

JÓZEF OBERC¹, JERZY KOTOWSKI²

PODZIAŁ B-LINEACJI TEKTONICZNEJ NA PODSTAWIE
BADAŃ W SUDETACH
(14 fig.)

*Classification of tectonic B-lineation based on studies
in the Sudetes Mts.*

(14 Figs.)

WSTĘP

B-lineacja w formacjach skalnych Sudetów jest szeroko rozprzestrzeniona i była uwzględniana w wielu opracowaniach. Szczególnie dobrze jest ona wykształcona w metamorficznych formacjach, w których poznana została jak dotychczas najlepiej. Występuje też w innych skałach tak magmowych, jak i osadowych. Mniej interesowano się tą lineacją w skałach osadowych.

W dotychczasowej literaturze geologicznej Sudetów nie stosowano wyczerpującej systematyki i wszechstronnego podziału B-lineacji. Autorzy pragną przeprowadzić próbę tego podziału w oparciu o własne doświadczenia i dane zawarte w literaturze.

Przedkładana pierwsza próba podziału B-lineacji tektonicznej w naszej literaturze powinna być w przyszłości uzupełniona nowymi wynikami badań. Należy się liczyć, że ważnych uzupełnień podziałów dostarczą wyniki badań dla potrzeb mechaniki górotworu i reologii skał, w których, o ile autorzy są dobrze poinformowani, nie uwzględniono dotychczas B-lineacji. Pierwszej rozprawy dotyczącej znaczenia B-lineacji dla własności mechanicznych skał i dla eksploatacji górniczej dostarczył J. K o t o w s k i (1969).

Podany w rozprawie opis B-lineacji nie jest wyczerpujący. Dla oszczędności miejsca pominięto sprawy ogólnie znane i oczywiste zatrzymując się jedynie na pojęciach nowych lub inaczej niż dotychczas ujmowanych.

Zastosowana w pracy symbolika B-lineacji oparta jest na źródłosłowie angielskim. Może ona być wykorzystana przy szczegółowych opisach zjawisk geologicznych w terenie jak to przedstawiono w innej pracy autorów (J. O b e r c, J. K o t o w s k i 1969).

Celem niniejszego artykułu jest uporządkowanie szeregu pojęć dotychczas stosowanych i nowo proponowanych oraz wprowadzenie niezbędnych uzupełnień nomenklaturowych.

B-LINEACJA W DOTYCHCZASOWYCH PODZIAŁACH LINEACJI

W literaturze stosowano dotychczas różne podziały A i B-lineacji łącznie. Jednym z pierwszych był E. C l o o s (1946 str. 12). Wydziela on lineację pierwotną w skałach magmowych (2 typy) oraz lineację wtórną

¹ Wrocław, ul. Sobótki 10.

² Wrocław, ul. Długa 18 m. 7.

w skałach osadowych (8 typów). Są to lineacje powstałe przez płynięcie ($\perp$ i $\parallel$ do b), z obrotu dookoła osi b , przecięcie powierzchni S (według b i a), łącznie albo bez rotacji, poślizgi po powierzchniach warstwowania, kliważu, spekań i wzrost minerałów. Z charakterystyki podziału wynika, że autor ten znajduje lineację we wszystkich genetycznych grupach skał. W tekście oprócz wymienionych typów wydziela jako struktury linijne dodatkowo zmarszczkowanie. Uszeregowanie lineacji według różnych kryteriów w małym tylko stopniu zostało uwzględnione przez E. Cloosa (1946).

Genetyczny podział lineacji, którego E. Cloos nie ogranicza do lineacji B, obejmuje łącznie sześć typów opartych na geometrycznym stosunku do ruchu (płynięcie, rotacja), na jej wykształceniu (zmarszczkowanie, wzrost liniowy minerałów) lub na cechach geometrycznych (przecięcie powierzchni S). Przedstawiony jeden ogólny podział lineacji E. Cloosa opiera się na różnych punktach widzenia.

M. Maška (1954 str. 26) wyróżnia osie fałdów, zmarszczkowanie, liniowe skupienia minerałów, pręcikowe struktury w gnejsach, budinaż, przecięcie powierzchni S , osiowy pseudokliważ i rysy.

W. W. Moorhouse (1959 str. 400—401) wydziela jako najważniejsze następujące typy lineacji: 1. krawędzie z przecięcia powierzchni $\parallel$ do b , 2. liniowa orientacja minerałów igiełkowych i blaszkowych, 3. równoległa orientacja wyciągniętych otoczków, ziarn piasku, szczątków organicznych, oolitów (równoległa do a albo b), 4. zmarszczkowanie i 5. rysy.

