitzowa jest już dziś w zasadzie nieaktualna. Ostatnio bowiem uległy dużym zmianom poglądy na stratyografię i sekwencję serii skalnych omawianego obszaru. Należy jednak podkreślić, że pewne elementy tej koncepcji, jak styl budowy i podział na jednostki wyższego rzędu są przyjmowane do dziś.

Z waryscyjską intruzją granitu Karkonoszy M. Schwarzbach (1939) wiąże poprzeczne wypiętrzenie struktury kaczawskiej, spowodowane wdzieraniem się pod nią granitu.

Ruchy młodosaaksońskie według K. Beyera (1933) miały charakter tektoniki ramowej i doprowadziły do rozbitcia całego obszaru na synklinalne rowy i antyklinalne zręby.

W młodszym trzeciorzędzie dochodzi na obszarze północno-wschodniej części Gór Kaczawskich do intensywnej działalności wulkanicznej, która doprowadziła do powstania licznych kominów i pokryw bazaltowych.

BUDOWA GEOLOGICZNA JEDNOSTKI CHELMCA

Jednostka Chelmea stanowi centralny element w strukturze północno-wschodniej części Gór Kaczawskich. W dzisiejszym obrazie in-

tersekcyjnym jej granice są ostre i mają charakter tektoniczny. Od południa granicę stanowi uskoki Myślinowa, od północy i od wscho-

du brzeżny uskok sudecki, natomiast granicę zachodnią zakreśla brzeg niecki leszczyńskiej (fig. 1).

Budowa geologiczna tego obszaru jest skomplikowana i od lat jest przedmiotem badań wielu geologów. Do dziś brak zupełnie pewnego podziału stratygraficznego serii skalnych, budujących ten obszar. W rozważaniach nad tektoniką przyjęto podział zaproponowany przez J. Jerzmańskiego (1967). Zgodnie z tym podziałem najstarszymi utworami są łupki kwarcowo-serycytowe i serycytowe należące przypuszczalnie do ordowiku. Powyżej kolejno występują łupki krzemionkowe i kwarcyty syluru oraz formacja wulkanogeniczna, która stanowi najmłodsze ogniwo stratygraficzne, a wiek jej określa się na górny sylur — środkowy dewon.

J. Jerzmański (1965) wydzielił w obrębie jednostki Chełmca dwa drugorzędne elementy antyklinalne, przedzielone formami synklinalnymi:

- strefa synklinalna Bogaczowic,
- strefa antyklinalna Myślborza,
- strefa synklinalna Stanisławowa,
- strefa antyklinalna Pomocnego.

Badania przeprowadzone w terenie pozwoliły wydzielić w obrębie jednostki Chełmca trzy jednostki tektoniczne, które mają cechy typowych łusek (fig. 2 i 3). Są to, idąc od północy ku południowi:

- łuska Bogaczowic,
- łuska Stanisławowa,
- łuska Pomocnego.

Wyznaczone granice tektoniczne pozwalają na dokładne ich rozdzielenie.

LUSKA BOGACZOWIC

Łuska Bogaczowic jest najniższym elementem strukturalnym omawianej jednostki. Wzdłuż uskoku jerzmanickiego została nasunięta od południowego zachodu na jednostkę Złotoryja — Luboradz. Od północnego wschodu i wschodu obcina ją brzeżny uskok sudecki, natomiast od południa graniczy z nasuniętą na nią łuską Stanisławowa.

Struktura ta charakteryzuje się bardzo regularną budową geologiczną, gdzie przeważają serie łupków serycytowych zajmujących największy obszar. Jedynie w części południowo-wschodniej wychodzą na powierzchnię skały najstarsze, tzn. łupki kwarcowo-serycytowe. Pojawianie się skał najstarszych w części południowo-wschodniej jest charakterystyczne dla całej jednostki Chełmca, a związane jest z upadem osi struktur fałdowych tej jednostki ku NW. Zagadnienie to poruszane będzie przy analizie mezostruktur.

W partii osiowej łuski Bogaczowic obserwujemy nieciągłe pasmo łupków zieleńcowych. Na zachód od Bogaczowic, na kontakcie z łup-

kami zieleńcowymi, występują kwarcyty sylurskie podścielające serię zieleńcową. Wystąpienia zieleńców i kwarcytów wyznaczają drugorzędne zafałdowania w obrębie łuski Bogaczowic. Ciągły pas diabazów na południe od Bogaczowic stanowi fragment strefy synklinalnej złuskowanego fałdu. Wystąpienia diabazów w południowo-wschodniej części łuski Bogaczowic, znaczące się w intersekcji owalnymi zarysami o niewielkiej średnicy (rzędu kilkudziesięciu metrów), mają przypuszczalnie charakter subwulkaniczny.

LUSKA STANISŁAWOWA

Łuska Stanisławowa została nasunięta na niżej leżącą łuskę Bogaczowic. Od południa granicę jej stanowi uskok Stanisławowa, od północy uskok Bogaczowic, granicę zachodnią zaś brzeg niecki Leszczyńny.

W budowie tej jednostki decydującą rolę odgrywają diabazy, które dominują na całym jej obszarze. W obrazie intersekcyjnym tłem dla diabazów są łupki serycytowe. W części północno-wschodniej, tworząc szeroki pas o kierunku NW — SE, występują łupki kwarcowo-serycytowe, znaczące strefę czołową łuski Stanisławowa.

W obrazie intersekcyjnym struktura Stanisławowa ma kształt klina skierowanego ostrym końcem ku SE. Wystąpienia diabazów mają tu na ogół charakter pokrywowy. Szczególnie rozległe pokrywy obserwuje się w części północno-zachodniej (fig. 2).

Pokrywy diabazowe spełniły bardzo dużą rolę podczas fałdowania. W części zachodniej, gdzie pokrywy te są rozległe i mają dużą miąższość, nie doszło do tak silnego przefałdowania jak na pozostałym obszarze. Idąc ku południowemu wschodowi widać, że wydzielenia diabazów przyjmują w intersekcji kształt pasów wydłużonych zgodnie z przebiegiem serii łupkowych, a więc w kierunku NW — SE. Przekrój geologiczny tej części obszaru (fig. 3, przekrój B — B') wykazuje, że diabazy uległy tu silnemu przefałdowaniu. Dalej ku południowemu wschodowi diabazy występują w formie kominów lub żył o niewielkiej, do kilkudziesięciu metrów, średnicy. Obserwacje te wskazują, że formacja diabazowa w okresie jej powstania nie stanowiła jednolitej pokrywy na całym obszarze. W partii północno-zachodniej diabazy musiały mieć większą miąższość i być silniej wykształcone niż w części centralnej i wschodniej. Za interpretacją taką przemawia również intersekcyjny kształt łuski.

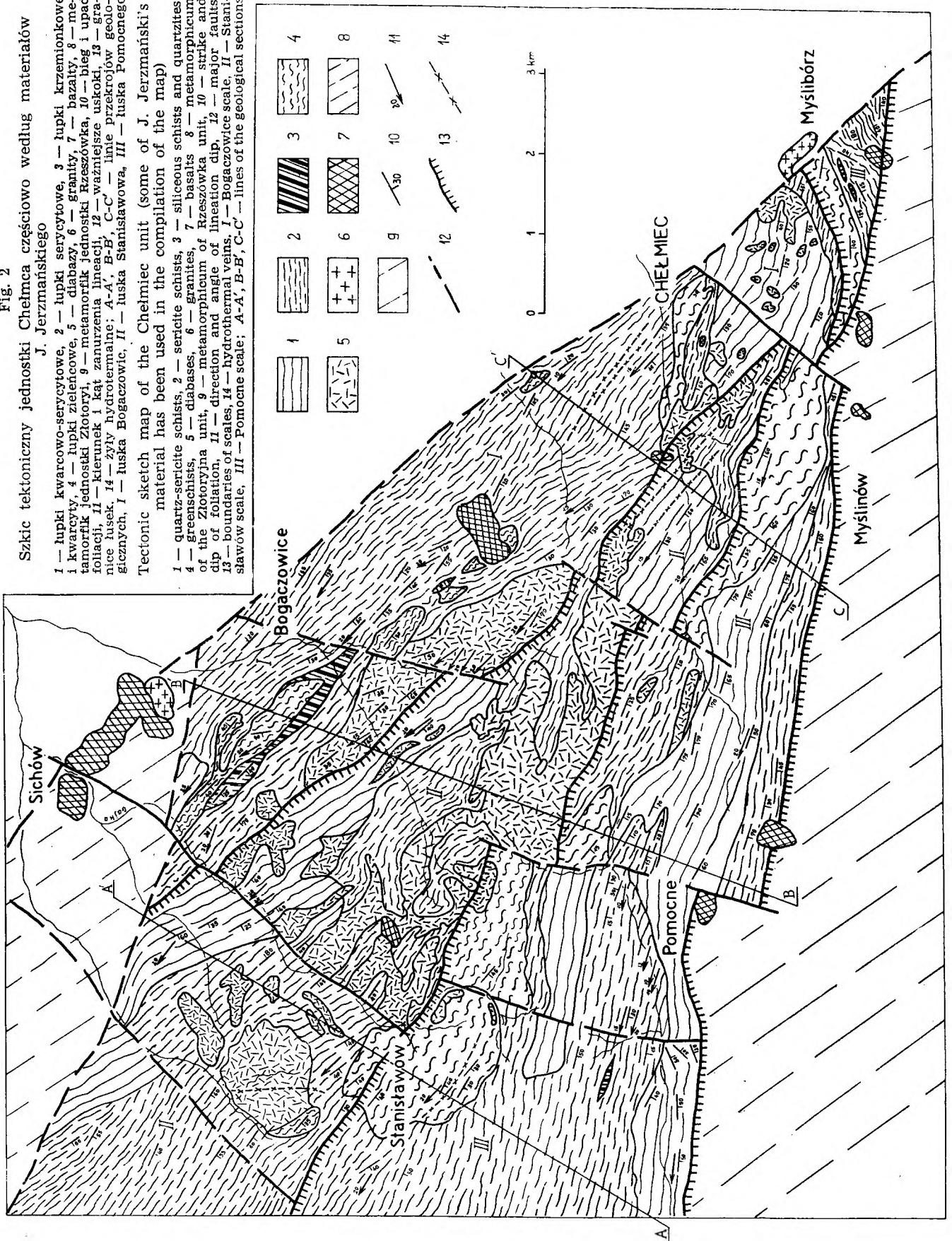
Wpływ diabazów na przebieg fałdowania i kierunki powstających fałdów w obrębie łuski Stanisławowa przedstawiono schematycznie na blokdigramie (fig. 4). W dużym uproszczeniu diagram ten można traktować jako model łuski

Fig. 2
Szkic tektoniczny jednostki Chelmecko częściowo według materiałów J. Jerzmańskiego

1 — łupki kwarcowo-sercytywowe, 2 — łupki sercycytowe, 3 — łupki krzemionkowe i kwarcyty, 4 — łupki zieloncowe, 5 — diabazy, 6 — granity, 7 — bazalty, 8 — metamorfik jednostki Złoty, 9 — metamorfik jednostki Rzeszówka, 10 — bieg i uład foliacji, 11 — kierunek i kąt zanurzenia lineacji, 12 — ważniejsze uskoki, 13 — granice łusek, 14 — żyły hydrotermalne; A-A', B-B', C-C' — linie przekrojów geologicznych, I — łuska Bogaczowic, II — łuska Stanisławowa, III — łuska Pomocnego

Tectonic sketch map of the Chelmecko unit (some of J. Jerzmański's material has been used in the compilation of the map)

1 — quartz-sericite schists, 2 — sericite schists, 3 — siliceous schists and quartzites, 4 — greenschists, 5 — diabases, 6 — granites, 7 — basalts, 8 — metamorphic of the Złoty unit, 9 — metamorphic of Rzeszówka unit, 10 — strike and dip of foliation, 11 — direction and angle of lineation dip, 12 — major faults, 13 — boundaries of scales, 14 — hydrothermal veins, I — Bogaczowice scale, II — Stanisławów scale, III — Pomocne scale; A-A', B-B', C-C' — lines of the geological sections



