

JÓZEF OBERC<sup>1</sup>, JERZY KOTOWSKI<sup>2</sup>

## PARAKINEMATYCZNA B-LINEACJA MEZOSKOPOWA ZIARN MINERALNYCH

(10 fig.)

### *Mesoscopic parakinematic B-lineation of mineral grains*

(10 Figs.)

**Treść:** Parakinematyczna B-lineacja mezoskopowa ziarn mineralnych zaznacza się prawie wyłącznie w skałach metamorficznych. W wątpliwych przypadkach rozpoznajemy ją przede wszystkim na podstawie równoległości do innych B-lineacji parakinematycznych np. fałdy, zmarszczkowanie, budinaż. W pracy została opisana B-lineacja wyznaczona przez granat, amfibole, diopsyd, kwarc, kalcyt, skalenie, turmalin, biotyt, chloryt, serycyt, muskowit, granat i fibrolit. Nie uwzględniono zagadnienia parakinematycznych agregatów mineralnych wyznaczających B-lineację.

### WSTĘP

Spośród różnych genetycznych typów B-lineacji autorzy wybrali jako cel artykułu B-lineację mezoskopową parakinematyczną ziarn mineralnych. Nie będą tu więc uwzględniane takie typy lineacji, jak zmarszczkowanie, osie antyklin i synklin w obrębie drobnych fałdów, budinaż czy inne typy B-lineacji. Stanowisko systematyczne interesującej nas w pracy lineacji przedstawione jest w poprzedniej pracy autorów (J. O b e r c, J. K o t o w s k i 1971).

Z zawartego w artykule sformułowania wynika, że lineacja występuje jedynie w skałach, które uległy rekrytalizacji równoczesnej z ruchami, czyli tektonitach. Praktycznie biorąc chodzi tu głównie o skały metamorficzne. Spośród skał osadowych można jej oczekiwać jedynie w osadach chemicznych, podatnych na rekrytalizację już w warunkach diagenety i ruchu, na którą nie są jeszcze podatne skały pochodzenia okrucowego. Nie będzie tu też rozważana B-lineacja w skałach magmowych, chyba że jest to lineacja reliktoowa, czyli odziedziczona (J. O b e r c 1966 a, str. 528) po metamorficznym materiale wyjściowym, gdyż zgodnie z treścią tytułu nie mamy tu do czynienia z rekrytalizacją, lecz pierwotną krystalizacją.

Również nie rozważamy w pracy B-lineacji rekrytalizacyjnej u ziarn różnych minerałów tworzących agregaty i przerosty.

Omawiana w pracy B-lineacja jest widoczna przede wszystkim na powierzchniach foliacji, choć występuje ona również wewnątrz lamin bądź

<sup>1</sup> Wrocław, ul. Sobótki 10.

<sup>2</sup> Wrocław, ul. Długa 18, m. 7.

ławic, np. w gruboławicowych wapieniach, granulitach a nawet w metasomatycznych żyłach kwarcu.

Tak zrozumiana parakinematyczna B-lineacja mezoskopowa ziarn mineralnych, której definicję podali autorzy poprzednio (J. O b e r c, J. K o t o w s k i, 1971), wykształcona jest różnie w różnych odmianach litologicznych skał. Mimo że tytuł pracy mówi o B-lineacji mezoskopowej, niejednokrotnie wykorzystane tu będą dla uściślenia wniosków niektóre dane pochodzące z obserwacji mikroskopowych płytek cienkich, zorientowanych.

Materiał obserwacyjny został zebrany w czasie badań w metamorfiku Dolnego Śląska, a przede wszystkim w Górach Izerskich. Wykorzystano też szereg zawartych w literaturze wyników innych badaczy.

#### REKRYSZTAŁIZACJA W WARUNKACH KINEMATYCZNYCH

Lineacja parakinematyczna ziarna wiąże się ze zjawiskami rekryształizacji w warunkach ruchów dyferencjalnych. Linijne skupienia ziarn mineralnych rozwijają się z reguły w trójosiowym stanie naprężeń głównych przy kompresji, gdy  $\sigma_3 > \sigma_2 > \sigma_1$  przy czym  $\sigma_3$  działa w kierunku osi  $a$  układu koordynacyjnego,  $\sigma_2$  — w kierunku osi  $b$ ,  $\sigma_1$  — w kierunku osi  $c$  koordynaty. Ziarno krystalizujące (kosztem innych ziarn) wykazuje w tych warunkach wydłużenie linijne zgodne z  $\sigma_2$  i osią  $b$ , czyli głównym kierunkiem pośrednich naprężeń głównych. Za najsilniejsze naprężenia  $\sigma_1$  uważamy kierunek osi  $a$ ; w tym bowiem kierunku przemieszczają się całe jednostki geologiczne. Natomiast w kierunku pionowym (prostopadle do poprzednich) działa najsłabsze naprężenie  $\sigma_3$ . Za taką korelację osi naprężeń i osi układu koordynacyjnego przemawia fakt, że nawet w warunkach przypowierzchniowych  $\sigma_1$  jest najmniejsze, największe zaś naprężenia są zgodne z osią  $a$ .

W przekroju  $ac$  ziarna powstałe przez rekryształizację parakinematyczną są spłaszczone w kierunku  $\sigma_3$  i osi  $c$ .

Przy doświadczeniach laboratoryjnych taką sytuację interpretowalibyśmy jako wyniki największych naprężeń, zgodnych z osią  $c$  koordynaty. Natomiast w kierunku osi  $b$  ziarna o soczewkowatych zarysach wykazują największe wydłużenie, niekiedy kilkanaście razy większe od przekroju poprzecznego (W. W. B e l o u s o w, M. W. G z o w s k i j, 1964, s. 55). W tym przypadku spełniony jest warunek, że  $\sigma_3 > \sigma_2 > \sigma_1$ .

W wypadku gdy  $\sigma_3 = \sigma_2 \neq \sigma_1$  w przekroju  $ac$  tworzą się ziarna lub agregaty o kształcie cylindrycznym, które geolodzy określają jako lineację pręcikową lub ołówkową (ang. pencil structure). Innym przypadkiem powstawania struktur pręcikowych jest istnienie pary sił w warunkach trójosiowego stanu naprężeń. Para sił działa wtedy wzdłuż  $\sigma_3$  (osi  $a$  koordynaty).

Jednym z celów badań geologiczno-strukturalnych jest odtworzenie warunków kinematycznych w oparciu o wykształcenie i pomiary orientacji przestrzennej struktur linijnych. Przy interpretacji stosujemy podany wyżej sposób rozumowania.

Pole głównych naprężeń w warunkach rekryształizacji parakinematycznej składa się z pól niższych rzędów aż do elementarnych pól cząstkowych włącznie. Pole głównych naprężeń jest wypadkową wszystkich wymienionych cząstkowych pól niższego rzędu. Przy polach elementarnych chodzi o naciski wywierane przez gotowe ziarna na ziarna wzrastające. Odtworzenie pól cząstkowych najniższych rzędów jest przy badaniach mezoskopo-

wych niemożliwe. Więcej materiałów dostarczają w tym przypadku badania petrotektoniczne, dlatego na tym miejscu zagadnień tych nie omawiamy.

Istnieje zagadnienie minerałów stressowych i antystressowych (A. Harker, 1932). Te ostatnie nie mogą z natury rzeczy odgrywać roli w powstawaniu lineacji parakinematycznej ziarna, natomiast po minerałach stressowych należy oczekiwać rozwoju B-lineacji parakinematycznej, zwłaszcza gdy chodzi o minerały układów innych niż regularny. Dłuższymi osiami układają się one równolegle do *b* koordynaty struktury. Minerale stressowe krystalizujące w układzie regularnym mogą układać się linijnie, na co już zwróciliśmy uwagę wcześniej (J. Oberc, J. Kotoski, 1971).