E. S. Hills (1967) dzieli lineację z punktu widzenia geometrii na: 1. osie fałdów, 2. przecięcie różnych powierzchni S , 3. lineację najdłuższych osi soczew, otoczków i smug łyszczyków, 4. lineację słupów, budinażu, otoczków, wrzecionowatych ziarn kwarcu, igieł turmalinu, 5. rysy na powierzchniach ślizgowych.

W znanym podręczniku L. U. de Sittera (1964) brak jest osobnego rozdziału poświęconego lineacji. Pojęciem tym posługuje się autor na różnych miejscach w tekście, nie przedstawiając zagadnienia klasyfikacji tych form.

M. P. Billings (1965 str. 352—355) wydziela kilka sposobów liniowego ułożenia i wydłużenia ziarna: zmarszczkowanie, rysy na powierzchniach ślizgowych, budinaż, „pręty kwarcowe”, struktury mulionowe oraz osie fałdów.

G. D. Ażgirej (1966 str. 118) wyróżnia wyciągnięcie ziarn, agregatów mineralnych, liniowe ułożenie elementów skalnych w wyniku rotacji wokół osi b i lineację z przecięcia powierzchni.

N. A. Eliseew (1967 str. 123—125) wydziela: rysy, wyciągnięcie (otoczków, struktury pręcikowe), tekstury smużyste, lineację wzrostu i „рифленость”.

J. Štelcl, K. Beneš, J. Pták (1968 str. 62 i nast.) podają analogiczną systematykę lineacji jak E. Cloos (1946).

Z przedstawionego materiału wynika, że brak jest w dotychczasowej literaturze systematyki B-lineacji. Jest ona w różnych znanych podręcznikach i pracach uwzględniana w ramach przeglądu lineacji w ogólności.

Od szeregu lat badacze geologii Dolnego Śląska poświęcają wiele uwagi zagadnieniu lineacji, pod której pojęciem rozumieją przede wszystkim lineację B. Wymienić tu należy prace następujących autorów: M. Dumicz (1960, 1964), H. Dziedzicowa (1966), J. Gierwielaniec (1968), W. Grocholski (1964, 1966, 1967), L. Kasza (1964), J. Kotowski (1967, 1968a, 1969), J. Oberc (1961, 1966a, b, c, 1967a), J. Oberc, J. Kotowski (1969), T. Oberc-Dziedzic (1966), J. M. Szała-

machowie (1964, 1966, 1968), H. Teisseyre (1957, 1964, 1967, 1968), J. Teisseyre (1968), I. Wojciechowska (1966), L. Wójcik (1968). Wszyscy wymienieni autorzy wydzielają zgodnie: zmarszczkowanie, osie fałdów, linijne wyciągnięcie ziarna skalnego i agregatów kwarcowo-skaleniovych. Większość z nich dorzuca do tego podziału ślady przecięcia powierzchni foliacji ze złupkowaniem spękaniovym lub kliwazem. Niektóre nie wymienione typy lineacji wydzielają następujący autorzy: M. Dumicz (1964) drobne fleksury, tekstury pręcikowe; W. Grocholski (1964, 1967) budinaż, struktury pręcikowe; H. Dziedzicowa (1966) struktury pręcikowe; J. Oberc (1966b) dłuższe osie „daktyli”; H. Teisseyre (1964, 1967, 1968) struktury pręcikowe, budinażowe, mulionowe, migdałowcowe, linijne wydłużenie otoczków; L. Wójcik (1968) elongacja otoczków.

Ponadto J. Oberc (1966b) łączy wydzielone B-lineacje z określonymi fazami ruchów tektonicznych i stosuje dla nich odpowiednią symbolikę. Dla osi fałdów pochodzenia glacitektonicznego autor ten stosuje (1967d str. 255) symbolikę złodowaceń bądź stadiałów, w czasie których powstają te fałdy.

B-LINEACJA TEKTONICZNA

Za B-lineację tektoniczną uważa się takie struktury linijne, których orientacja przestrzenna jest równoległa lub prawie równoległa do osi dużych fałdów (makroskopowych) powstałych w tej samej fazie tektogenicznej. Lineacja ta jest więc równoległa do osi *b* układu koordynacyjnego dla tej jednostki.

Zagadnienie lineacji w ogólności a szczególnie B-lineacji jest bardzo ważne zarówno z punktu widzenia teorii tektoniki, tektoniki w praktyce, jak i praktycznego wykorzystania szczególnie w górnictwie.

W górnictwie B-lineacja nie jest dotychczas uwzględniana. W tej dziedzinie nauki i praktyki ma ona wielkie szanse zastosowania przy eksperymentalnych badaniach skał, np. na wytrzymałość, relaksację i inne. Próby skalne zwłaszcza B i R tektonitów wykazują w różnych kierunkach różne właściwości strukturalne, co wpływa w zasadniczy sposób na właściwości mechaniczne skał. O ile nie uwzględniono orientacji przestrzennej B-lineacji skał *in situ* i w próbach laboratoryjnych, co z reguły ma miejsce, wyniki tych badań traktować należy jako losowe. Dane osiągnięte w ten sposób z badań różnych prób tych samych skał wykazują znaczne różnice, co nie pozwala wykorzystać ich przy interpretacji mechanicznych właściwości skał w górotworze.