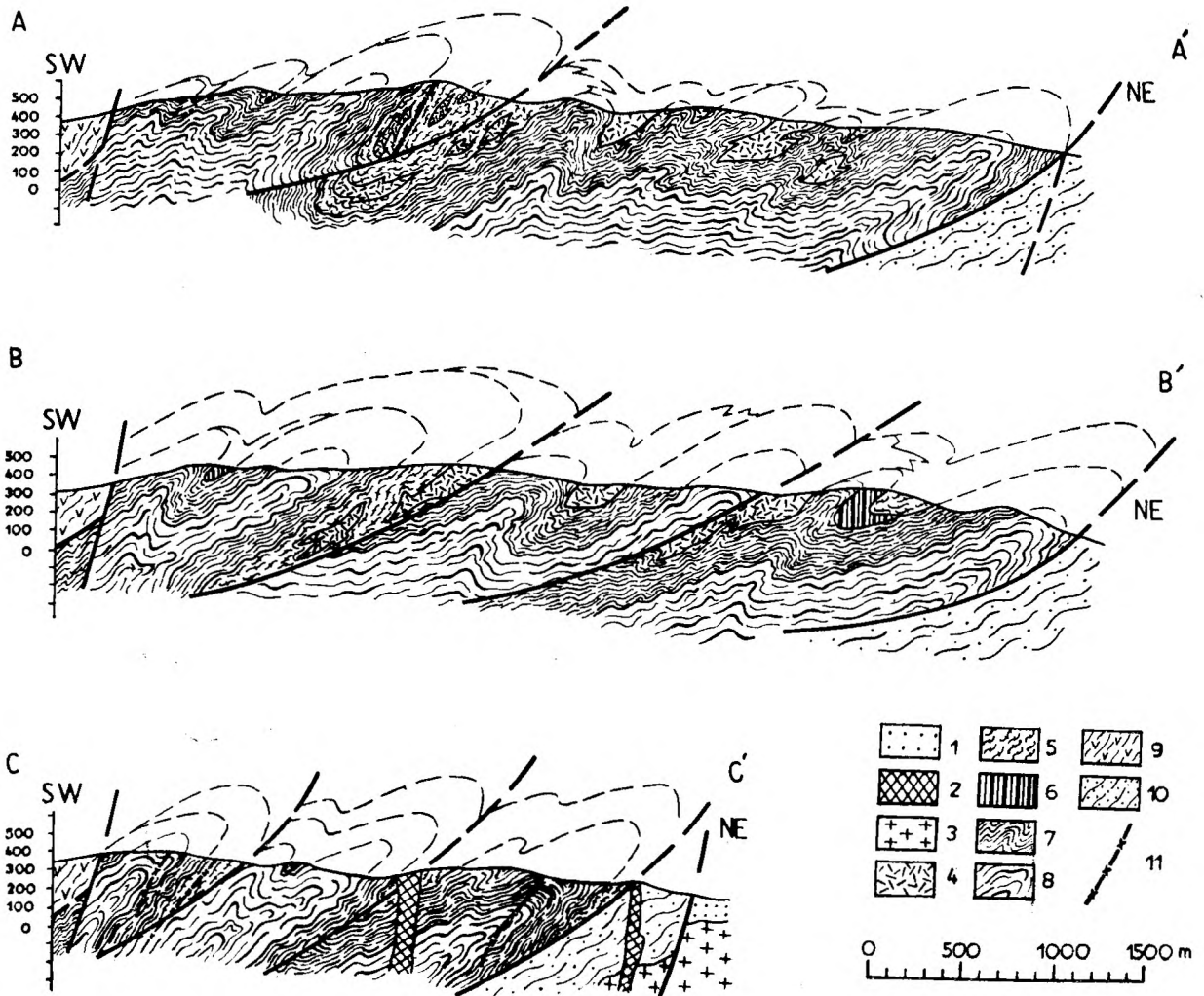


Fig. 3

Schematyczne przekroje geologiczne

A—A' — przekrój przez zachodnią część jednostki Chełmca, B—B' — przekrój przez centralną część jednostki Chełmca, C—C' — przekrój przez wschodnią część jednostki Chełmca

1 — utwory kenozoiczne, 2 — bazalty, 3 — granity, 4 — diabazy, 5 — zielce, 6 — łupki krzemionkowe i kwarcyty, 7 — łupki serycytowe, 8 — łupki kwarcowo-serycytowe, 9 — metamorfizm jednostki Rzeszówka, 10 — metamorfizm jednostki Złotoryi, 11 — żyły hydrotermalne

Schematized geological sections

A—A' — section through the western part of the Chełmiec unit, B—B' — section through central part of Chełmiec unit, C—C' — section through eastern part of Chełmiec unit

1 — Cenozoic rocks, 2 — basalts, 3 — granites, 4 — diabases. 5 — greenstones, 6 — siliceous schists and quartzites, 7 — sericite schists, 8 — quartz-sericite schists, 9 — metamorphism of Rzeszówka unit, 10 — metamorphism of Złotoryja unit, 11 — hydrothermal veins

Stanisławowa. We wschodniej części obszaru, gdzie występowały tylko drobne formy diabazowe, nastąpiło silne przeładowanie plastycznych serii łupkowych, co spowodowało skrócenie odległości w płaszczyźnie poziomej i doprowadziło do obserwowanego dziś kształtu łuski. Natomiast w części centralnej struktury fałdowe serii łupkowych dostosowują się bardzo ściśle do kształtu pokrywy diabazowej. Odzwierciedlenie tego zjawiska znajdujemy na mapie geologicznej (fig. 2). W części centralnej

łuski Stanisławowa przebieg foliacji i lineacji jest bardzo zmienny zarówno w kierunku, jak i kącie upadu.

LUSKA POMOCNEGO

Łuska Pomocnego jest najwyższym położonym elementem fałdowym jednostki Chełmca. Od północy graniczy z łuską Stanisławowa, a w swej części wschodniej jest niezgodnie nasu-

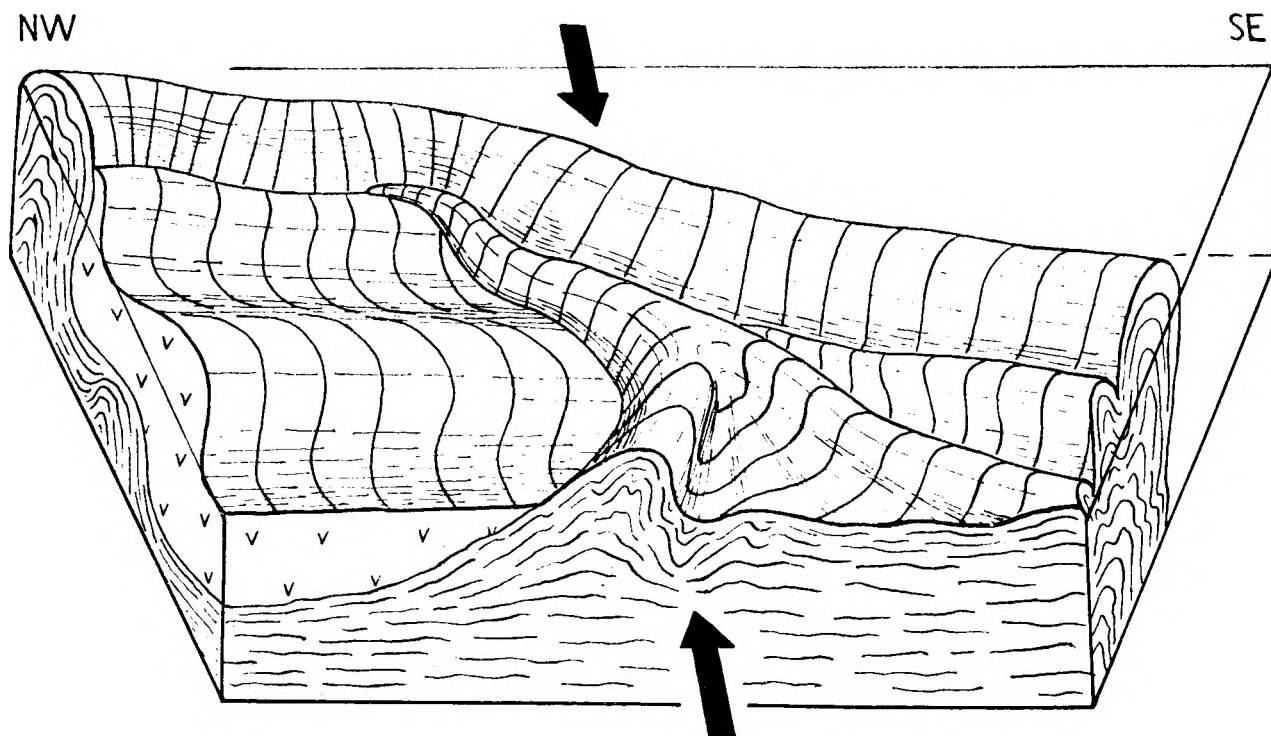


Fig. 4

Schematyczny model obrazujący wpływ płyt diabazowych na kierunki fałdowania w łusce Stanisławowa
Strzałką oznaczono kierunek nacisku w czasie głównego fałdowania

Diagrammatic model showing the bearing of diabase slabs on the direction of folding in the Stanisławów scale
Arrow indicates direction of stress during the high folding

nięta na łuskę Bogaczowic (fig. 2). Od południa ogranicza ją uskoki Myślinowa. Ku zachodowi zanurza się pod utwory permo-mezozoiku niecki Leszczyny.

Struktura ta ma przebieg bardziej zbliżony do równoleżnikowego (WNW — ESE), a jej oś zapada pod nieznacznym kątem (około 15—20°) ku WNW. Partię jądrową łuski stanowią łupki kwarcowo-serycytowe ciągnące się szerokim pasem wzdłuż całej prawie struktury. Otulone są łupkami serycytowymi, które występują na przeważającej części obszaru. W strefie czołowej łuski Pomocnego znajduje się pas łupków zieleńcowych. Godny podkreślenia jest fakt, że serie skalne tej łuski mają bardzo regularny przebieg, a foliacja i lineacja nie wykazuje tu żadnych prawie zaburzeń.

USKOKI

Na obszarze jednostki Chelmea stwierdzono istnienie kilku uskoków. Zaznacza się duża regularność ich przebiegu w stosunku do siebie. Wyróżniono dwa systemy uskoków; uskoki o kierunku NW — SE i uskoki NNE — SSW.

Dyslokacje o przebiegu NW — SE powstały ze złuszkowania. Stwierdzono dwie dyslokacje tego systemu: uskoki Bogaczowic, oddzielający łuskę Bogaczowic od łuski Stanisławo-

wa, i uskoki Stanisławowa, który rozdziela łuskę Stanisławowa od łuski Pomocnego. Do tego systemu autor zalicza również uskoki stwierdzone wcześniej przez Quitzowa (*op. cit.*), tzn. uskoki jęzermanicki i uskoki Myślinowa, które stanowią granice jednostki Chelmea. Uskoki te mają bowiem ten sam kierunek i tę samą genezę.

Uskoki Stanisławowa stwierdzony został w przekopie drogi prowadzącej ze wsi Stanisławów do kopalni barytu; około 400 m na południe od wsi przecina on w tym miejscu serię łupków zieleńcowych, przebiega w kierunku NW — SE i zapada pod kątem około 30° ku SW. Dalszy jego przebieg zaznacza się w intersekcji serii skalnych. W miejscu, w którym ten uskoki obserwujemy w odkrywcę szczelina uskokiowa ma szerokość około 3 m i zwęża się ku dołowi. Wypełnia ją tuf bazaltowy barwy żółto-szarej, w którym tkwią bomby wulkaniczne o kulistym kształcie i średnicy do 30 cm oraz nieregularne, ostrokrawędziste bloki skał otaczających. Strefa uskokiowa zaznacza się bardzo wyraźnie silnym strzaskaniem skał na przestrzeni kilkudziesięciu metrów. Skały tej strefy mają intensywne czerwono-brunatne zabarwienie wywołane tlenkami żelaza.

Uskoki Bogaczowic nie obserwowano w odsłonięciach. Przedstawiony na mapie jego przebieg wynika z intersekcji.

ANALIZA MEZOSTRUKTUR

Jak już na wstępie podano, celem niniejszej pracy jest próba rekonstrukcji stylu budowy głównych struktur fałdowych jednostki Chełmca oraz charakteru ich późniejszej przebudowy. Problem ten rozpatrzony został pod kątem warunków dynamiczno-strukturalnych, w jakich zachodziły deformacje. Dlatego autor szczególną uwagę przywiązał do badań mezostruktur związanych z główną fazą fałdowania, tzn. z fazą, w której powstały duże struktury fałdowe i złuskowanie, oraz zachowania się tych mezostruktur w czasie późniejszych deformacji. Wydaje się jednak, że takie potraktowanie problemu nie zaważyło istotnie na wartości otrzymanych wyników. Pewne wątpliwości może budzić zastosowana tu klasyfikacja genetyczna badanych struktur liniowych, szczególnie w odniesieniu do lineacji B_2 . Głównym kryterium określenia zespołu B_2 jako młodszego była zgodność kierunków jego struktur liniowych z kierunkiem osi poprzecznych fałdów. Jest to jednak kryterium niewystarczające, tym bardziej, że istnieją uzasadnione przypuszczenia, że lineacja o zbliżonym kierunku (NNE—SSW) jest związana z fazą starszą od głównego fałdowania (prof. dr Henryk Teisseyre, informacja ustna). Autor postanowił pozostać jednak przy takim jej oznaczeniu, biorąc pod uwagę, że w pewnych elementach deformowanej poprzecznie struktury fałdowej, lineacja taka może powstać, a obecność młodych deformacji poprzecznych o charakterze fałdowym mającym ten sam kierunek jest udowodniona.

POWIERZCHNIE FOLIACJI

Na badanym obszarze powierzchni foliacji, generalnie rzecz biorąc, przebiegają w azymucie $320\text{--}330^\circ$ i zapadają ku SW pod kątem $35\text{--}40^\circ$ (fig. 5). Diagram foliacji wykazuje również, że kierunki biegu foliacji na całym omawianym obszarze mają bardzo duży rozrzut, w granicach $270\text{--}350^\circ$, przy dużych wahanach kąta upadu, $15\text{--}70^\circ$ ku SW.