### MEZOSKOPOWE TYPY LINEACJI ZIARNA

Lineacja ziarna przejawia się w różnych sposobach jego ułożenia. Wy różnić tu można następujące przypadki

1. Lineacja pojedynczych izolowanych ziarn izometrycznych, porównaj J. Oberc, J. Kotoski (1971 fig. 3) (i w przybliżeniu izometrycznych).

Jest to linijne ułożenie pojedynczych ziarn minerałów krystalizujących w układzie regularnym oraz ziarn, które mezoskopowo wykazują zarysy izometryczne na powierzchni foliacji (fig. 1).

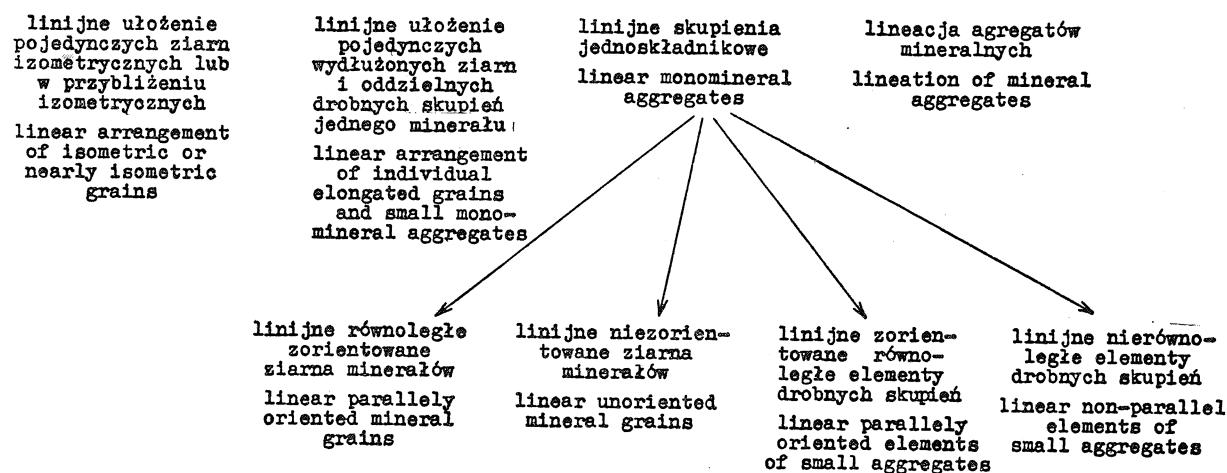


Fig. 1. Mezoskopowe typy B-lineacji ziarna  
Fig. 1. Types of mesoscopic B-lineation of mineral grains

2. Linijne ułożenie pojedynczych ziarn wydłużonych i oddzielnych wydłużonych, drobnych skupień jednego minerału ustawionych najdłuższymi osiami w jednym kierunku bądź w kierunku zbliżonym. Jako całość skupienia monomineralne mają jeden kierunek, co pozwala uznać je za lineację (fig. 2).

3. Linijne skupienia jednoskładnikowe (ziarna przylegają bezpośrednio do siebie) składają się:

- a) z zorientowanych równoległe wydłużonych ziarn mineralnych (fig. 3 a),
- b) z nie zorientowanych równoległe wydłużonych pojedynczych ziarn (fig. 3 b),

- c) z elementów liniowych w postaci drobnych skupień równolegle zorientowanych (fig. 3 c),
- d) z elementów liniowych w postaci drobnych skupień nie zorientowanych równolegle (fig. 3 d).

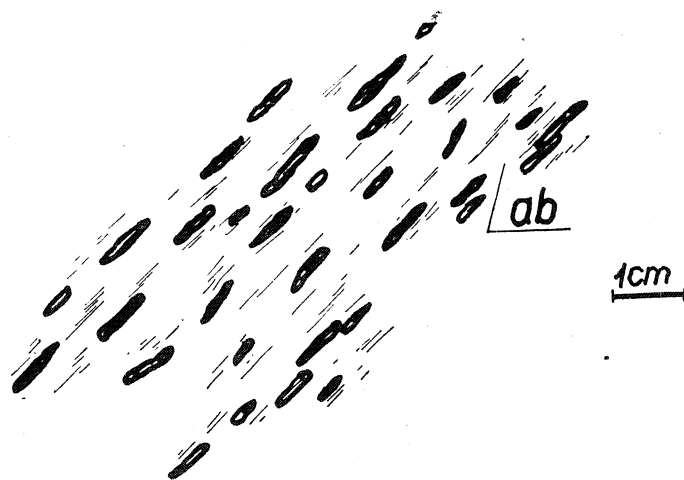


Fig. 2. Lineacja drobnych skupień monomineralnych  
Fig. 2. Lineation of small monomineral aggregates

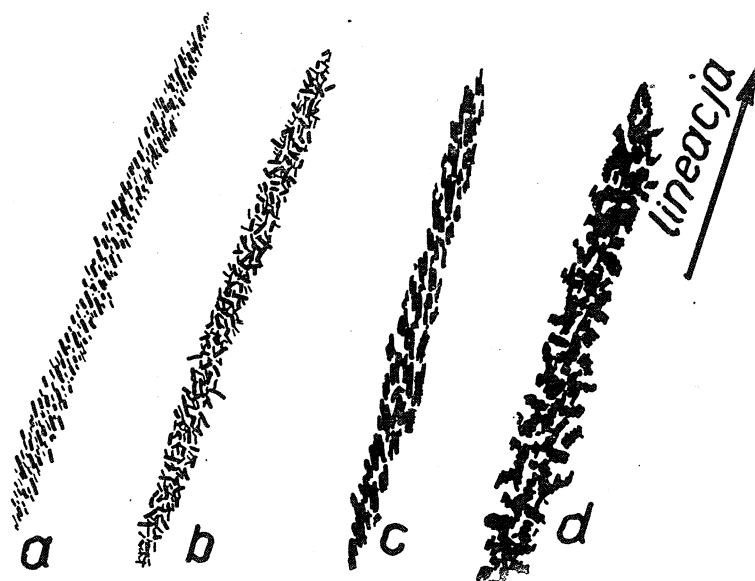


Fig. 3. Linijne skupienia jednoskładnikowe (objaśnienia w tekście)  
Fig. 3. Monomineral linear aggregates (explanation in text)

Niekiedy wymienione wyżej przypadki występują obok siebie. Długość skupień jednoskładnikowych sięga kilkunastu centymetrów. Najdłuższe osie liniowych skupień jednoskładnikowych są równoległe względem siebie.

4. Kolejną odmianą B-lineacji ziarna są agregaty różnych minerałów — zagadnienia tego w tej pracy nie analizujemy.

#### DIAGNOZA LINEACJI PARAKINEMATYCZNEJ ZIARNA

Przy omawianiu B-lineacji parakinematycznej ziarna nieodzownym jest podawanie charakterystycznych cech, które pozwalają odróżniać B-lineację od innych.

Podawanie cech diagnostycznych bywa trudne i niejednokrotnie nie da się go określić jednoznacznie na podstawie obserwacji terenowych. Lepsze wyniki osiąga się stosując uzupełniające badania mikroskopowe fragmentów B-lineacji. Konieczne jest stosowanie szeregu płytek zorientowanych. W przypadku nałożonego przeładowania diagonalnego lub prostopadłego nie byłoby możliwe realizowanie takich badań, gdyż dzisiejsza technika nie pozwala na wykonanie preparatów wichrowatych.

Autorom chodzi jednak głównie o podanie kryteriów mezoskopowych pozwalających na scharakteryzowanie B-lineacji parakinematycznej ziarna.