B-lineacja jest istotnym elementem poznania budowy tektonicznej terenów niezależnie od tego, z jakiego typu genetycznego skał jest on zbudowany. Zaistniała więc konieczność podziału B-lineacji tektonicznej. Jest on w pracy przedstawiony według różnych kryteriów.

Podział oparty na formach geometrycznych wykształcenia B-lineacji

Geometryczne formy wykształcenia B-lineacji dzieli autorzy w sposób przedstawiony na fig. 1.

Przecięcie różnych powierzchni *S* (powierzchnie warstwowania, foliacja w skałach metamorficznych równoległa lub ukośna do powierzchni warstwowania i kliwaz, równoległe do osi wielkich struktur fałdowych) jest

uznawane za B-lineację. Jeżeli przecinają się gęsto obok siebie występujące więcej niż dwa systemy powierzchni S , których krawędzie są zgodne z osią koordynaty b , powstają struktury zwane ołówkowymi lub pręcikowymi (fig. 2).

Rekrytalizacja parakinematyczna powoduje wzrost ziarna skalnego zgodnie z osią b koordynaty struktury (lineacja ziarna) (lg). Lineację tego typu wykazują ziarna kwarcu (q), skaleni (fp), łyszczyki (mc), chloryty (c),

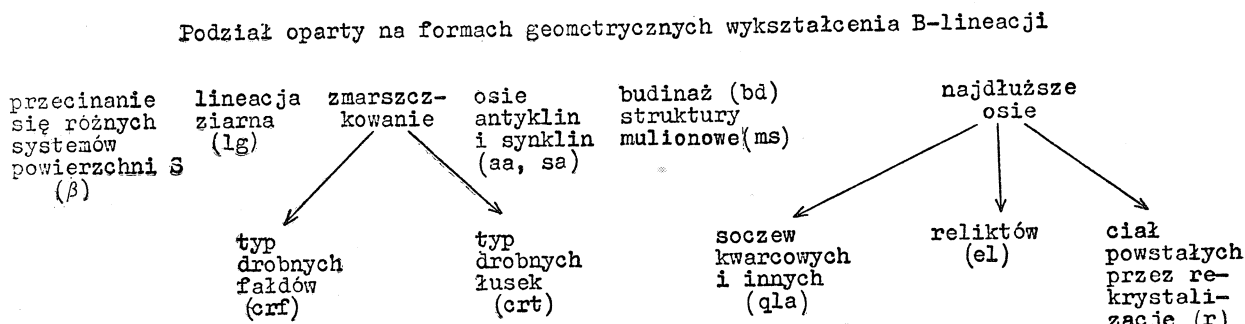


Fig. 1

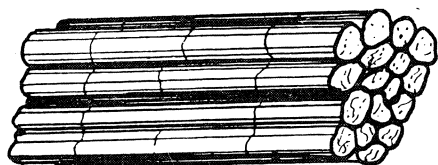


Fig. 2. B-lineacja ołówkowa (pręcikowa) w gnejsach
Fig. 2. Pencil B-lineation in gneisses

amfibole (a), pirokseny (px), kalcyt (cc), ooidy (oi) a także agregaty (przerosty) skaleniowo-kwarcowe (fpq). Ziarna minerałów o dużej sile krystalizacji należące do układu regularnego np. granat mogą układać się linijnie zgodnie z koordynatą b (fig. 3). Ziarna nieizometryczne różnych minerałów mogą być również ułożone linijnie. Niezależnie od tego najdłuższe osie rozrzuconych bezładnie ziarn, o ile są zorientowane równoległe do siebie,