Rozpatrując rozkład foliacji na mapie geologicznej zauważa się, że zmienność w jej przebiegu nie jest przypadkowa. Wyraźnie zaznaczają się pewne prawidłowości w jej rozkładzie. I tak w części południowej i południowo-zachodniej jednostki Chełmca bieg foliacji układa się prawie równoleżnikowo, z tym, że w części południowo-zachodniej odchyła się nieco od tego kierunku i przybiera wartości $100\text{--}120^\circ$ (azymuty biegu), zapadając stosunkowo łagodnie ($25\text{--}40^\circ$) ku SW do SSW. W części północno-wschodniej i wschodniej foliacja ma kierunek $150\text{--}170^\circ$ i zapada pod kątem $40\text{--}50^\circ$ ku WSW, natomiast w części północno-

chodniej jednostki Chełmca przeważają kierunki $120\text{--}140^\circ$ z upadami $40\text{--}60^\circ$ ku SW.

Charakterystyczne w rozkładzie kierunków biegu foliacji w jednostce Chełmca, jest fakt dużej zmienności tych kierunków w strukturze Chełmca jako całości. Natomiast w każdej z wydzielonych przez autora łusek, kierunek biegu foliacji jest wartością stosunkowo stałą, z wyjątkiem łuski Stanisławowa, o czym wspomniano już wyżej. Takie zróżnicowanie biegu foliacji stanowiło jedną z podstawowych przesłanek do przedstawionej tu interpretacji megastruktur jednostki Chełmca.

Należy jednak zaznaczyć, że mówiąc o stałości kierunków biegu foliacji w każdej z wydzielonych łusek, chodzi o to że kierunki te przeważają. Na obszarze każdej z łusek, zaznaczają się również podrzędnie pozostałe kierunki biegu foliacji, zarejestrowane na diagramie zbiorczym, a spowodowane istnieniem poprzecznych fałdów.

Z opisanej wyżej zmienności ułożenia foliacji wynika jeszcze jedna ważna zależność. Zmienność ta wydaje się być w ścisłym związku z kompleksem skał intruzywnych, zajmujących centralną partię jednostki Chełmca. Z obrazu intersekcyjnego mapy geologicznej wynika bowiem, że foliacja układa się zgodnie z

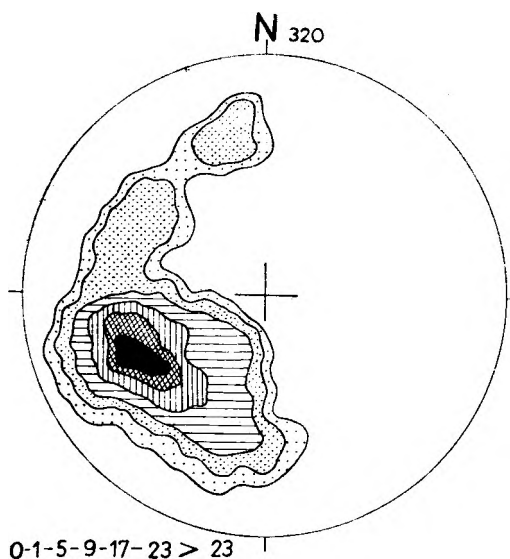


Fig. 5

Konturowy diagram zbiorczy powierzchni foliacji dla całego obszaru jednostki Chełmca
Półkula górna. Liczba nad kołem wielkim oznacza ilość pomiarów na podstawie których wykreślono diagram. U spodu diagramu podano przedziały procentowe

Total contour diagram of the foliation planes for the whole area of the Chełmiec unit

Upper Hemisphere. Numbers above the greater circle indicate number of measurements on which the diagram has been plotted. Per cent divisions given at bottom of diagram

zarysem powierzchni granicznych formacji diabazowej. Interpretację tego zjawiska podano w dalszej części artykułu.

Reasumując powyższy opis należy stwierdzić, że foliacja na obszarze jednostki Chełmca wykazuje następujące cechy:

— maksimum częstości kierunków biegu foliacji (wartości wyznaczone z diagramu zbiorczego) (fig. 5) przypada na przedział od 320 do 330° ;

— kąty upadu foliacji wynoszą najczęściej od 35 do 45° ;

— foliacja zapada monoklinalnie w kierunku południowo-zachodnim; w poszczególnych łuskach, z wyjątkiem łuski Stanisławowa;

— kierunki biegu foliacji są stosunkowo stałe;

— duża zmienność kierunków biegu foliacji w łusce Stanisławowa nawiązuje do intersekcyjnego zarysu pokryw diabazowych.

LINEACJA

Równoległość struktur liniowych względem dużych jednostek fałdowych sugeruje, że na zbadanym obszarze występują lineacje B . Lineacje te wykształcone są przede wszystkim w formie zmarszczkowania i drobnych fałdków.

Drobne struktury fałdowe obserwowano prawie wyłącznie w łupkach kwarcowo-serycytowych i serycytowych, rzadziej w skałach zielcowych. Fałdki są najczęściej asymetryczne

o amplitudzie od kilku do kilkunastu centymetrów. Ze względu na małą ilość odsłonień, w których obserwowano fałdki, nie wykonano odrębnych diagramów orientacji ich osi. Na diagramach lineacji ujęte są one łącznie z pomiarami zmarszczkowania. Obserwując drobne fałdy szczególną uwagę zwracano na ich asymetrię. Fałdy te wykazują niezmiennie asymetrię północno-wschodnią.

Zmarszczkowanie jest bardziej powszechną formą występowania lineacji B . Szczególnie intensywnie występuje w łupkach serycytowych i kwarcowo-serycytowych. W łupkach serii zielcowej zaznacza się o wiele słabiej, a w partiach bardziej masywnych nie pojawia się.

Stwierdzono dwie generacje wiekowe lineacji B . Lineację starszą, oznaczoną tu B_1 , charakteryzuje większe zróżnicowanie form morfologicznych, natomiast lineację B_2 stwierdzono jedynie w formie bardzo drobnego zmarszczkowania przecinającego lineację starszą.

Wykonane pomiary orientacji lineacji B ujęto statystycznie w formie diagramów konturowych (fig. 6). Maksima otrzymane na tych diagramach wykazują azymut 310 – 320° i kąt nachylenia od 15 do 20° . Z diagramów tych wynika, że lineacja B_1 charakteryzuje się bardzo dużym rozrzutem kierunków dochodzącym do 80° .

W rozkładzie lineacji B_1 na obszarze jednostki Chełmca zaznaczają się podobne zależności jak w rozkładzie kierunków biegu foliacji. Szczególnie wyraźne jest dopasowywanie się

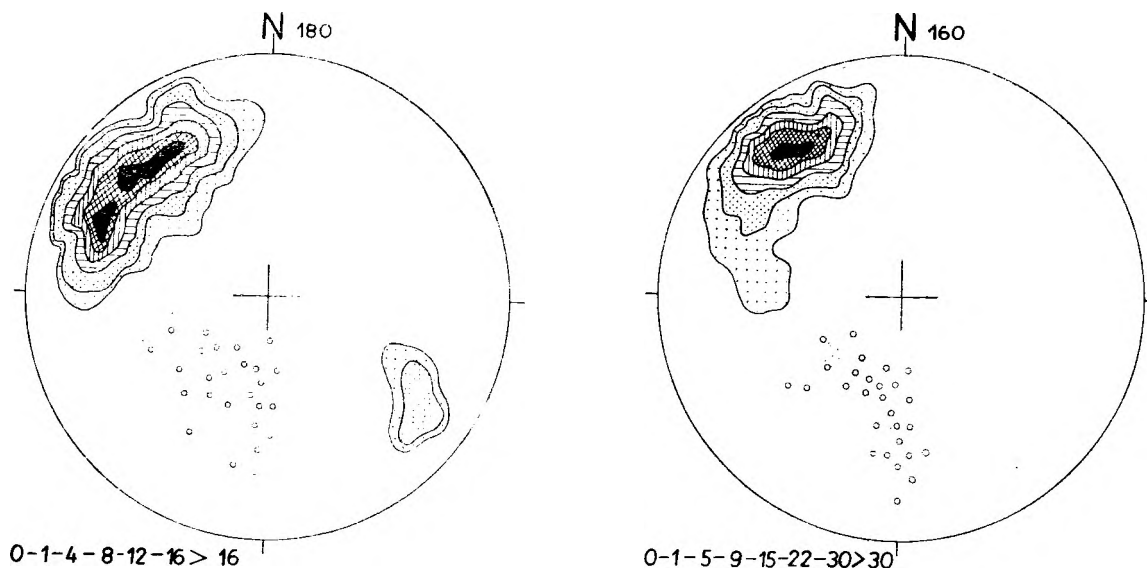


Fig. 6

Konturowe diagramy zbiorcze kierunków lineacji B

a — dla zachodniej części obszaru, b — dla wschodniej części obszaru. Kółeczkami oznaczono lineację B_2 (półkula dolna). Pozostałe objaśnienia jak na figurze 5

Summary contour diagrams of directions of B lineation

a — for western part of area. b — for eastern part of area. B_2 lineation indicated by circlets. (Lower hemisphere). Legend as in Figure 5

kierunków biegu foliacji do intersekcyjnego obrysu formacji diabazowej, na co zwrócił również uwagę J. Jerzmański (*op. cit.*).

W części południowej, na obszarze łuski Pomocnego, lineacja zanurza się pod niewielkim kątem (około 20°) w kierunku $270-290^\circ$. W części centralnej jednostki Chełmca, w obrębie łuski Stanisławowa kierunki lineacji mają największy rozrzut i przyjmują wartości $280-320^\circ$. Rozrzut ten odzwierciedla skomplikowaną budowę tej łuski. W części północnej i północno-wschodniej struktury Chełmca lineacja B_1 wykazuje dużą regularność i ułożona jest w kierunku $320-340^\circ$. Ogólnie można stwierdzić, że lineacja B_1 na całym obszarze jednostki Chełmca układa się wachlarzowato, przy czym kierunki jej zbiegają się w południowo-wschodniej części struktury.

Lineację B_2 stwierdzono w kilku odsłonięciach w łupkach serycytowych i kwarcowo-serycytowych w rejonie Stanisławowa i Bogaczowic. Wykształcona jest ona w formie drobnego zmarszczkowania przecinającego lineację starszą.

Większość struktur liniowych B_2 ma kierunek zbliżony do południkowego (fig. 6). Przybliżone maksimum tej lineacji przypada na kierunek 190° przy nachyleniu 35° . Ogólnie kąty nachylenia w zależności od kąta upadu foliacji wahają się w przedziale $30-60^\circ$.

Jak wynika z przedstawionej dotąd charakterystyki elementów makroskopowych oraz mezostruktur, lineacja B_1 jest zgodna z rozciągłością dużych elementów fałdowych. Należy więc uważać, że jest związana genetycznie z głównym fałdowaniem omawianego regionu.

SPEKANIA

W trakcie badań terenowych wykonano około trzech tysięcy pomiarów orientacji powierzchni spękań, które ujęto statystycznie w formie kumulatywnych diagramów konturowych. Z diagramów tych wynika, że istnieje tu kilka systemów spękań, których ilość jest zmienna w zależności od typu skały. Serie łupkowe, łupki serycytowe i kwarcowo-serycytowe oraz niektóre partie łupków zieleńcowych, wykazują zwykle trzy systemy spękań, natomiast serie bardziej sztywne spękane są znacznie silniej i wykazują pięć do siedmiu systemów. Wartości procentowe poszczególnych maksimum są raczej stałe i wahają się w granicach od 10 do 14%, maksymalnie, w sporadycznych przypadkach osiągają wartość 18%.

W łupkach kwarcowo-serycytowych i serycytowych spękania tworzą trzy wyraźne systemy (fig. 7), których maksima układają się w bardzo zbliżonych kierunkach na wszystkich diagramach.

System I tworzą spękania, których powierz-

chnie zapadają pod stromymi kątami w kierunku NE. Spękania należące do maksimum tego systemu zapadają pod kątem $70-90^\circ$ w azymucie $50-70^\circ$. Na jednym z przedstawionych tu diagramów (fig. 7 c) system I, podobnie jak pozostałe systemy tego diagramu, przesunięty jest o około 30° ku północy. Sytuację taką obserwuje się na wszystkich diagramach spękań z obszaru łuski Pomocnego. Zmiany kierunku spękań wiążą się przypuszczalnie ze zmianą kierunku osi dużych struktur fałdowych.

Spękania systemu II i III na ogół nie są wyraźnie od siebie oddzielone. O istnieniu dwu systemów spękań świadczą dwa maksima, oddalone od siebie o około $40-50^\circ$. Spękania maksimum II zapadają w azymucie $120-130^\circ$, natomiast spękania systemu III zapadają w azymucie $155-170^\circ$. Powierzchnie spękań dwóch systemów są płaskie i gładkie. Często zaznaczają się drobne przesunięcia wzdłuż tych powierzchni.