Sprawa agregatów pierwotnych, tj. takich, które powstają w czasie głównej deformacji, na tym miejscu bliżej nas nie interesuje, omawiamy bowiem lineację monomineralną. Częstym zjawiskiem jest tu pojawienie się przerostów wtórnych. Minerale, które podkreślają lineację monomineralną pod wpływem czynników hydrotermalnych bądź wietrzenia rozkładają się częściowo i w takim etapie ewolucji procesu obserwujemy je obecnie. Rozkład chemiczny może być też całkowity. Orientacja produktów rozkładu jest w tych przypadkach zjawiskiem oddzielnym, wymagającym dalszych badań. Na tym miejscu sprawa ta nie może nas interesować, gdyż produkty rozkładu nie brały udziału w deformacji; nie są więc parakinematyczne.

Jako przykład można rozważyć sprawę przechodzenia tworzącego lineację amfibolu i biotyту w chloryt bądź skaleni w kaolinit (J. K o t o w s k i, 1970), a także serycytyzację skaleni i muskowitu. W odkrywkach naturalnych mamy z reguły do czynienia z różnie zaawansowanymi stadiami tego procesu. Bierzemy jednak pod uwagę orientację składników powstałych przy metamorfozie, a nie produktów ich rozkładu w innych warunkach.

W lineacji, którą w terenie określa się jako linijne skupienia jednoskładnikowe biotyту, jak to ma miejsce np. w ciemnych gnejsach z Leśnej, część tego składnika przy badaniach mikroskopowych okazuje się schlorytizowana; w badaniach mezoskopowych dowieść tego nie można. Badania mezoskopowe są więc zbyt mało dokładne, aby poznać orientację i charakter ziarn, z których zbudowana jest lineacja.

Wobec tego, aby nie ograniczać zbyttnio lineacji do ziarn świeżych, proponujemy, by przy wtórnych przeobrażeniach, głównie wietrzennych i hydrotermalnych brać pod uwagę nie orientację ziarn wtórnych minerałów, lecz orientację paramorfoz, czyli zarysy ziarn minerałów pierwotnych, których kosztem tworzyły się minerale wtórne.

Za zasadnicze kryteria określania lineacji parakinematycznej ziarna uważają autorzy równoległość określonej lineacji ziarna z innymi lineacjami niewątpliwie parakinematycznymi, jak osie synklin, antyklin drobnych fałdów, poszczególne elementy budinażu (J. O b e r c, J. K o t o w s k i, 1971) i obecność przerostów, agregatów ziarn mineralnych, wreszcie najdłuższe osie sekrecyjnych soczew kwarcu, głównie w łupkach łyszczykowych i fyllitach, a także wydłużenie otoczków i osie „daktyli” w tektoniach zlepieńcopodobnych.

W przypadku gdy brak wymienionych odmian lineacji, nie zawsze mamy gwarancję, że badana lineacja ziarna jest parakinematyczna.

Jest rzeczą oczywistą, że równoległe ułożone słupki i pręciki, np. hornblendy, turmalinu itp., stanowią elementy linijne, a lineację ziarna tylko wtedy, gdy są ułożone w przybliżeniu równoległe. Równoległe do nich ziarna innych minerałów zaliczymy również do lineacji parakinematycznej.

nej. O ile są to wtórne przeobrażenia — jak już wspomniano wyżej — należy określić orientację ich paramorfoz.

#### MEZOSKOPOWA LINEACJA PARAKINEMATYCZNA ZIARNA

Ilość minerałów wyznaczających mezoskopową lineację parakinematyczną ziarna w różnych metamorfikach sudeckich jest niewielka; jeszcze mniejsza jest ilość minerałów pospolicie wyznaczających tę lineację. Należą tu: granat, amfibole, diopsyd, kwarc, kalcyt, skalenie, turmalin, biotyt, chloryt, serycyt, muskowit, grafit i fibrolit.

#### Lineacja wyznaczona przez izolowane ziarna granatów

Granaty jako pojedyncze ziarna nie tworzą form wydłużonych ze względu na symetrię struktury sieciowej należącej do układu regularnego; stąd też pojedyncze ziarno tego składnika nie może być traktowane jako element liniowy. Dopiero skupienia ziarn ułożonych wzdłuż linii wyznaczają lineację. Ziarna granatu w obrębie wspomnianej wyżej lineacji bywają zmiennej wielkości i są lepiej lub gorzej euhedralnie wykształcone. Ten typ lineacji spotyka się rzadko w krystalicznych formach Sudetów. Nie była ona też bliżej opisywana w literaturze światowej. Wyznaczenie omawianej lineacji nieraz sprawia trudność w terenie w przypadku znacznej odległości między ziarnami.

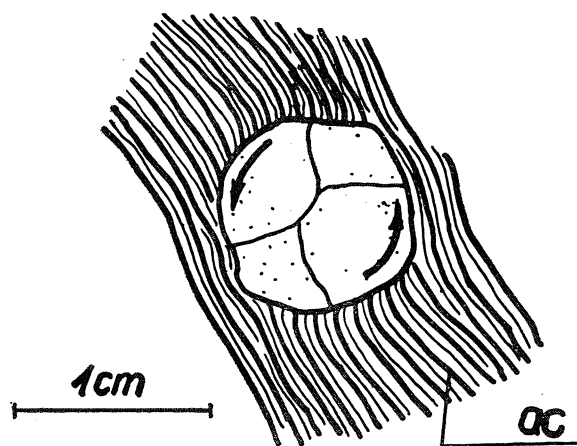


Fig. 4. Rotacja ziarna granatu w łupkach łyszczykowych (okolicy Krobicy)  
Fig. 4. Rotation of a garnet grain in mica-schists. Krobica area

Pojedyncze ziarna granatu tworzące lineację mają zmienną średnicę. W okolicy Czerniawy Zdroju na Pogórzu Izerskim długość smug granatów dochodzi do kilkunastu centymetrów przy odstępach poszczególnych osobników od paru do kilkunastu milimetrów, a rzadziej mniejszej.

W Sudetach o występowaniu lineacji wyznaczonej przez granat w łupkach łyszczykowych podają J. Oberc, J. Kotowski (1971 fig. 3) z Pogórza Izerskiego, a W. Grocholski (1969 str. 661) w granulitach Gór Sowich.

Również w łupkach łyszczykowych okolic Katow Bystrzyckich lokalnie daje się zaobserwować linijskie ułożenie granatów.

Należy przypuszczać, że lineacja wyznaczona przez ułożenie pojedyn-

czych granatów jest bardziej rozpowszechniona w metamorficznych formacjach Sudetów, lecz dotychczas mało zwracano na nią uwagi.

Niektóre granaty wykazują sigmoidalne ułożenie wrostków minerałów reprezentujących tło. Do wrostków należą: kwarc, muskowit, serycyt, skalenie z niewyraźnym zbliżniaczeniem albitowym, przetkane serycytem. Lokalnie ułożone są fragmenty zafałdowanych lamin łupka łyszczykowego. Przypuszcza się, że rozwijające się ziarna granatu obracały się, w związku z czym wrostki układają się w S-kształtne struktury helicytowe.

Na niektórych powierzchniach foliacji łupku łyszczykowego z granatami można mezoskopowo zauważyć, że większe osobniki granatu rozpychają laminy, które otulają parakinematycznie wzrastające ziarna granatu. W wyniku silnego wzrostu ziarn granatów lamin łupku ulegają rozerwaniu. W okolicy Krobicy na Pogórzu Izerskim stwierdzono mezoskopowo rotację granatu w łupkach łyszczykowych. Granat powoduje rozszczepienie i skręcenie lamin zgodnie z kierunkiem rotacji (fig. 4).

### Lineacja wyznaczona przez amfibole

Spośród minerałów o pokroju słupkowym lineację parakinematyczną w niektórych metamorficznych skałach w Sudetach wyznaczają amfibole.

Poszczególne słupki amfiboli reprezentują elementy linijne, których orientacja przestrzenna jest ściśle określona. Zazwyczaj jest ona analogiczna dla szeregu słupków położonych w bliskim sąsiedztwie. Amfibole należą do minerałów, które ze względu na swoje wybitne wydłużenie, zgodne z osią Z, były od dawna uważane za lineację. Jest ona wymieniana przez E. Cloosa (1946 str. 15), który podaje, że orientacja formy ziarna jest w pewnym sensie orientacją siatki krystalicznej, M. P. Billings (1965 str. 352), F. J. Turner, J. Verhoogen (1961, str. 535), W. T. Huang (1962 str. 469), N. A. Eliseew (1967 str. 123). W Sudetach lineację wyznaczoną przez amfibole wymieniali: H. Dziedzicowa (1963 str. 77), I. Wojciechowska (1966 str. 284), W. Grocholski (1969 str. 661), J. Oberc, J. Kotowski (1969 str. 16). Lineacja wyznaczona przez amfibole występuje w amfibolitach, w złupkowanych amfibolitach, łupkach amfibolowych, rzadziej w innych skałach. Lineacja ta współwystępuje z lineacją biotyту i chlorytu powstałych kosztem amfiboli.

Parakinematyczna lineacja amfiboli wyznaczona przez ułożenie słupków tego minerału wskazuje na rozwój w warunkach parakinematycznych w trójosiowym stanie naprężeń głównych. Poszczególne słupki amfiboli są zorientowane równolegle do lineacji parakinematycznych w sąsiedztwie.

Lineację w skałach metamorficznych tworzą niekiedy hornblenda oraz aktynolit. Ten ostatni ma postać pręcików lub igiełek, rzadziej drobnych skupień ułożonych równolegle. Wydłużenie linijskich skupień dochodzi do paru centymetrów przy parumilimetrowej szerokości.

W niektórych skałach przejściowych między amfibolitami a ciemnymi gnejsami w metamorfiku izerskim lineacja amfibolowa współwystępuje z lineacjami wyznaczonymi przez biotyt, agregaty skalenio-kwarcowe, lineację skaleni oraz rzadziej przez zmarszczki.

W terenie utożsamia się niekiedy omyłkowo lineację amfibolową z lineacją biotyту, gdyż upodabniają się one barwą i często współwystępowaniem.

### Linijne ułożenie diopsydu

Lineację wyznaczoną przez diopsyd spotyka się rzadziej niż amfibolową. Ma ona postać skupień jednoskładnikowych. Dotychczas w metamorficznych seriach skalnych Sudetów nie zwracano szczególnej uwagi na omawianą lineację. Spotyka się ją w zmetamorfizowanych wapieniach i dolomitach, w skałach krzemianowo-wapiennych z diopsydem w okolicy Strzelina i skałach wapienno-krzemianowych w metamorfiku Śnieżnika. W metamorfiku Gór Sowich została wymieniona przez W. Grocholskiego (1969 str. 661), występuje tu w niektórych wapieniach krystalicznych.

W terenie niejednokrotnie trudno jest odróżnić lineację diopsydu od innych lineacji; jej cechą diagnostyczną jest barwa zielona do ciemnozielonej linijnych skupień jednoskładnikowych diopsydu. Niekiedy jest ona wykształcona pod postacią cienkich równoległych słupków diopsydu. Na powierzchni foliacji w skałach wapienno-krzemianowych zaznacza się jako subtelne skupienia diopsydu.

### Lineacja parakinematyczna kwarcu

Kwarc wyznacza lineację zarówno w skałach wieloskładnikowych zawierających ten minerał, jak i w monomineralnych skałach kwarcowych.

W skałach wieloskładnikowych lineacja kwarcu przy badaniach mezoskopowych uchodzi często uwagi, ponieważ jak np. w gnejsach inne rodzaje lineacji wybijają się na plan pierwszy. Badania petrotektoniczne takich skał wykazują bardzo często linijną orientację kwarcu.

Monomineralne skały kwarcowe w seriach metamorficznych to kwarcyty i łupki kwarcytowe, kwarc sekrecyjny w łupkach łyszczykowych, a także w innych skałach, które w wyniku transformizmu powstały z łupków. Sekrecyjny kwarc tworzy zazwyczaj formy soczewkowate (fig. 5)

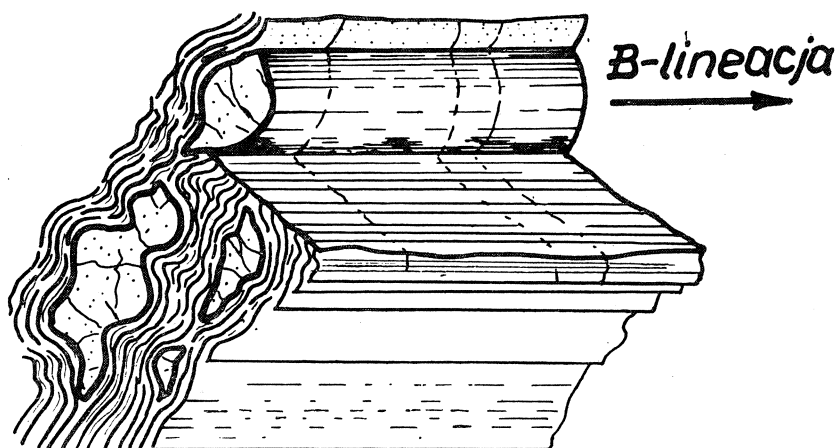


Fig. 5. Lineacja kwarcu sekrecyjnego. Łupki łyszczykowe okolic Starej Kamienicy  
Fig. 5. Lineation of secretional quartz. Mica-schists, Stara Kamienica

wydłużone linijnie (J. Oberc, 1967c str. 235), często zlokalizowane w przegubach synklinalnych i antyklinalnych zgodnie z lineacją ziarna, wobec czego najdłuższe osie soczewek powinny być traktowane jako oddzielny rodzaj B-lineacji parakinematycznej. Lineacja widoczna na powierzchniach takich soczew lub występująca w ich wnętrzu stanowi B-li-

neację ziarn kwarcowych, które są również równoległe do lineacji ziarna w skale otaczającej. Te sprzężone i równoległe B-lineacje należą do grupy poli-B-lineacji (J. O b e r c, J. K o t o w s k i 1971). Aczkolwiek nie zawsze w monomineralnych skałach kwarcowych udaje się nam w lineacji ziarna zidentyfikować ten składnik, to jednak jakakolwiek zauważalna lineacja parakinematyczna nie może się tu składać z innych minerałów jak tylko z kwarcu.

Z punktu widzenia morfologii w parakinematycznej B-lineacji kwarcu wyróżniamy następujące odmiany:

- a. Orientacja „nitek” kwarcu,
- b. Soczewki kwarcu wyciągnięte w różnym stopniu.

Nitkowa lineacja kwarcu (fig. 6) składa się z silnie wydłużonych ziarn kwarcu, średnicy rzędu 1 mm. Na przekroju *ac* mają one kształty nieregularne. Były one obserwowane w tzw. żyłach kwarcowych na Pogórzu Izerskim (J. K o t o w s k i, praca nie publ.).

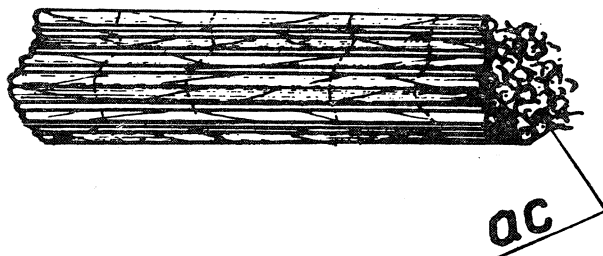


Fig. 6. Lineacja „nitkowa” kwarcu. Ziarna na przekroju *ac* mają średnicę około 1 mm. „Żyły” kwarcu okolic Barcinka

Fig. 6. Lineation of quartz „fibres”. In the *ac* plane the grains are about 1 mm in diameter. Quartz „veins” in the Barcinek area

Różna orientacja kwarcu w sąsiednich „nitkach”, powoduje, że przybierają one różne odcienie. Lineacja ta jest przydatna do rekonstrukcji tektonicznej, gdyż wykazuje stałą orientację równoległą do lineacji assyntijskiej w otaczających gnejsach. Jest ona związana z rekryształizacją młodszą od tego zjawiska, wobec czego może być uznana za lineację naśladowczą. Pomaga ona przy wyjaśnieniu tektoniki tamtejszych metamorficznych „żył” kwarcowych. W każdym przekroju pasa osi „nitki” kwarcowe są widoczne jednakowo wyraźnie.