W ciemnoszarych kwarcytach okolic Bogaczowic zaznaczają się tylko dwa systemy spękań (fig. 8 a, 8 b); system, którego maksimum spękań zapada pod kątem $50-80^\circ$, w azymucie $50-60^\circ$ i drugi system utworzony przez spękania zapadające w azymucie $110-130^\circ$ pod zmiennymi kątami ($40-60^\circ$). Porównanie tych systemów ze spękaniami w łupkach kwarcowo-serycytowych i serycytowych wskazuje, że spękania zapadające w azymucie $50-60^\circ$ odpowiadają systemowi I. Systemowi II odpowiadają spękania zaznaczające się bardzo wyraźnym maksimum na diagramie (fig. 8 b). Na pierwszym diagramie (fig. 8 a) spękania tego systemu są również uchwycone, choć częstość ich występowania jest bardzo mała. Spękania systemu III zaznaczają się bardzo wyraźnie na diagramie pierwszym (fig. 8 a), natomiast na drugim diagramie (fig. 8 b) dają tylko nieznaczne podwyższenie koncentracji.

Rozkład spękań w serii zieleńcowej nie jest już tak prosty jak w skałach dotychczas opisanych. Diagramy wykazują dużą ilość systemów spękań, często rozrzuconych nieregularnie (fig. 9). Wśród tych systemów łatwo wyróżnić trzy analogiczne do występujących w łupkach kwarcowo-serycytowych i serycytowych. Szczególnie wyraźnie zaznaczają się na diagramie spękań skał chlorytowo-epidotowych, określanych jako epidiabazy andezynowe (Jerzmański 1965), (fig. 9 a). Na diagramie spękań w łupkach zieleńcowych z okolic Stanisławowa należących do łuski Pomocnego (fig. 9 c), również obserwuje się odchylenie kierunków upadu spękań trzech systemów o około 30° ku północy (por. fig. 7 c).

Pozostałe systemy spękań występują nieregularnie i trudno znaleźć jakies prawidłowości w ich rozkładzie.

Podobną sytuację obserwujemy w diabazach. Spękania tworzą tu 5 do 8 systemów na

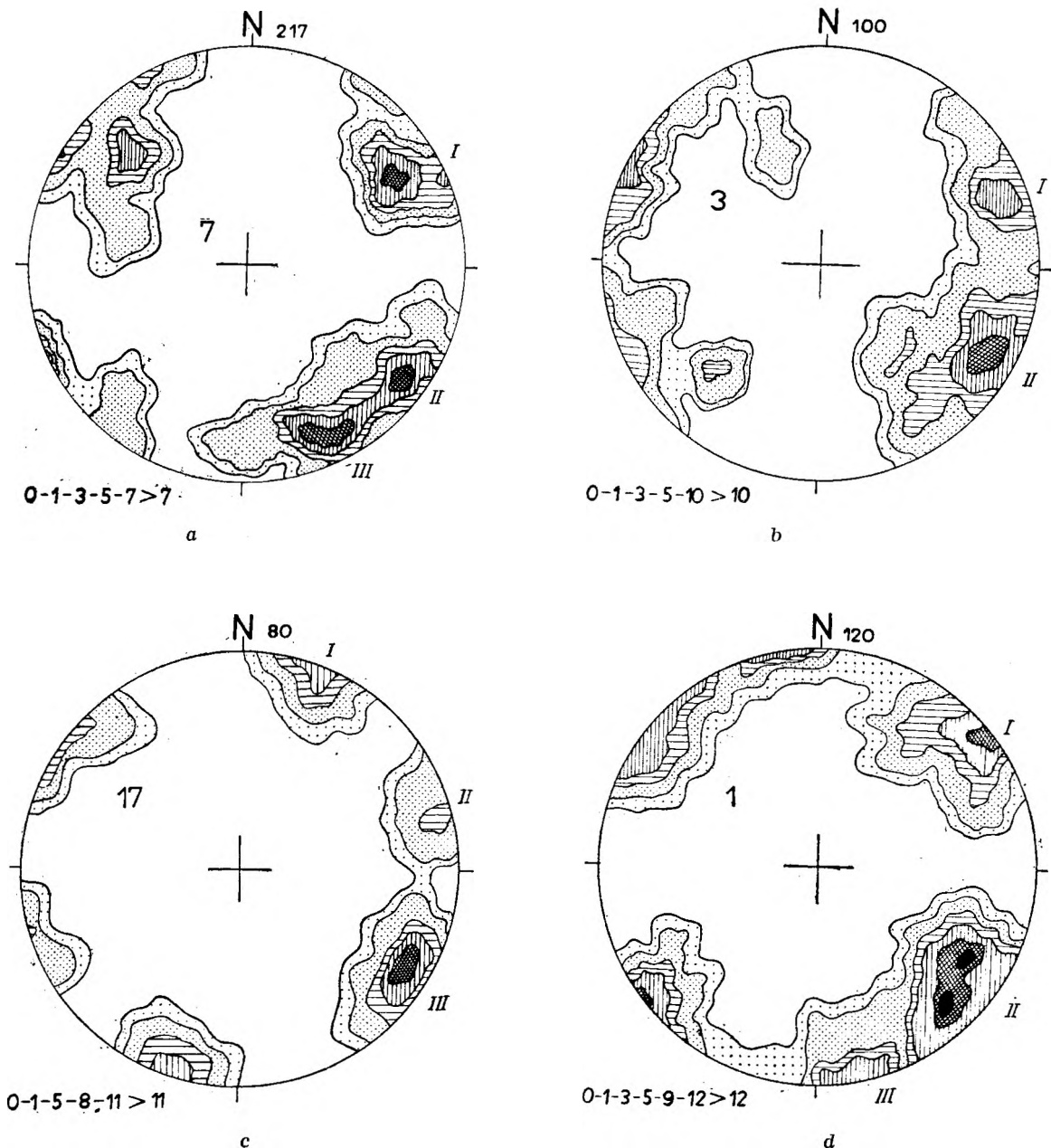


Fig. 7

Konturowe diagramy normalnych do powierzchni spękań, w łupkach kwarcowo-serycytowych
a — okolice Bogaczowic, *b* — okolice Stanisławowa, *c* — okolice Pomocnego, *d* — okolice Myślinowa. Nad kołem wielkim podano liczbę pomiarów ujętych na diagramie. U spodu diagramu podano przedziały procentowe

Contour diagrams of fractures in the quartz-sericite and sericite schists
a — region of Bogaczowice, *b* — region of Stanisławów, *c* — region of Pomocny, *d* — region of Myślinów. Normal to the fracture surface. Upper hemisphere. Numbers above the greater circle indicate number of measurements comprised in the diagram. Per cent divisions given at the bottom of diagram

ogół nieregularnie rozrzuconych (fig. 10). Jednak na diagramach wykonanych na podstawie pomiarów spękań w diabazach zachodniej części jednostki Chelmea (fig. 10 c, d) można z dużym przybliżeniem oznaczyć trzy główne systemy spękań, występujące we wszystkich seriach skalnych. Spękania te występują tylko w diabazach tworzących pokrywy. Innym charak-

terystycznym zjawiskiem dla diabazów jest występowanie spękań o niewielkich kątach upadu, zorientowanych podobnie jak foliacja serii łupkowych otaczających diabazy (fig. 10 a, b, d). Spękania te oznaczono na diagramach jako system IV. Duże, nierówne i chropowate powierzchnie tych spękań oraz ich orientacja, zbliżona do orientacji foliacji serii łupkowych, wskazują,

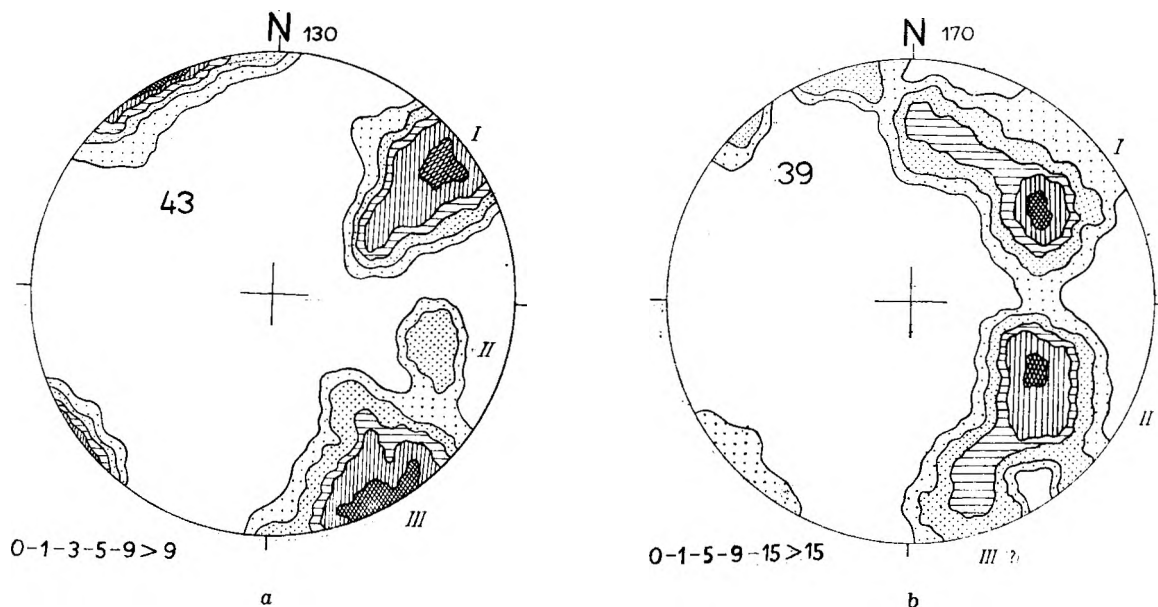


Fig. 8

Konturowe diagramy spękań w kwarcytach okolic Bogaczowic

a — wschodnia część wystąpienia kwarcytów b — zachodnia część wystąpienia. Pozostałe objaśnienia jak na figurze 7

Contour diagrams of fractures in quartzites in the vicinity of Bogaczowice

a — eastern part of the quartzite occurrence area. b — western part of the occurrence area. Legend as in Figure 7

że są to spękania odprężeniowe powstałe po ustąpieniu kompresji.

Z porównania diagramów wynika, że trzy systemy spękań odznaczają się szczególnie dużą regularnością i z nieznacznymi odchyleniami występują na wszystkich diagramach. Są to spękania, których powierzchnie układają się w następujących kierunkach (podano w azymutach biegu):

od 10 do 30° zapadające pod kątem 60—80° ku ESE (system II),

od 55 do 80° zapadające pod kątem 60—85° ku SSE (system III),

od 120 do 160° z zapadami 60—85° ku NNE (system I).

Pozostałe kierunki spękań występują nieregularnie i układają się w azymutach 45, 130, 175, 270, 335° i innych. Ich wartości procentowe są zmienne, niekiedy, szczególnie w diabazach, silnie podwyższone. Kąty upadu są z reguły strome, średnio wynoszą około 70°. Kierunki upadów tych spękań są przeważnie północno-wschodnie i południowo-zachodnie, rzadziej wschodnie czy południowo-wschodnie.

W celu pokazania przestrzennego rozkładu kierunków trzech wymienionych systemów spękań oraz ich stosunku do zasadniczych elementów struktury fałdowej, wykonano blokdiagram, na którym przedstawiony jest schematycznie jeden element fałdowy charakterystyczny dla budowy jednostki Chełmca (fig. 11). Na otrzymanym modelu zaznaczono przebieg powierzchni spękań, zgodnie z wartościami wy-

nikającymi z diagramów kumulatywnych. Znając z przebiegu struktur fałdowych wypadkowy kierunek nacisku, zorientowano odpowiednio elipsoidy naprężeń i deformacji i dokonano próby interpretacji zaobserwowanych systemów spękań. Z powstałego na blokdiagramie obrazu wynika, że spękania o kierunkach 10—30° (system II) i 55—80° (system III) są spękaniami ścinającymi sprzężonymi ze sobą, a związanymi z głównym naciskiem. Na projekcjach stereograficznych (fig. 12) oznaczono je symbolami s_1 i s_2 . Natomiast spękania, 120—160° są spękaniami tensyjnymi — t , dla systemu ścinającego s_1 — s_2 .

Układ spękań otrzymany na omawianym modelu (fig. 11) jest zgodny z układem, jaki podaje M. Książkiewicz (1968) dla płyty skalnej poddanej kierunkowemu naciskowi tangencjalnemu (stycznemu) w warunkach dużego ciśnienia pionowego, kiedy ulga w ciśnieniu wywołanym przez naciski kierunkowe nie może być skierowana pionowo. W przypadku takim oś najmniejszego nacisku, odpowiadająca osi c elipsoidy naprężeń jest pozioma i ułożona prostopadle do kierunku największego nacisku. Oś b elipsoidy naprężeń, odpowiadająca kierunkowi nacisku pośredniego, ustawiona jest pionowo i pokrywa się z krawędzią przecięcia się powierzchni sprzężonych spękań ścinających.