Soczewkowato wydłużone formy kwarcu. W różnych skałach, które zawierają ten składnik, posiada on w przekroju *ac* kształt soczewkowy, elipsowaty lub kolisty. Grubsze, a przez to wyraźniejsze soczewki kwarcowe spotyka się w strefach przegubów synklinalnych lub antyklinalnych. Omawiana lineacja badana mikroskopowo składa się ze strzępiasto zakończonych ziarn kwarcu o budowie mozaikowej o zmiennej orientacji optycznej, odznaczających się falistym wygaszaniem ze śladami intergranularnych przemieszczeń, oddzielonych od siebie płaszczyznami ścinającymi. Oprócz kwarcu spotyka się między innymi łuseczki serycytu i muskowitu.

We wnętrzu mezoskopowych soczewek widoczne są na przekrojach w pasie *b*-koordynaty struktury „nitki” kwarcowe, analogiczne do wyżej opisanych.

Oddzielne zagadnienie lineacji kwarcu stanowią tektonity zlepieńcopodobne z okolic Krzywiny (Wzgórza Strzelińskie), tzw. kwarcyty daktylowe wieku dewońskiego. Opisał je F. K. D r e s c h e r (1932). Skała składa się z niewielkich, zgodnie z *b*-koordynatą wydłużonych ciał „daktyli” oddzielo-

nych, zamykającą się dookoła nich powierzchnią zluźnienia. Budowa wewnętrzna „daktyli” i grubość ziarna kwarcu jest analogiczna do najbliższego tła. Orientację osi „daktyli” jako B-lineację wczesnobretonską zastosował J. O b e r c (1966b str. 51) do analizy budowy tektonicznej.

### Lineacja skaleni

Parakinematyczne ziarna skaleni mają w przekroju *ac* kształty koliste, jeśli powstają w jednoosiowym układzie naprężeń, owalne i soczewkowate, powstałe w trójosiowym stanie naprężeń głównych. W kierunku współrzędnej *b* są one wielokrotnie dłuższe. Spłaszczenie skaleni jest równoległe do powierzchni *ab* (fig. 7). Powierzchnie te nie są w tym przypadku równe.

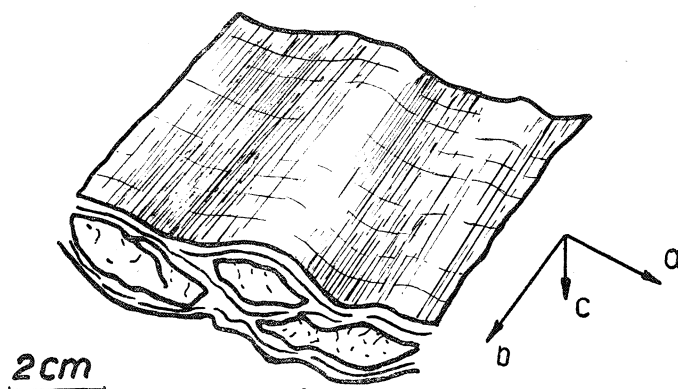


Fig. 7. Parakinematyczna lineacja skaleni w gnejsie okolic Leśnej  
Fig. 7. Parakinematic lineation of feldspars in gneiss, Leśna area

Wydłużenie ziarn skaleni jest równoległe do innych B-lineacji ziarna. Wykazuje ona rotację dookoła osi *b* — zgodnie z warunkami lokalnego pola naprężeń, a równoczesnego z układem naprężeń regionalnych. Lokalne naprężenia powodują, że najdłuższa oś skaleni bywa ustawiona pod kątem do osi *b* układu regionalnego. Przy zmianie lokalnych naprężeń po powstaniu wydłużonego już osobnika dochodzi do jego pęknięcia poprzecznego. Od tego momentu każdy powstały w ten sposób fragment stosuje się do lokalnego pola sił. Pęknięcie ziarn wykorzystuje uprzywilejowane kierunki strukturalne takie jak płaszczyzny łupliwości. Powstają przy tym często drobne uskoki schodowe. Rotacja wzrastających ziarn skaleni powoduje powstawanie widocznych na przekroju *ac* S-kształtnych form związanych ze ścinaniem, zgodnym często z powierzchniami łupliwości ziarn.

Rotujące i równocześnie wzrastające parakinematycznie ziarna obejmują fragmenty tła skalnego, tworząc później wrostki i powstanie różnej wielkości struktur helicytowych. W dalszym etapie dochodzi do rozerwania wielkiego S-kształtnego ziarna skaleni i powstania w ten sposób ziarn, z których każde rotuje w dalszym ciągu (fig. 8).

Najpospoliciej i najlepiej rozwinięta jest parakinematyczna lineacja skaleni w gnejsach należących do R-tektonitów. Na Dolnym Śląsku jest ona rozwinięta przede wszystkim w gnejsach proterozoicznych na obszarze izerskim i Wądroża Wielkiego, we wschodnich Karkonoszach, Górach Bystrzyckich i Orlickich, krystaliniku Śnieżnika a także w metamorfiku strzelińskim. Jeden z najlepiej wykształconych przykładów interesującej

nas lineacji spotyka się w niewielkim masywie gnejsowym okolic Doboszowic.

Lineacja skaleniowa w terenie jest łatwo zauważalna. Przydatność lineacji parakinematycznej skaleni przy rozważaniach tektoniczno-regionalnych jest doniosła. Skalenie reagują plastycznie na silne naciski w obecności wody i mineralizatorów w głębokich mezozonalnych strefach skorupy ziemskiej. Później zachowują się one sztywnie, nie rejestrując drobnych, słabych impulsów. Zjawiska reorientacji lineacji ziarna znacznie łatwiej

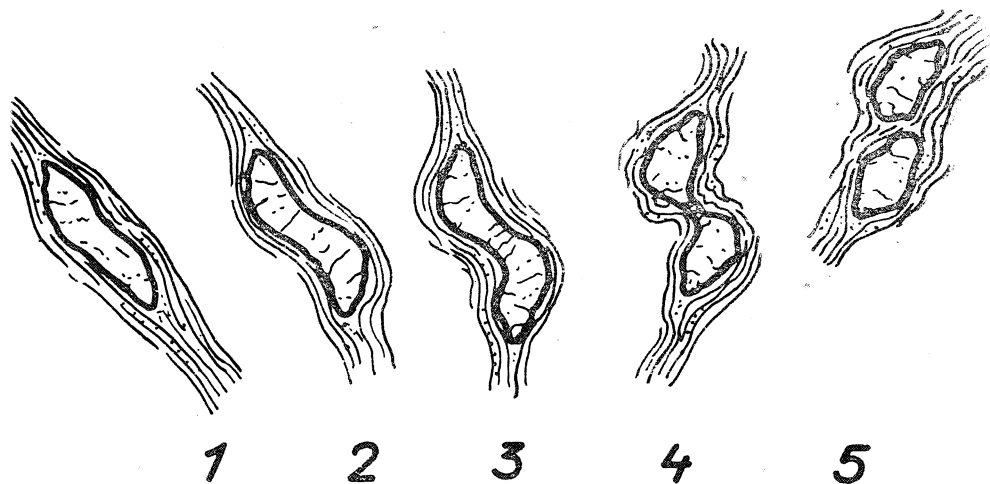


Fig. 8. Etapy rozrywania soczewek skaleniowych w gnejsach okolic Gryfowa Śląskiego  
Fig. 8. Phases of deformation of feldspar lenses in gneisses, Gryfów Śląski area

udowodnić na skaleniach niż innych minerałach, np. łyszczykach czy kwarcu. Lineacja skalenia (a także agregatów skaleniowo-kwarcowych) była podstawą do poznania przebudowy młodoassyntetyjskiej metamorfiku izerckiego (J. Oberc, 1967b). Poza tym lineację skaleniową wymieniają: H. Teisseyre (1964 str. 473), J. Oberc (1966b str. 40, 1966c str. 60, 1967c str. 235), J. Szalamacha, M. Szalamacha (1967 str. 252, 1968 str. 48), J. Oberc, J. Kotowski (1969 str. 16), J. Kotowski (1969a str. 735).