W literaturze na ogół panuje pogląd, że do spękań ścinających należy zaliczać spękania, których powierzchnie przecinają się wzdłuż krawędzi równoległej do osi fałdu, a dwusiecz-

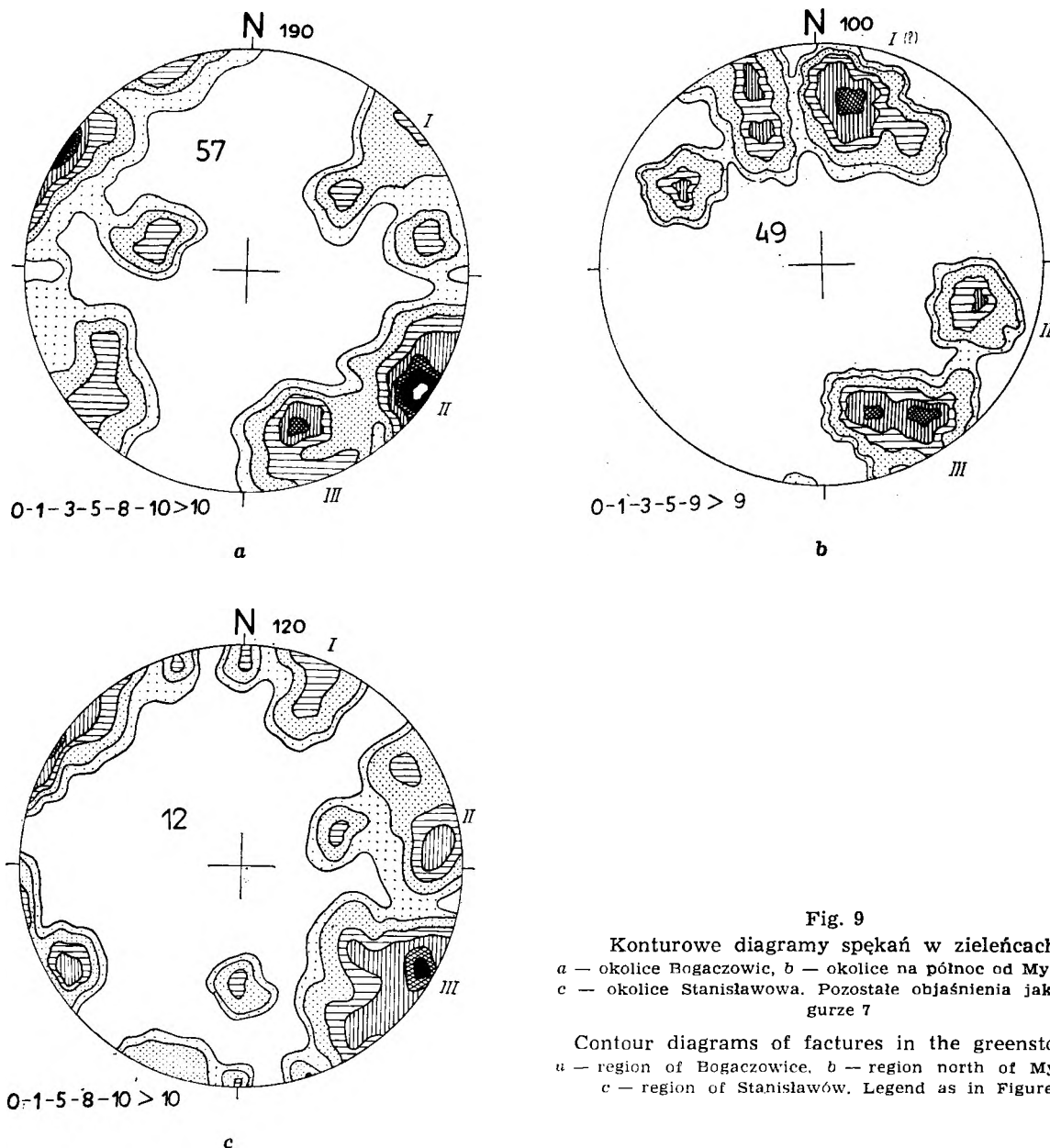


Fig. 9

Konturowe diagramy spękań w zieleńcach:

a — okolice Bogaczowice, *b* — okolice na północ od Myślinowa, *c* — okolice Stanisławowa. Pozostałe objaśnienia jak na figurze 7

Contour diagrams of fractures in the greenstones:
a — region of Bogaczowice, *b* — region north of Myślinów, *c* — region of Stanisławów. Legend as in Figure 7

na kąta ostrego utworzonego między tymi powierzchniami pokrywa się z koordynatą *a*. Przyjmuje się wtedy, że najczęściej naprężenia jednego z kierunków naprężeń ścinających rozładowują się po foliacji, natomiast naprężenia drugiego kierunku naprężeń ścinających powodują powstanie spękań o biegu równoległym lub prawie równoległym do osi fałdu. Niemniej jednak postanowiono pozostać przy interpretacji wynikającej z powyższego modelu (fig. 11). Złożyło się na to kilka przyczyn:

1. Trzy systemy spękań, które tworzą omawiany model, występują z dużą dokładnością na wszystkich diagramach i często są to jedyne obserwowane systemy.

2. Wyniki interpretacji tych spękań są zgodne z niezależnie uzyskanymi wynikami ana-

lizy foliacji i lineacji, np. wychylenie płaszczyzny symetrii kąta przestrzennego pomiędzy płaszczyznami sprzężonych spękań ścinających ku południowemu wschodowi pod kątem około 80° wskazuje, że oś fałdu nachylona jest ku północnemu zachodowi pod kątem około 20° . Identyczne kierunki i kąty upadu wykazuje lineacja i oś struktury otrzymana z pasa foliacji (fig. 14).

3. Kierunki osi struktur fałdowych wyznaczone z diagramów spękań (fig. 12) są bardzo bliskie kierunkom wyznaczonym z foliacji i lineacji.

Fakty te zdają się przemawiać za prawidłowością przedstawionego modelu spękań. Ostateczne jednak rozwiązanie takiego zagadnienia możliwe jest przez szczegółową analizę spękań

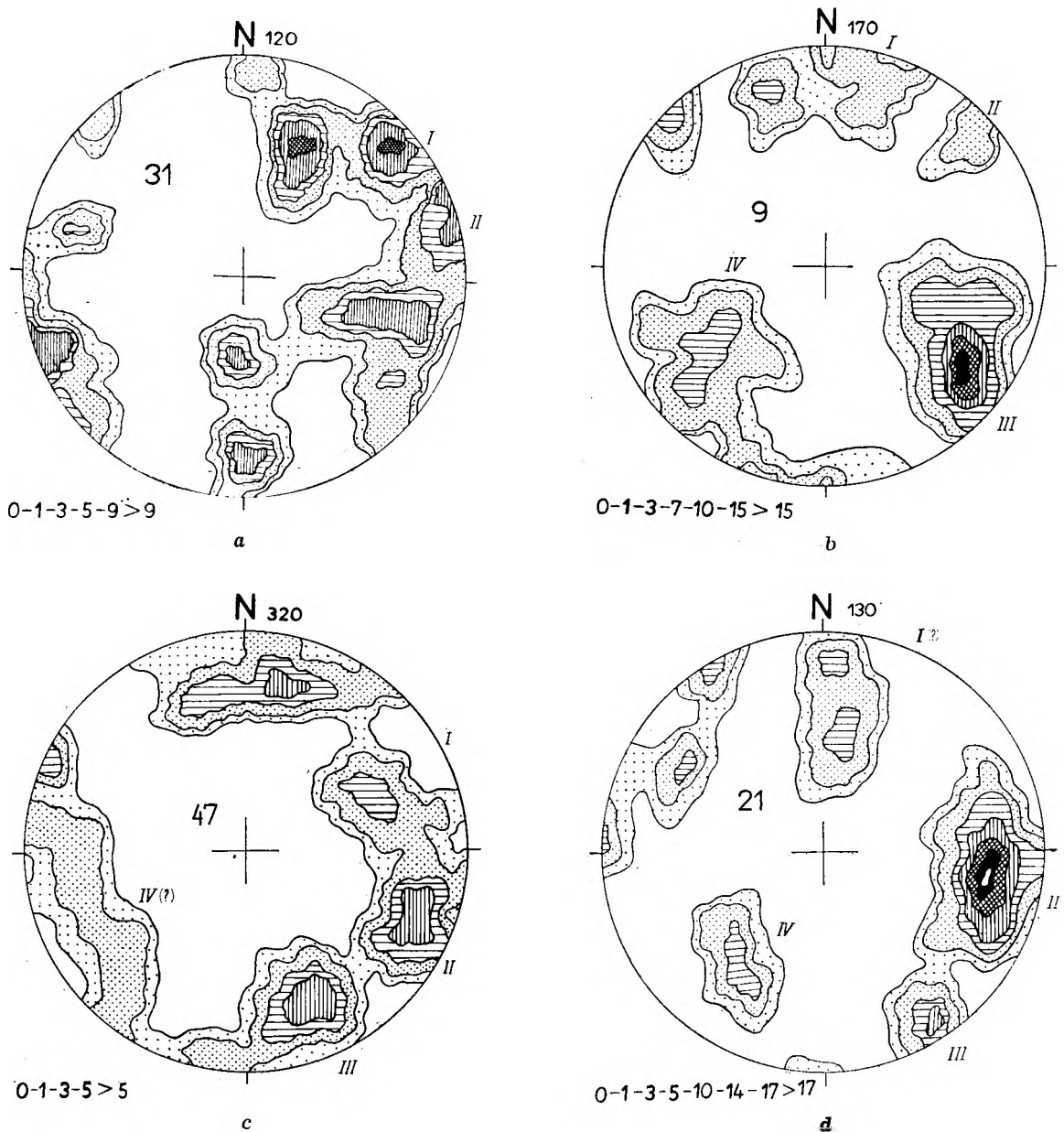


Fig. 10

Konturowe diagramy spękań w diabazach:

a — okolice Chełmca, *b* — okolice Bogaczowic, *c* — okolice Stanisławowa, *d* — rejon na północ od Stanisławowa. Pozostałe jak na figurze 7

Contour diagrams of fractures in diabases

a — vicinity of Chełmiec, *b* — vicinity of Bogaczowice, *c* — vicinity of Stanisławów, *d* — region north of Stanisławów. Legend as in Figure 7

na stosunkowo dużym i dobrze poznanym obszarze.

W celu otrzymania bardziej przejrzystego obrazu sytuacji przestrzennej powierzchni spękań i ich wzajemnych stosunków, posłużono się dodatkowo projekcjami stereograficznymi (fig. 12). Dzięki tym projekcjom można było odpowiednio zorientować elipsoidę naprężeń w stosunku do poszczególnych sytuacji na diagramach kumulatywnych.

Analiza dużych struktur fałdowych oraz foliacji i lineacji wskazuje, że nacisk w okresie głównego fałdowania działał w kierunku SW — NE. Znając kierunek nacisku, wyznaczono na poszczególnych diagramach spękania ścinające i tensyjne. Z założeń teoretycznych elipsoidy naprężeń, dla rozważanego tu przypadku, wynika, że kierunek nacisku głównego leży w płaszczyźnie symetrii ostrego kąta pomiędzy powierzchniami spękań ścinających. Ponieważ

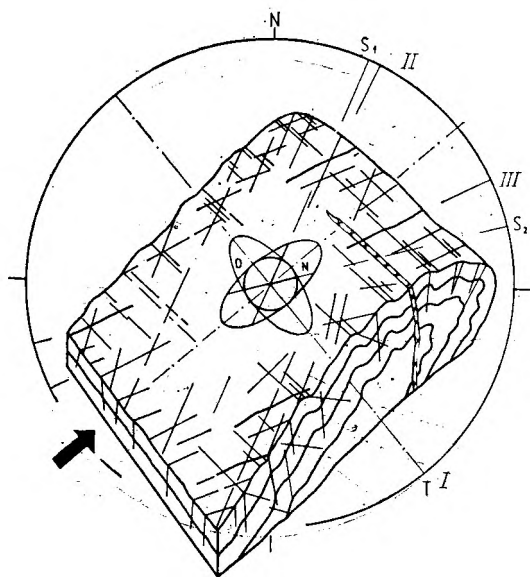


Fig. 11

Schematyczny blokdiagram obrazujący stosunek wydzielonych systemów spękań do struktury fałdowej

S_1 i S_2 — kierunki naprężeń ścinających wynikające z diagramów naprężeń (N) i deformacji (D); I, II, III — kierunki spękań odpowiadające maksimum każdego z wydzielonych systemów na diagramach konturowych (fig. 7—10); kierunek nacisku oznaczono strzałką

Diagrammatic block diagram showing the relation of the differentiated fracture systems to the fold structure
 S_1 and S_2 — directions of shearing strains plotted from the strain (N)- and deformation (D) diagrams; I, II, III — fracture directions corresponding to the maximum of each one of the differentiated systems in the contour diagrams (Figs. 7—10); arrow indicates direction of stress

kierunek osi powstających fałdów jest przeważnie prostopadły do kierunku nacisku górotwórczego, osie struktur fałdowych na diagramach spękań wyznacza się prowadząc prostą prostopadłą do płaszczyzny symetrii spękań ścinających. Dla poszczególnych diagramów (fig. 12) otrzymano kierunki osi struktur fałdowych od 280 do 320°.

Zgodnie z elipsoidą naprężeń, w fałdzie obalonym, którego skrzydła mają monoklinalny upad, powierzchnie spękań ścinających powinny zapadać pionowo, a więc płaszczyzna symetrii pomiędzy tymi spękaniami powinna być również pionowa. Tymczasem projekcje wykazują, że powierzchnie spękań ścinających systemu s_1 zapadają ku ESE, spękania ścinające systemu s_2 zapadają ku SSE, a więc płaszczyzna symetrii nachylona jest w kierunku SE pod kątem około 65 do 80°. Stąd wniosek, że obecny układ przestrzenny powierzchni spękań ścinających powstał wskutek przebudowy struktury Chełmca. Ponieważ reorientację spękań obserwuje się na całym obszarze jednostki Chełmca, należy przypuszczać, że przebudowa ta miała charakter regionalny.

Z wielkości kąta nachylenia płaszczyzny symetrii ostrego kąta pomiędzy płaszczyznami ścinania odczytano kierunek i wielkość kąta zanurzania się osi struktur fałdowych. Dla poszczególnych diagramów kąt ten wynosi 10—25°. Diagramy wskazują, że oś struktury Chełmca, generalnie rzecz biorąc, zanurza się pod kątem 10—25° w kierunku 280—320° (fig. 12).

Wyżej wykazano ścisły związek orientacji spękań z zasadniczymi elementami strukturalnymi fałdów powstałych w czasie głównej fazy fałdowania. Sugerowałoby to, że spękania te związane są w jakiś sposób z naprężeniami fazy głównej, chociaż jest prawie udowodnione, że spękania powstają w okresie późniejszym, po fazie głównej. Zebrany tu materiał obserwacyjny jest zbyt ubogi by w tej chwili próbować oceniać ten problem. Być może zjawisko takie powstaje dzięki pewnej charakterystycznej własności skał, określanej w reologii „pamięcią kolejnych poprzednich stanów obciążeń” (Kisiel 1968). Ta własność skały mogła zadecydować o tym, że spękania powstałe w późnych fazach deformacji uzależnione są od układu naprężeń panujących w czasie fazy głównej.

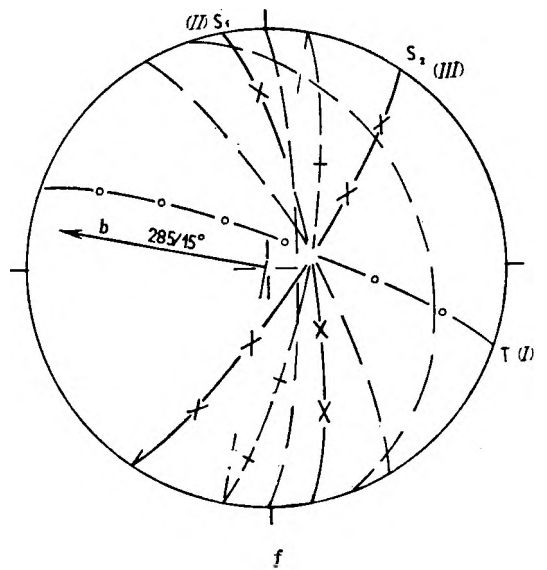
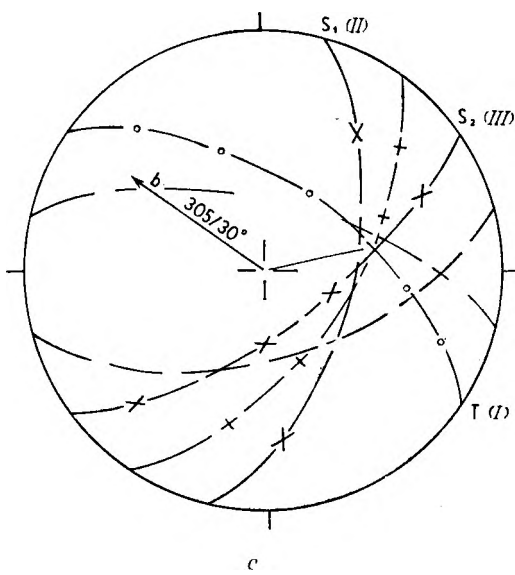
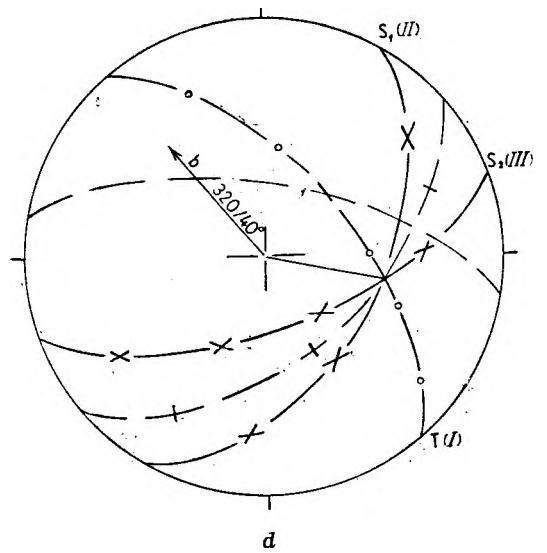
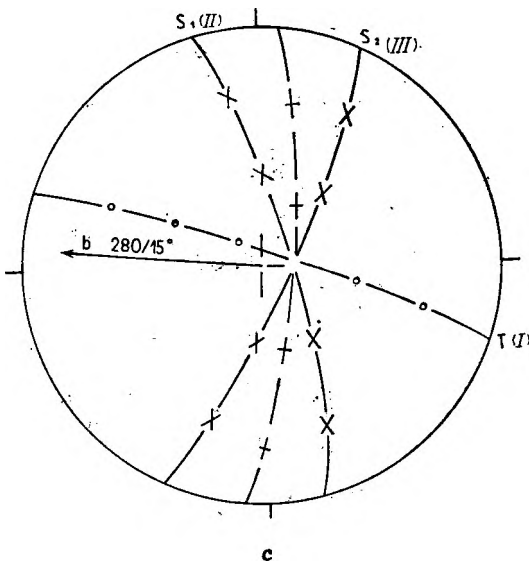
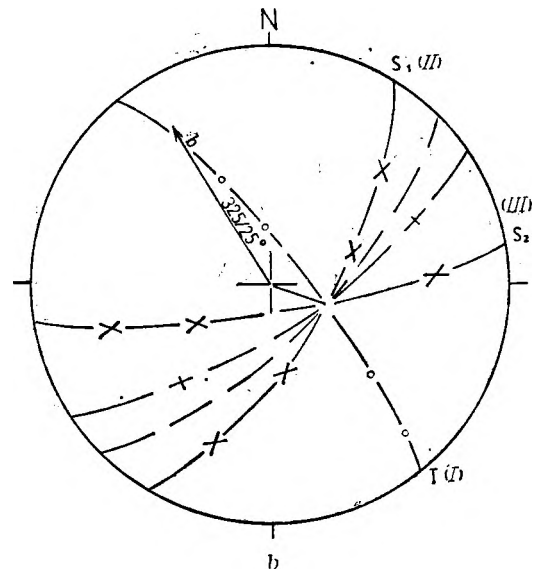
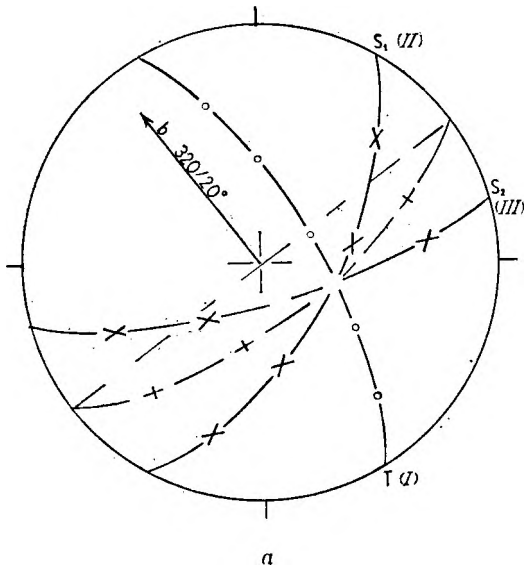
INTERPRETACJA TEKTONICZNA WYNIKÓW ANALIZY STRUKTURALNEJ

Analiza makro- i mezostruktur wykazuje, że obraz, jaki dziś obserwujemy, jest wynikiem wieloetapowego rozwoju tektoniki tego obszaru. W tej części pracy autor podjął próbę wydzielenia poszczególnych etapów i określenia warunków dynamiczno-strukturalnych każdego z nich. Porównanie otrzymanych wyników z tektoniką większego regionu dało podstawę do określenia przybliżonego wieku każdego z tych etapów.

GŁÓWNE FAŁDOWANIE

Z analizy przeprowadzonej w pierwszej części pracy wynika, że jednostka Chełmca ma

łuskowy styl budowy. Jak już wspomniano, autor wydzielił w obrębie jednostki Chełmca trzy łuski; łuskę Bogaczowic, łuskę Stanisławowa i łuskę Pomocnego. Łuska skrajna, — północna, czyli łuska Bogaczowic, jest elementem tektonicznym położonym najniżej i jednocześnie elementem względnie najstarszym. Na łuskę Bogaczowic nasuwały się kolejno łuska Stanisławowa i łuska Pomocnego. O takiej kolejności tworzenia się łusek świadczy fakt, że w południowo-wschodniej części jednostki Chełmca zaznacza się bardzo wyraźnie niezgodne nasunięcie łuski Pomocnego na łuskę Boga-



czowie (fig. 2). Taki układ łusek powstał wskutek nacisku o kierunku SW — NE. Złuskowanie było stosunkowo intensywne, o czym świadczą niewielkie fragmenty synklinalnych partii złuskowanych fałdów (fig. 3).

Intersekcyjny kształt łusek i ich układ (fig. 2) pozwala, jak wskazują wyniki analizy mezostruktur, na wyjaśnienie wielu istotnych zjawisk obserwowanych na tym obszarze. Szczególnie interesujący jest kształt łuski Stanisławowa, w budowie której należy dopatrywać się przyczyn wachlarzowego układu łusek jednostki Chelmcza.

Jak już wspomniano wyżej, o kształcie łuski Stanisławowa zdecydowały rozległe i dużej miąższości pokrywy diabazowe występujące w zachodniej części obszaru. Pokrywy te, zdecydowanie różniące się sztywnością od pozostałych kompleksów litologicznych, tłumili fałdowanie i nie pozwalały na tak intensywne prze-fałdowanie jak na pozostałym obszarze. We wschodniej części obszaru nie było pokryw diabazowych w związku z czym plastyczne serie łupkowe zostały silnie zmięte i uległy zgnieceniu, co doprowadziło do zwięzienia łuski i w końcu do jej wygaśnięcia (fig. 4). Południowe skrzydło tej łuski stworzyło pewnego rodzaju ramę dla tworzącej się łuski Pomocnego, której oś pomimo niezmiennego kierunku nacisku (NE — SW) przyjęła kierunek prawie równoleżnikowy (280—290°) dostosowując się do istniejącej już ramy. A więc kąt pomiędzy osią nacisku głównego i osią powstałej struktury fałdowej (łuski Pomocnego) wynosił około 70°. Wynika z tego, że kierunek osi powstającego fałdu nie zawsze jest prostopadły do kierunku największego nacisku, a przyczyna tego typu zjawiska nie musi tkwić w rotacji osi głównego nacisku.

Luskowy styl budowy jednostki Chelmcza sugeruje istnienie nasunięć w strukturze północno-wschodniej części Gór Kaczawskich. Jednostkę Chelmcza jako całość należałoby traktować jako jednostkę tektoniczną wyższego rzędu

o charakterze nasunięcia. Na możliwość istnienia nasunięć w strukturze metamorfiku kaczawskiego wskazywał już wcześniej H. Teisseyre (1956, 1957).

Zarówno nasunięcia, jak i złuskowanie powstały w czasie głównego fałdowania. Zgodnie z ostatnio panującymi poglądami przyjmuje się, że fałdowanie nastąpiło tu na przełomie syluru i dewonu lub w dolnym dewonie.

POPRZECZNE FAŁDOWANIE

Poprzeczne fałdowanie na badanym obszarze jest zjawiskiem wyraźnie zaznaczającym się zarówno w ogólnym obrazie intersekcyjnym mapy geologicznej, jak i w poszczególnych, obserwowanych rodzajach mezostruktur. Jednakże wielkość i kształt powstałej w wyniku tej deformacji struktury jest trudny do określenia.

Jedną z podstawowych wskazówek na istnienie poprzecznych struktur fałdowych na obszarze jednostki Chelmcza jest nachylenie osi łusek. Obraz intersekcyjny mapy geologicznej, a także kierunek zanurzenia się starszej lineacji B_1 wskazuje, że cała struktura Chelmcza zanurza się pod niewielkim kątem (15—25°) ku północnemu zachodowi. Zanurzanie to nie jest równomierne na całym obszarze. M. Schwarzbach (1939) stwierdził we wschodniej części jednostki Chelmcza dwie poprzeczne elewacje o kierunku NNE—SSW, podkreślone przeciwnymi upadami lineacji B_1 na jej skrzydłach. O istnieniu tych elewacji wspomina także J. Jerzmański (*op. cit.*).