### Lineacja turmalinu

Na ogół mało jest danych w literaturze dotyczących liniowego ułożenia słupków turmalinu w skałach. Z autorów znanych podręczników lineację turmalinu wymieniają W. T. Huang (1962) i E. S. Hills (1963). W klasyfikacji lineacji podawanej przez autorów tej pracy, turmalin należy do liniowych skupień jednoskładnikowych; najdłuższe osie ziarn turmalinu są równoległe do siebie, a parakinematyczny ich charakter wynika też z ich równoległości do innych typów B-lineacji zwłaszcza biotytu, agregatów skaleniowo-kwarcowych, wrzecionowatych skaleni, które towarzyszą lineacji turmalinowej. Często składnik ten wykazuje cechy porfiroblastów, na co prócz różnicy wielkości ziarn wskazują w jego obrębie liczne wrostki innych minerałów, jak kwarcu, albitu, oligoklaz, mikropertytu mikroklonowego i biotytu. Niekiedy turmaliny wykazują struktury poikiloblastyczne. Ułożenie tych wrostków nosi cechy struktur helicytowych. Cechy takie wykazuje turmalin tworzący wyraźną lineację w gnejsach kowarskich np. w odkrywcę nad kopalnią „Wolność” w Kowarach. Orientację tego

turmalinu przedstawia fig. 9. Lineacja turmalinu jest spłaszczona w przekroju *ac*, w którym ma kształty soczewek.

Obecność dużych skupień turmalinu powoduje pofalowanie powierzchni foliacji.

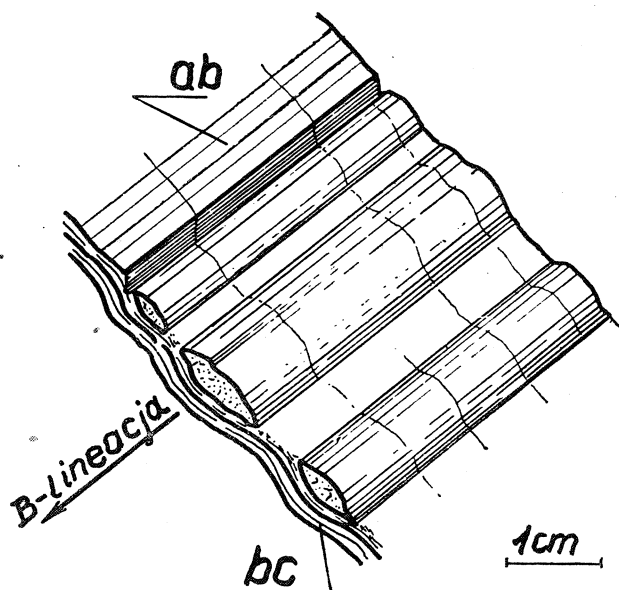


Fig. 9. Lineacja turmalinu w gnejsach kowarskich. Okolice kopalni „Wolność w Kowarach

Fig. 9. Tourmaline lineation in the Kowary gneiss in the environs of the „Wolność” mine, at Kowary

W literaturze sudeckiej jest wzmianka J. Oberca (1967c, str. 238) o lineacji turmalinu w granitognejsach izerskich okolic Kopańca na Pogórzu Izerskim. Równolegle zorientowany turmalin tworzy tu do kilkunastu centymetrów długie skupienia równoległe też do innych lineacji-agregatów skaleniowo-kwarcowych i skaleni.

### Lineacja kalcytu

Również o lineacji kalcytu mało jest danych w literaturze. Lineacja ta jest równoległa do innych B-lineacji, np. biotyту, serycyту lub grafitu w wapieniach krystalicznych. W czystych wapieniach zaznacza się często bardzo wyraźnie B-lineacja ziarna. Mimo iż nie identyfikujemy tu mezoskopowo równoległości poszczególnych ziarn kalcytu, to jednak występowanie lineacji ziarna w tej monomineralnej skale nie może być związane, rzecz jasna, z innym składnikiem.

Wykształcenie tej lineacji jest bardzo różne pod względem morfologii. Zazwyczaj chodzi tu o wałki w przekroju *ac* koliste lub soczewkowate, grubości od 2 milimetrów poczynając. Grube regularne wałki na powierzchniach ławic osiągają niekiedy kilkanaście milimetrów szerokości. Prawdopodobnie są one po części związane z powierzchniami ścinania krzyżującymi się, a może nawet ze zjawiskami budinażu.

Zaczątkiem takich form mogą być ślizgi międzywarstwowe. Orientacja ziarna (kalcytu) w tego rodzaju formach jest mezoskopowo trudna do ustalenia, choć niekiedy możliwa na nadwietrzalnych powierzchniach.

Innym wykształceniem lineacji kalcytu są odznaczające się wybitną długością „nitki” tego minerału, występujące w asocjacji z serycytem.

W wielu punktach tej samej odkrywki wykazują one analogiczną orientację, jak np. w krystalicznych wapieniach w Jędrzychowicach. Wspomniana lineacja kalcytu nie jest związana z powierzchniami warstwowania.

W Sudetach lineację kalcytu w wapieniach krystalicznych można stwierdzić niemal we wszystkich wystąpieniach tych skał, dlatego też nie wymieniamy poszczególnych wystąpień. O lineacji w tych skałach wyznaczonej przez kalcyt wspomina J. Oberc (1967a, str. 2).

#### Lineacja wyznaczona przez skupienia biotytu

Jedną z najczęściej spotykanych lineacji w metamorficznych seriach skalnych w Sudetach a szczególnie w różnych odmianach strukturalno-teksturalnych gnejsów są z reguły prostolinijne (fig. 10), rzadziej krzy-

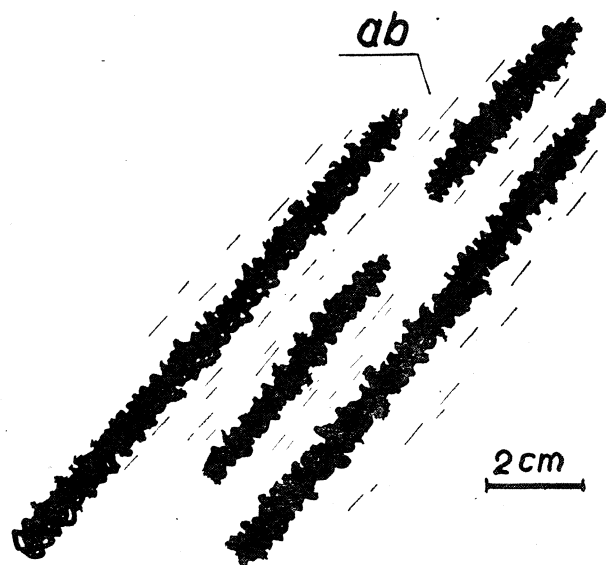


Fig. 10. Linijne skupienia nierównoległe ułożonych blaszek łyszczyku na powierzchni foliacji w gnejsach izerskich

Fig. 10. Linear aggregates of non-parallel mica flakes on foliation surface in the Izera Mts. gneiss

wolinijne skupienia biotytu. Lineacja wyznaczona przez biotyt jest cytowana przez H. Dziedzicową (1963, str. 77), J. Oberca (1966b, str. 41, 1966c, str. 75), I. Wojciechowską (1966, str. 284), J. Szalamachę, M. Szalamachę (1968, str. 48), J. Kotowskiego (1969b, str. 92) i wielu innych autorów, którzy wymieniają w gnejsach lineację wyznaczoną przez łyszczyki. Przypuszczalnie w terminie „łyszczyki” kryje się również zazwyczaj biotyt. Oddzielną pracę, wyłącznie o lineacji biotytu w gnejsach izerskich poświęcił J. Kotowski (1971). Lineacja biotytu współwystępuje z innymi lineacjami: skaleni, agregatów skaleniowo-kwarcowych i chlorytu. Powstanie skupień biotytu wyznaczających lineację jest spowodowane rekrytalizacją i wydłużeniem blaszek, a przede wszystkim poślizgami wzdłuż najsłabszych wiązań w tym mineralu (F. J. Turner, L. E. Weiss, 1963). Dla kryształów o tego rodzaju symetrii pseudoheksagonalnej struktury sieciowej płaszczyzny przesunięć i kierunki translacji są równoległe do płaszczyzn sieciowych i łupliwości (001) tego mineralu. Stąd też biotyt jest bardzo wrażliwy na deformację

i rejestruje każdą zmianę naprężeń głównych i cząstkowych przez translacyjne przemieszczanie się blaszek.