Kierunek zanurzenia osi struktur fałdowych i lineacji B_1 , którego wartość średnia dla całej jednostki Chelmcza wynosi około 290—305° (fig. 6), wskazuje, że oś powstałej struktury poprzecznej powinna mieć kierunek 20—35°. Znaczyłoby to, że obserwowana w terenie lineacja B_2 może być związana z poprzecznym fałdowaniem. Kierunek nachylenia lineacji B_1 oraz lineacja B_2 wskazuje, że nacisk, który spowo-

Fig. 12

Projekcje stereograficzne powierzchni spękań

a — projekcja systemów z diagramu (fig. 7a), łupki kwarcowo-serycytowe okolic Bogaczowice, *b* — projekcja systemów z diagramu (fig. 7d), łupki kwarcowo-serycytowe okolic Myślinowa, *c* — projekcja systemów z diagramu (fig. 7c), łupki serycytowe z okolic Pomocnego, *d* — projekcja systemów z diagramu (fig. 8a), kwarcyty okolic Bogaczowice, *e* — projekcja systemów z diagramu (fig. 9b), zielenice okolic Myślinowa, *f* — projekcja systemów z diagramu (fig. 10c), diabazy z okolic Stanisławowa, s_1 — pierwszy system ścinający odpowiadający systemowi II z diagramów kumulatywnych, s_2 — drugi system ścinający odpowiadający systemowi III z diagramów kumulatywnych, *t* — system spękań tensyjnych odpowiadających systemowi I z diagramów kumulatywnych, *b* — kierunek i wielkość kąta zanurzenia osi fałdów wynikające z interpretacji spękań. Projekcje powierzchni spękań wykonano na półkuli dolnej

Stereographic projections of the fracture planes

a — projection of systems from diagram in Figure 7a: quartz-sericite schists in the vicinity of Bogaczowice; *b* — projection of systems from diagram Figure 7d, quartz-sericite schists in the vicinity of Myślinów; *c* — projection of systems from diagram Figure 7c, sericite schists in the vicinity of Pomocny; *d* — projection of systems from diagrams Figure 8a, quartzites in the vicinity of Bogaczowice; *e* — projection of systems from diagram Figure 9b, greenstones in the vicinity of Myślinów; *f* — projection of systems from diagram Figure 10c, diabases in the vicinity of Stanisławów, s_1 — first shearing system corresponding to system II from cumulative diagrams, s_2 — second shearing system corresponding to system III from cumulative diagrams, *t* — system of tension fractures corresponding to system I from cumulative diagrams, *b* — direction and dip angle of the axis of folds resulting from the interpretation of fractures. Projections of fracture planes plotted on the lower hemisphere

dował taką deformację miał w przybliżeniu kierunek równoleżnikowy.

Wyniki analizy spękań są zgodne z tym wnioskiem. Wychylenie płaszczyzny symetrii ostrego kąta między płaszczyznami spękań ścinających wywołane zostało poprzeczną deformacją. Kierunek wychylenia tych płaszczyzn świadczy, że reorientacja powierzchni spękań spowodowana została powstaniem fałdów poprzecznych o osiach skierowanych prawie południkowo (fig. 12).

Na obszarze jednostki Chełmca występują trzy większe elewacje poprzeczne, których osie mają kierunek NNE—SSW (20—35°). Poza dwiema elewacjami stwierdzonymi przez M. Schwarzbacha (1939) w rejonie na zachód od Chełmca i na wschód od Bogaczowic dosyć wyraźną elewację poprzeczną stwierdzono w okolicach Stanisławowa. Szczególnie wyraźnie zaznacza się ona na południe od Stanisławowa na obszarze łuski Pomocnego. Jej przedłużenie ku NNE jest niewyraźne, a na obszarze łuski Stanisławowa prawie niewidoczne. W części północnej badanego obszaru elewacja ta pojawia się na niewielkim odcinku w okolicach na południe od miejscowości Sichów, w obrębie łuski Bogaczowic. Oś tego wypiętrzenia skierowana jest podobnie do osi pozostałych poprzecznych fałdów, tzn. około 30—210°.

Fałdowanie poprzeczne nie wytworzyło własnych mezostruktur, z wyjątkiem lineacji, a spowodowało jedynie zaburzenia w przebiegu mezostruktur powstałych w okresie głównego fałdowania. Jednakże kierunki wyznaczone z analizy tych zaburzeń są bardzo zbliżone do siebie i pokrywają się z kierunkami lineacji B₂.

Reasumując, można stwierdzić, że deformacja poprzeczna na badanym obszarze jest bardzo wyraźna i miała ona charakter fałdowy. Ponieważ deformacji poddane były serie skalne już sfałdowane i zmetamorfizowane, a więc materiał o niewielkiej plastyczności, powstałe struktury miały kształt płaskich, wielkopromiennych fałdów.

Przebudowa ta miała charakter regionalny. Podobne kierunki poprzecznych struktur fałdowych (NNE—SSW) stwierdził w południowej części Gór Kaczawskich M. Schwarzbach (*op. cit.*), a także H. Teisseyre (1957, 1967). Jednakże wiek poprzecznego fałdowania jest nadal zagadnieniem spornym.

M. Schwarzbach (*op. cit.*) określił wiek poprzecznej przebudowy Gór Kaczawskich na karbon górny i związał ją z wdzieraniem się granitu karkonoskiego pod strukturę kaczawską.

H. Teisseyre (*op. cit.*) wydzieliła w południowej części Gór Kaczawskich dwa etapy przebudowy poprzecznej: waryscyjski i młodosański.

Inne sugestie odnośnie wieku poprzecznej przebudowy nasuwają się z porównania tekto-

niki jednostki Chełmca z tektoniką osadowego kompleksu permo-mezozoiku wschodniej części depresji północnosudeckiej. W literaturze dotyczącej tych obszarów częste są wzmianki o zafałdowaniach obserwowanych w obrębie utworów cechsztyńskich. T. Gunia (1962) stwierdził w kopalni Lena w Leszczynie liczne mniejsze lub większe antykliny, a nawet fałdy obalone, często pocięte uskokami. Kierunki osi tych fałdów, jak podaje T. Gunia (*op. cit.*), są dwojakie; osie fałdów o małej rozpiętości skrzydeł (do kilku metrów) wykazują kierunek południkowy, natomiast osie fałdów o znacznie większej rozpiętości skrzydeł (do kilkuset metrów) mają kierunek NW—SE i zapadają łagodnie ku NW. Podobne drobne zafałdowania skał cechsztyńskich można obserwować na ścianach kopalni Nowy Kościół koło Złotoryi. J. Krasoń (1967) opisuje struktury fałdowe w obrębie cechsztynu na obszarze niecki grodziskiej. Są to również fałdy częściowo obalone, o południkowo skierowanych osiach. E. Konstantynowicz (1960) obserwował struktury fałdowe w cechsztynie niecki grodziskiej i złotoryjskiej.

Poprzez analogię z niecką mansfeldzką, gdzie znane są podobne struktury w obrębie cechsztynu, T. Gunia (*op. cit.*) związał obserwowane zaburzenia ze schyłkowymi ruchami orogenezą waryscyjskiej, z fazą palatynacką. Faza palatynacka według E. Stillego (*fide* Gunia 1962) zaznaczyła się w górnej części czerwonego spagowca i trwała do triasu.

Tak duża zbieżność kierunków fałdów w obrębie utworów cechsztyńskich z kierunkami poprzecznych fałdów metamorfiku jednostki Chełmca, skłoniły autora niniejszego artykułu do przeprowadzenia bardziej szczegółowych obserwacji tektonicznych w okolicach Leszczyny. Badania te przeprowadzono w 1969 r. w ramach prac tematycznych IG we Wrocławiu.

Jak ustalono wyżej, w następstwie poprzecznego fałdowania w metamorfiku kaczawskim powstały szerokopromienne wypiętrzenia antyklinalne o biegu NNE—SSW. Na skrzydłach tych wypiętrzeń nastąpiło powolne grawitacyjne spełzanie serii osadowych permo-mezozoiku. Zjawiska te zachodziły w przypowierzchniowej partii skorupy ziemskiej, przy niewielkim ciśnieniu nadkładu. Dużą rolę w procesie powstania fałdów odegrał tu czynnik litologiczny. W skład dolnego i środkowego cechsztynu wchodzi głównie wapień i łupki ilaste (Gunia, *op. cit.*), a więc skały szczególnie podatne na odkształcenia fałdowe już przy niewielkich stosunkowo ciśnieniach, uwzględniając oczywiście czas trwania zjawiska. Ku stropowej części deformowanego kompleksu osadowego, gdzie malało ciśnienie pionowe, a także zmieniała się niekorzystnie litologia (serie piaskowców górnego cechsztynu i dolnego triasu), odkształcenia plastyczne przechodziły w nieciągłe. Zresztą granica wygaśnięcia deformacji fałdowych jest do-

syć ostra i wyraźnie zaznacza się przy przejściu od środkowego do górnego cechsztynu, co wiąże się wyłącznie ze zmianą fizyczno-mechanicznych własności dwóch kontaktujących ze sobą serii skalnych.

Brak jakichkolwiek oznak ruchów fałdowych w przedziale czasowym od cechsztynu do triasu wskazuje, że deformacje powstałe w cechsztynie niecki Leszczyny powstały raczej po triasie, a więc przypuszczalnie w okresie ruchów kimeryjskich. Ponieważ związek deformacji serii osadowych permo-mezozoiku niecki Leszczyny i metamorfiku jednostki Chełmca jest dosyć wyraźny, to w konsekwencji można stwierdzić, że poprzeczne fałdowanie struktury Chełmca nastąpiło w okresie ruchów kimeryjskich, czyli po środkowym triasie, ale przed górną kredą.

TEKTONIKA DYSJUNKTYWNA

W obrębie jednostki Chełmca, jak już wyżej zaznaczono, stwierdzono istnienie kilku uskoków, wśród których można wydzielić dwa systemy biorąc pod uwagę kierunki tych uskoków.

Dyslokacje o kierunku NW—SE powstały w okresie głównego fałdowania jako dyslokacje ze złuskowania. Wydaje się, że założenia uskoków o kierunku NNE—SSW powstały w tym samym czasie. Diagramy spękań (fig. 7—10) wskazują bowiem, że kierunki tych uskoków pokrywają się z kierunkiem jednego z systemów ścinających.

Tak wykształcone założenia obydwu systemów dyslokacji zostały wykorzystane w okresie późniejszych ruchów tektonicznych. W dzisiejszym obrazie intersekcyjnym badanego obszaru widać że struktura Chełmca została rozbita na bloki wzdłuż tych właśnie systemów dyslokacji.

Z intersekcyjnego obrazu poszczególnych bloków wynika, że w rozwoju strukturalnym jednostki Chełmca, a tym samym na całym ob-

szarze północno-wschodnich Gór Kaczawskich, były przynajmniej dwa etapy tektoniki zrębowej. Za podstawę takiego przypuszczenia posłużył fakt, że poszczególne bloki struktury Chełmca cechują się zróżnicowaną morfologią, przy czym zróżnicowanie to jest tak duże, że granice poszczególnych bloków wynikające z mapy tektonicznej pokrywają się z granicami obszarów o jednorodnej morfologii terenu. Graniczą tu ze sobą ostro obszary o rzeźbie młodej, silnie zróżnicowanej z obszarami o rzeźbie starszej, dojrzałej. Okazuje się, że w obrazie intersekcyjnym bloków o urozmaiconej i młodej morfologii dominują skały starsze, natomiast w sąsiednim bloku o morfologii słabo zróżnicowanej przeważają serie młodsze, często bardziej odporne na erozję (diabazy, masywne zieleńce).

Z tego wynika, że bloki o urozmaiconej morfologii i zbudowane ze skał starszych, musiały już wcześniej być poddane głębokiej erozji, a w okresie późniejszym powtórnie wypiętrzone.

Przypuszcza się, że wcześniejszy etap tektoniki zrębowej na opisywanym obszarze nastąpił w okresie ruchów kimeryjskich, jako efekt dalszej działalności naprężeń, które spowodowały poprzeczne fałdowanie. Były to jednak deformacje raczej o niewielkiej skali. Prawdopodobnie główna faza tektoniki zrębowej nastąpiła tu, zgodnie z poglądem H. Teisseyre'a (1967), w czasie ruchów młododsaksońskich.

Druga wielka deformacja zrębowa nastąpiła w trzeciorzędzie. Wiek tej deformacji można określić dokładniej dzięki zachowaniu się tufów bazaltowych w pewnej partii uskoku Stanisławowa. Charakter wystąpienia tufu w szczelinie uskokowej, brak oznak transportu wodnego, obecność bomb wulkanicznych w tym tufie, świadczą o tym, że tektonika uskokowa była tu współczesna z działalnością wulkaniczną. Przyjmując za J. Jerzmańskim (1965) miocenijski wiek bazaltów tego regionu, można założyć, że ostatni etap w rozwoju strukturalnym jednostki Chełmca nastąpił w miocenie.