Przy ruchach dyferencjalnych powstają linijne smugi biotyту traktowane jako lineacja.

### Linijne ułożenie skupień chlorytu

Prostolinijne skupienia chlorytu w postaci smug na powierzchni foliacji wyznaczają lineację. Towarzyszy ona najczęściej lineacji wyznaczonej przez biotyt lub amfibole. Rzadziej natomiast występuje lineacja złożona wyłącznie z chlorytu w gnejsach. Jest ona zwykle odziedziczona po biotycie. Lineację wyznaczoną przez chloryt spotyka się w łupkach chlorytowych, biotytowo-chlorytowych, łupkach amfibolowo-chlorytowych, rzadziej w gnejsach. Lineacja ta jest w terenie łatwa do odróżnienia od innych, jeśli mamy pewność, że wyznacza ją rzeczywiście chloryt (właściwa barwa i cechy mikroskopowe). W literaturze jest rzadko wymieniana: podają ją np. F. J. Turner, J. Verhoogen (1951). Blaszkі chlorytu przy ruchach dyferencjalnych w obrębie skupień układają się generalnie równolegle do siebie. Lineacja wyznaczona przez chloryt była spotykana w ciemnych gnejsach izerskich J. Kotowski (1968). Poza tym jest wymieniana przez I. Wojciechowską (1966, str. 284), J. Oberca, J. Kotowskiego (1969, str. 16).

Omawiana lineacja jest charakterystyczna dla skał metamorficznych o niskim stopniu metamorfizmu progresywnego lub dla diaforytów.

### Lineacja wyznaczona przez skupienia serycytu

Lineacja wyznaczona przez serycyt wykształcona jest przede wszystkim w postaci delikatnych cienkich, wąskich, niekiedy długich smużek w wielu skałach o niskim stopniu metamorfizmu (fyllity, łupki serycytowe, serycytowo-kwarcowe, a nawet w łupkach łyszczkowych). Ze względu na srebrzyste, połyskujące skupienia serycytu na powierzchni foliacji daje się ona odróżnić od innych lineacji. Lineacja ta składa się z drobnych łusek, układających się w skupienia jednoskładnikowe o różnej orientacji poszczególnych łusek. Lineacja wyznaczona przez serycyt podawana jest w literaturze sudeckiej: J. Oberc (1960b, str. 53, 1966d, str. 520) I. Wojciechowska (1966, str. 284), J. Oberc (1967a, str. 2, 1967c, str. 235), H. Teisseyre (1967, str. 16). Serycyt jest zazwyczaj wtórny, często współwystępuje z kwarcem, towarzyszy skaleniom, a rzadziej innym minerałom. Lineacja serycytu jest zwykle równoległa do osi fałdów ciągniętych.

### Linijne ułożenie skupień muskowitu

Skupienia prostolinijne muskowitu na powierzchni foliacji złożone są ze strzępiasto zakończonych płytek, osiagających niekiedy kilkanaście centymetrów długości. Lineacja muskowitu jest bardzo pospolita w skałach metamorficznych Sudetów, szczególnie w gnejsach, łupkach łyszczkowych, fyllitach, migmatytach i innych. Współwystępuje często z lineacją biotyту, skaleni, agregatów skaleniowo-kwarcowych i serycytem. W niektórych odmianach gnejsów powstanie skupień muskowitu jest związane z przemieszczeniami dyferencjalnymi, wzdłuż doskonałej łupliwości. Prze-

mieszczenia tangencjalne powodują niekiedy powstanie skupień, w których płytki są dachówkowato ponakładane (ponasuwane) na siebie, w innych rozciągnięte. Stwierdzenie i zmierzenie w terenie lineacji muskowitu nie sprawia trudności.

### Linijne ułożenie grafitu

Linijne ułożenie grafitu stanowi w Sudetach na ogół bardzo rzadko spotykaną lineację. Dotychczas nie była ona opisywana ani w literaturze sudeckiej, ani poza sudecką. Została stwierdzona w niektórych odmianach łupków radzimowickich, w wapieniach krystalicznych z grafitem okolic Gębczyc koło Strzelina. Grafit układa się w smugi również w łupkach pstrych w okolicy Olszyny Lub. Orientacja tej lineacji jest równoległa do innych współwystępujących z nią lineacji. Ze względu na małe wymiary oraz szary kolor jest trudna do badań w terenie. Bardziej charakterystyczna i łatwiejsza do identyfikacji ze względu na różnice kolorów jest ona w marmurach i wapieniach krystalicznych.

### Linijne ułożenie fibrolitu

Sylimanit wyznacza lineację, którą wymienia W. T. Huang (1962), natomiast linijne ułożenie fibrolitu pilśniowych skupień sylimenitu należy do rzadziej spotykanych. W Sudetach lineację fibrolitu stwierdzono w gnejsach strzelińskich (J. O b e r c, 1966b, str. 89), gdzie tworzy „owalne cętki” ułożone linijnie występujące na powierzchni *ab*. Powstała ona w czasie ruchów staroassyntyjskich. Współwystępuje z równowiekowymi lineacjami wyznaczonymi przez biotyty i skałę.

*Instytut Geologii Uniwersytetu Wrocławskiego*  
*Zakład Geologii Fizycznej*  
*Instytut Geotechniki Politechniki Wrocławskiej*  
*Zakład Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej*

### WYKAZ LITERATURY

#### REFERENCES

- Belousow W.W., Gzowski M.W. — Белоусов В.В., Гзовский М.В. (1964), Экспериментальная тектоника. Издатель. „Недра”, Москва.
- Billings M.P. (1965), Structural Geology (wydanie drugie). *Englewood Cliffs. N. J. Prentice — Hall, INC.*
- Cloos E. (1946), Lineation a critical review and annotated bibliography. *Geol. Soc. Amer. Memoir 18.*
- Drescher F.K. (1932), Über Quarzgefügeregelung im Dattelquarzit von Krummendorf (Schlesien). Beispiel eines monomikten, inhomogengeregelten, heteroachsen Quarz-B-Tektonits mit partieller Rekristallisation). *Min. Petr. Mitt. Leipzig.*
- Dziedzicowa H. (1963), „Syenity” strefy Niemczy. *Arch. Miner.* 24, z. 1, p. 5 — 126, Warszawa.
- Eliseew N.A. — Елисеев Н.А. (1967), Основы структурной петрологии. Издатель. „Наука”, Ленинград.