Pracownia Geologii Starych Struktur
Zakładu Nauk Geologicznych PAN
Wrocław, ul. Cybulskiego 30

LITERATURA

- BEYER K., 1933: Die nordsudetische Rahmenfaltung. Eine vergleichend geotektonische Studie über den jungsaxonischen Faltungsmechanismus in den Nordsudeten. *Abh. Naturforsch. Ges. Görlitz* Bd. 32, H. 1.
- GUNIA T., 1962: Cechsztyn synkliny leszczynieckiej. The Zechstein of Leszczyna syncline. Z badań geologicznych na Dolnym Śląsku, *Biul. Inst. Geol.* 173, t. 10.
- JERZMAŃSKI J., 1965: Budowa geologiczna północno-wschodniej części Gór Kaczawskich i ich wschodniego przedłużenia. Geology of the north-eastern part of the Kaczawa Mts. and of their eastern extent. *Biul. Inst. Geol.* 185.
- JERZMAŃSKI J., 1967: Zagadnienie złóż polimetalicznych Gór Kaczawskich. Polymetallic ore deposits of the Kaczawa Mts. *Przew. XL Zjazdu Pol. Tow. Geol.*

- KISIEL I., 1971: Podstawy reologii liniowej. P. Wr. Wrocław.
- KONSTANTYNOWICZ E., 1960: Budowa tektoniczna niecki grodzieckiej i złotoryjskiej. Tectonic structure of the Grodziec-Złotoryja basin. *Rudy i Met. nieżel.*, nr 6.
- KRASON J., 1967: Perm synkliny bolesławieckiej (Dolny Śląsk). *Pr. Wrocł. Tow. nauk. Seria B.*, nr 137.
- KSIAŹKIEWICZ M., 1968: Geologia dynamiczna. Warszawa.
- QUITZOW H. W., 1939: Der geologische Bau des Nordöstlichen Bober — Katzbach — Gebirges und der anschliessenden Teile der Sudeten. *Jb. Preuss. Geol., L — a 59. Landesanst.* 59.
- SCHWARZBACH M., 1938: Der geologische Bau des Erzbezirks von Kolbnitz — Hermansdorf (Bober — Katzbach — Gebirges). *Zentralblatt, f. Min. etc. Stuttgart.*
- SCHWARZBACH M., 1939: Die Tektonik des Bober — Katzbach — Gebirges. Alte und junge Gebirgsbildung in einen Teilgebiet der Sudeten. *Über. Schles. Ges. Vaterl. Kultur.*, 8.
- TEISSEYRE H., 1956: Kaledonidy sudeckie i ich waryscyjska przebudowa. Sudetic Caledonides and their Variscan rebuilding. *Prz. geol.*, nr 3.
- TEISSEYRE H., SMULIKOWSKI K., OBERC J., 1957: Regionalna geologia Polski, *Sudety*, t. 3, z. 1.
- TEISSEYRE H., 1965: Uwagi o ewolucji strukturalnej Sudetów. Some remarks on the structural evolution of the Sudetes. *Acta. geol. pol.*, vol. XIV, nr 4.
- TEISSEYRE H., 1967: Najważniejsze zagadnienia geologii podstawowej w Górach Kaczawskich. The metamorphic series of the Kaczawa Mts., *Przew. XL Zjazdu Pol. Tow. Geol.*
- TEISSEYRE H., 1968: Serie metamorficzne Sudetów. Uwagi o stratygrafii, następstwie i wieku deformacji oraz metodach badawczych. On the stratigraphy and structural evolution of the metamorphic series in the Sudetes., *Geologia Sudetica*, vol. IV.
- WAJSPRYCH B., 1969: Budowa geologiczna okolic Stanisławowa z uwzględnieniem mineralizacji złożowej. Praca magisterska. *Maszynopis. Arch. Inst. Geol. U. Wr.*

Boleslaw WAJSPRYCH

TECTONICS OF THE CHELMIEC UNIT (NORTH-WESTERN PART OF THE GÓRY KACZAWSKIE MTS.)

SUMMARY

ABSTRACT: The paper is based on a detailed analysis of the mesostructures observed within the Chełmiec unit. The data thus obtained have led the writer to conclude that the above unit displays a distinct scale style of structure. The strong axial dispersion of the major fold structures was due to the role played by diabases during the high folding. The interpretation of the joints has been discussed with special attention. The marked coincidence of the analytical results, obtained independently for each type of the

mesostructures, confirms the correctness of the structural analysis method here used.

The younger folding movements are responsible for the formation of transverse NNE—SSW structures. A comparison of the tectonics of the Chełmiec unit with those of the adjacent areas (the Permo-Mesozoic of the Leszczyna depression) reasonably suggests that the transverse folding movements had occurred during the Cimmerian tectonic epoch. A description of the major disjunctive deformations is given in the last chapters of the present paper.

INTRODUCTION

The geological structure of the Góry Kaczawskie shows two distinct tectonic stages (H. Teisseyre 1957). The lower stage is built of shaly, epimetamorphic rocks assigned to the Algonkian and the Older Palaeozoic. The upper stage is composed of non-metamorphosed rocks, Permian, Triassic and Upper Cretaceous in age.

Following the opinions of M. Schwarzbach (1939) it has been accepted that the Góry Kaczawskie metamorphicum has a fanshaped structure whose northern branch is characterised by a northern vergence of folds while the

folds of the southern branch are overturned southwards.

The Chełmiec unit is the central tectonic unit of the NE part of the Góry Kaczawskie. In the north it borders on the Złotoryja — Luboradz unit bearing a similar structural style — in the south on the Rzeszówka unit (Fig. 1). Both these boundaries are dislocation-like in character. The whole structure gently dips to the west below the Permo-Mesozoic rocks of the North Sudetic depression.

GEOLOGICAL STRUCTURE OF THE CHELMIEC UNIT

The writer's discussions on the tectonics of the Chełmiec unit are based on J. Jerzmański's (1967) classification. Accordingly, the oldest rocks in this region are the Ordovician quartz-sericite and sericite schists. In upward succession occur the siliceous schists and quartzites of the Silurian followed by the greenstone formation, this being the youngest stratigraphic

member here assigned to the Upper Silurian — Lower Devonian.

Three subordinate tectonic units with a distinct scale style (Figs. 2, 3) are here differentiated by the writer:

The Bogaczowice scale is the lowermost structural element of the Chełmiec unit. It is characterised by markedly regular geology. Its

main bulk consists of sericite schist series. A discontinuous belt of greenstones occurs in the axial zone of the scale. Other greenstone and quartzite occurrence sites indicate secondary foldings of the Bogaczowice scale.

The Stanisławów scale has been overthrust in the NE into the Bogaczowice one. Diabases are the main component in the geological structure throughout the scale of Stanisławów. A broad belt of quartz-sericite schists in the NE part of the scale indicates the frontal zone of the Stanisławów scale.

In the intersection the structure of the Stanisławów scale is shaped like a wedge pointing SE. In the writer's opinion this shape of the scale is due to the cover-like character of the

diabases. In the western part, where the cover-rocks are far-spread and fairly thick, the folding movements never reached such intensity as in the eastern part. A diagrammatic model of these events is shown in Figure 4.

The Pomocny scale has a more equatorial strike (WNW—ESE) with the axis dipping WNW at a small angle of about 20 degrees. The core of the scale is built of quartz-sericite schists, stretching in a broad belt all along the structure. The frontal zone of the scale is indicated by a belt of greenstones.

The rock series of this scale are shaped very regularly and their foliation and lineation do not practically display any sign of disturbance.

ANALYSIS OF MESOSTRUCTURES

FOLIATION SURFACES

In the area here considered foliation has generally a NW—SE directed strike and dips SW at an angle from 35 to 45 degrees (Fig. 5). The dispersion girdle of the directions of the foliation strike is markedly great (270—350°) throughout the Chelmiec unit, with the dip angle ranging as much as from 15 to 70 degrees. This strong variability is not incidental. An intersection of the geological map shows that foliation coincides with the outlines of the diabase formation (Fig. 2).

LINEATION

Two generations have been observed in the age of the B lineation. The older B_1 generation is characterized by stronger differentiation of the morphological forms. The B_2 lineation has been observed only as extremely minute gouffrage intersecting the older B_1 lineation.

The maximum B_1 lineation has a direction of 310—320° and an inclination angle of 15—20°. Similarly as in the case of foliation, the B_1 lineation is characterized by strong dispersion of directions, up to 80 degrees. Its direction pattern is likewise distinctly connected with the outlines of boundaries of the diabase formations.

The B_2 lineation is sub-meridionally directed with SW deviations. The maximum measurements fall into the 190—200° direction. The dip angles range from 30—60° depending on the dip angle of the foliation (Fig. 6).

The dependence of the lineation and foliation strike directions on the intersectional shape in the occurrence of diabases has been stressed in a description of these elements. The influence exercised by diabases on the folding mo-

vements and on the direction of folds under formation within the Stanisławów scale fold is diagrammatically shown in Figure 4. This diagram may be looked upon as a greatly simplified model of the Stanisławów scale. In the eastern part of that area, where only minor diabase forms are observable, the plastic schist series had been subjected to strong folding movements. These shortened the distance in the horizontal plane and resulted in the present shape of the scale. In the central part, however, the fold structures of the schist series are very closely adjusted to the shape of the diabase cover. This phenomenon is reflected in the geological map in Figure 2. In the central part of the Stanisławów scale, both the direction and the angle of the foliation and lineation are strongly variable.

FRACTURES

Their intensity and the number of the systems that have been differentiated vary depending on the rock type. The schist series, such as the quartz-sericite and the sericite ones, also some of the greenschists, as a rule display three systems of fractures. The more rigid rocks are markedly more fractured (5—7 systems).

On comparing the diagrams (Figs. 7—10) three fracture systems are seen to be particularly regular. Except for slight deviations they occur in all the diagrams. They are fractures whose surface plane directions are as follows: 120—160° with NNE dips of 60—80°

(system I)

10—30° with ESE dips of 60—85°
(system II)

55—80° with SSE dips of 60—80°
(system III).

The block-diagram in Figure 11 diagrammatically shows one fold element structurally characteristic of the Chełmiec unit. The direction of the fractures has been indicated on the model to agree with the values resulting from the contour diagrams. The strain and deformation ellipsoid has been oriented and theoretically solved on the basis of the resultant direction known from the direction of fold structures. The picture thus obtained indicates that the fractures in systems *I* and *II* are shearing coupled fractures while those belonging to system *III* are tension fractures.

This fracture pattern agrees with that suggested by M. Książkiewicz (1968) for a slab of rock subjected to directional tangential

stress under conditions of strong vertical pressure. In a case like that, the minimum stress axis, corresponding to the coordinate of the strain ellipsoid, is horizontal and normal to the maximum stress direction. The coordinate of the strain ellipsoid, corresponding to the intermediate stress direction, is vertically placed and coincides with the margin of the intersection of the shearing fracture planes.

The stereographic projection (Fig. 12) has indicated the size of the axial dip angle of the fold structures. The particular diagrams (Fig. 12) show that the axial directions indicated by fractures come very near to those based on lineation and foliation.

TECTONIC INTERPRETATION OF STRUCTURAL ANALYSIS RESULTS

In this chapter of his work the writer has made an attempt to distinguish the particular stages of the structural development in the area under consideration and to determine the dynamic and structural conditions of each one of these stages. A comparison of the results thus obtained with the structural development of larger areas has supplied a basis for a reasonably accurate dating of the differentiated stages.

The Chełmiec unit displays a scale style of structure. The Bogaczowice scale was the first to be formed during the high folding, it was overthrust in succession by the scales of Stanisławów and Pomocny. This sequence of events was determined by the stress forces acting in the SW—NE direction. The scaling processes were relatively strong as is suggested by the small preserved fragments of synclines within the scale folds (Fig. 3).

The scale style of structure of the Chełmiec unit suggests the occurrence of overthrusts in the Góry Kaczawskie. The Chełmiec unit should be regarded as a tectonic unit overthrust-like in character. The likelihood of overthrusts in the structure of the Góry Kaczawskie metamorphicum has already been suggested by H. Teisseyre (1956, 1957).

The high folding probably occurred at

the Silurian-Devonian boundary (H. Teisseyre 1967).

Transverse folding is very clearly indicated within the area here considered. The axial dip direction of folds and of the B_1 lineation reasonably suggest that the axes of transverse structures may be expected to have a NNE—SSW direction. This direction coincides with that of the B_2 lineation. Within the Chełmiec unit there are three major transverse folds with their axes directed NNE—SSW ($20-35^\circ$). Besides the two elevations observed by M. Schwarzbach (1939), lying west from the locality of Chełmiec and in the vicinity of Bogaczowice, a fairly distinct transverse elevation has also been observed in the Stanisławów region.

A comparison of the tectonics of our area with those of the adjacent regions, particularly of the eastern part of the North Sudetic depression (the Leszczyna syncline), has supplied adequate information to date the transverse deformation. In the writer's opinion the transverse folding movements which resulted in the formation of the above transverse folds with NNE—SSW axes, had taken place during the Triassic-Lower Cretaceous time interval.