- Grocholski W. (1969, Mezostuktury obszaru gnejsów sowiogórskich na przedgórzu sudeckim. *Rocz. Pol. Tow. Geol.* 30, 4, p. 651—674, Kraków.
- Harker A (1932), Metamorphism. Londyn.
- Hills E.S. (1963), Elements of Structural Geology. Londyn.
- Huang W.T. (1962), Petrology. New York.
- Kotowski J. (1968), Budowa geologiczna krystaliniku izerskiego okolicy Gryfowa Śląskiego. Praca w druku.
- Kotowski J. (1969a), Assyntyjskie założenia tektoniczne żył kwarcowych o kierunku NW-SE w okolicy Barcinka. *Kwart. Geol.* 13, nr 4, p. 731—741, Warszawa.
- Kotowski J. (1969b), Orientacja mezoskopowych struktur liniowych w odniesieniu do kierunku eksploatacji złoża. *Górn. Odkrywk.*, Rocz. 11, nr 2, p. 91—94, Wrocław.
- Kotowski J. (1970), Palimpsestowa lineacja skupień kaolinitowych na styku żyły kwarcowej z gnejsami w okolicy Nowej Kamienicy na Pogórzu Izerskim. *Rocz. Pol. Tow. Geol.* 40, 3, Kraków.
- Kotowski J. (1971), Analiza mezoskopowa lineacji biotyту w gnejsach izerskich. *Rocz. Pol. Tow. Geol.* 41, 4, Kraków.
- Oberc J. (1966a), Tektonika granitu w Strzeblowie. *Z geologii Ziemi Zach.* p. 528, Wrocław.
- Oberc J. (1966b), Geologia krystaliniku Wzgórz Strzelińskich. *Studia geol. pol.*, 20, Warszawa.
- Oberc J. (1966c), Górotwór staroassyntyjski na Dolnym Śląsku. *Z geol. Ziemi Zachodnich*, p. 57—83, Wrocław.
- Oberc J. (1966d), Kamieniołom K — 3 kopalni łupków kwarcytowych w Jegłowej. *Z geologii Ziemi Zachodnich*, p. 518—522, Wrocław.
- Oberc J. (1967a), Fleksura brzeżna Sudetów i stanowisko tektoniczne krystaliniku Gór Rychlebskich. *Časopis pro min. a geol.*, Roč. 12, čisl. 1, p. 1—11, Praha.
- Oberc J. (1967b), Rozrzut B-lineacji w krystaliniku izerskim. *Rocz. Pol. Tow. Geol.*, 37, 3, p. 373—386, Kraków.
- Oberc J. (1967c), Struktury szkieletowe w leukogranicie izerskim okolic Kopańca i Małej Kamienicy. *Kwart. geol.*, 11, nr 2, p. 231—240, Warszawa.
- Oberc J., Kotowski J. (1969), Orientacja mezoskopowych enklaw autochtonicznych i struktury szkieletowe w granicie rumburskim. *Biul. Inst. Geol.* 220, 18, p. 5—166, Warszawa.
- Oberc J., Kotowski J. (1971), Podział B-lineacji tektonicznej na podstawie badań w Sudetach. *Rocz. Pol. Tow. Geol.* 41, 4, Kraków.
- Szałamacha J., Szałamacha M. (1967), Seria Niedamirowa w świetle nowego strukturalnego podziału wschodniej części okrywy granitu Karkonoszy. *Kwart. geol.* 11, nr 2, p. 243—258, Warszawa.
- Szałamacha J., Szałamacha M. (1968), The metamorphic series of the Karkonosze — Góry Izerskie mountainous Block. *Biul. Inst. Geol.* 222, 16, p. 33—71, Warszawa.
- Teisseyre H. (1964), Uwagi o ewolucji strukturalnej Sudetów. *Acta geol. pol.* 14, nr 4, p. 459—499, Warszawa.
- Teisseyre H. (1967), Najważniejsze zagadnienia geologii podstawowej w Górach Kaczawskich. *Przewodn. XL Zjazdu PTG w Zgorzelcu*, p. 11—30, Wyd. Geol., Warszawa.
- Turner F.J., Verhoogen J. (1951), Igneous and metamorphic petrology. New York-Toronto — London.
- Turner F.J., Weiss L.E. (1963), Structural analysis of metamorphic tectonites. New York.
- Wojciechowska I. (1966), Budowa geologiczna metamorfiku dorzecza Ścinawki Kłodzkiej. *Geol. Sudetica*, 2, p. 261—296, Warszawa.

## SUMMARY

The parakinematic lineation of mineral grains occurs only in rocks subjected by to crystallization simultaneous with movements, i.e. chiefly in metamorphic rocks. Its presence can be also expected in sedimentary evaporite rocks which are prone to recrystallization. This type of lineation is absent in igneous rocks, with the exception of relic lineation inherited from original metamorphic rocks.

Parakinematic B-lineation is present on foliation surfaces and with laminae and/or beds, e.g. in granulites, thick-bedded limestones, and even in metasomatic quartz veins. Several mesoscopic types of B-lineation of mineral grains are presented in Fig. 1.

Parakinematic B-lineation of grains of several mineral species is present in the metamorphic rocks of the Sudetes Mts.

**Garnet:** B-lineation marked by garnet is emphasized by linear arrangement of isolated grains. It occurs in granulites of the Sowie Góry Mts., in mica-schists of the metamorphic complex of the Iżera Mts., in the Mt. Śnieżnik group, etc. Some of the garnets contain sigmoidally arranged inclusions.

**Amphiboles:** the individual amphibole prisms represent linear forms displaying a definite orientation in space. The grains are arranged parallel, and occur in amphibolites, amphibole schists, and more rarely in other rock types, e.g. in dark-coloured varieties of the Iżera Mts. gneisses. The lineation of amphiboles is often associated with lineation of biotite and chlorite.

**Diopside:** the lineation, represented most often by rectilinear monomineral aggregates occurs in metamorphosed limestones and dolomites, as well as in lime silicate rocks.

**Quartz:** parakinematic lineation of quartz occur in various morphological forms. One of these comprise elongated lenticular bodies (Fig. 5) of secretional quartz present in mica-schists and phyllites, and more rarely in other rock types. The lineation marked by quartz „fibres” (Fig. 6) is formed by strongly elongated quartz grains. This type of lineation is known from metamorphic quartz „veins”.

Another type of quartz lineation is represented by quartz „dates” in „dattelquartzit” — type rocks, i.e. by elongated, flat, prolate grains, elongated concordantly with other B-lineations.

**Feldspars:** elongation of prolate feldspar grains parallel to the *b*-coordinate of the structure occurs together with other lineations of mineral grains and aggregates (Fig. 7 and Fig. 8). The feldspar lineation is often rotated accordingly with the *b*-coordinate. Inclusions marking helicitic structures are present within grains showing such a lineation. The lineation of feldspars is present especially in gneisses in Lower Silesia.

**Tourmaline:** tourmaline lineation is represented by monomineral aggregates of this component (Fig. 9). The long axes of tourmaline grains are parallel, and their parakinematic character is marked also by their arrangement parallel to other types of B-lineation, especially of biotite, quartz-feldspar aggregates and prolate feldspar grains. Tourmaline lineation is known from gneissic granites of the Iżera Mts., and from the Kowary gneiss.

**Calcite:** the lineation is marked by calcite „rolls”, with lenticular outlines in the *ac* plane. The rolls, several mm wide, occur on bedding

planes. They are related with intersecting shear planes, or, in other instances, with „boudinage”. Another example of calcite lineation is provided by elongated „threads” of this mineral, which are present in crystalline limestones.

Minerals having lamellar or flaky form: biotite, chlorite, sericite, muscovite and graphite occur as single-component aggregates, within which the individual lamellae are displaced concordantly with foliation surfaces. Occasionally, especially in the case of biotite, the aggregates are felt-like, forming prisms or flat elongated lenses.

Lineation of fibrolite has been found in the Strzelin gneisses. This mineral forms elongated specks, arranged parallelly on foliation surfaces, which are concordant to other B-lineations.

*translated by R. Unrug*

*Institute of Geology, Wrocław University*

*Department of Physical Geology*

*Institute of Geotechnics, Wrocław Polytechnic School*

*Department of Hydrogeology and Engineering Geology*