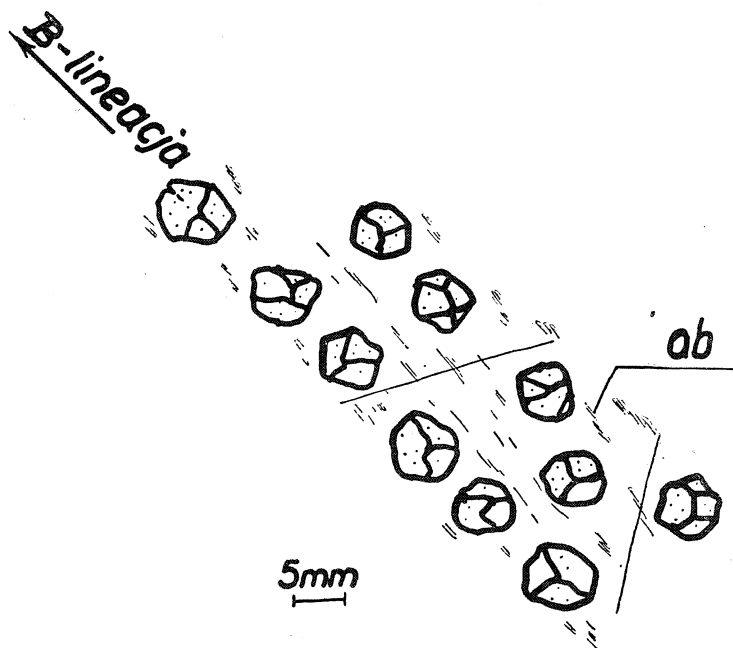


Fig. 3. Linijne ułożenie pojedynczych porfiroblastów granatu na powierzchniach foliacji w łupkach łyszczykowych pasma Starej Kamienicy okolicy Czerniawy Zdroju. Cienkie kreseczki linijne skupienia blaszek biotytu

Fig. 3. Linear arrangement of single garnet porphyroblasts on foliation surfaces in mica schists of the Stara Kamienica range near Czerniawa-Zdrój. The thin lines represent linear aggregates of biotite

tworzą również lineację. Wydłużeniu ulegają otoczaki w metakonglomeratach a także ciała typu daktyli w tektonitach zlepieńcopodobnych, wreszcie ziarna w strukturach migdałowcowych podczas rekrytalizacji metamorficznej.

Zmarszczkowanie pojawiające się w skałach osadowych oraz metamorficznych ma cechy bardzo drobnych fałdów (*crf*) o amplitudzie rzędu 1 mm. Są to fałdy symetryczne bądź asymetryczne oraz zmarszczki typu łusek (*crt*), w których typowe są równoległe względem siebie zorientowane powierzchnie nieciągłości. Zazwyczaj w skałach metamorficznych wiąże się z nimi równoległa lineacja ziarna (*lg*).

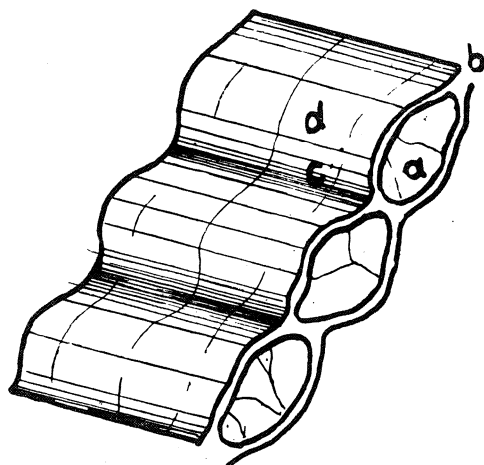
Osie antyklin (*aa*) i synklin (*sa*) różnej wielkości są kolejnym typem geometrycznego wykształcenia B-lineacji. Na tym miejscu nie interesuje nas bliżej wykształcenie geometryczne fałdów (umiarowe, asymetryczne, dachowate itp.).

Do tej grupy należą natomiast fleksury, w których osie przegubów antyklinalnych i synklinalnych stanowią odmiany B-lineacji (*fl*).

Budinaż (*bd*) (fig. 4) jest ważną niekiedy formą wykształcenia B-lineacji. Należy wyróżnić następujące elementy składowe budinażu: a. rdzeń budinażu, b. osłona rdzenia budinażu, c. rynna budinażu, d. żebro budinażu.

Fig. 4. Schemat struktur budinażowych:
a — rdzeń budinażu; b — osłona rdzenia
budinażu; c — rynna budinażu; d — żebra
budinażu

Fig. 4. Schematic diagram of boudinage
structures: a — core of boudinage;
b — mantle of boudinage core;
c — boudinage trough; d — boudinage ribs



Rzadziej spotykane są struktury mulionowe (*ms*), których osie stanowią ważną odmianę B-lineacji.

Inne typy wykształcenia B-lineacji zostaną omówione w dalszej części tekstu. Tutaj wymienimy jedynie najdłuższe osie „pokładowych żył kwarcowych” (*qla*) spotykanych często w seriach łupków metamorficznych. Kwarce ten tworzy ciała sekrecyjne, równoczesne z rekrytalizacją i głównym fałdowaniem tych serii.

Podział B-lineacji według wielkości

Kolejny w tej pracy podział B-lineacji jest oparty na wielkości struktur liniowych. Elementy B-lineacji w różnych skałach (definicja patrz poniżej) mogą osiągnąć różną wielkość. Zachodzi więc konieczność podziału B-lineacji ze względu na wielkość elementów. Przyjmując odnośne przedrostki za F. J. Turnerem, L. E. Weissem (1963) można wyróżnić:

1. mikro-B-lineację = B-lineacja mikroskopowa,
2. mezo-B-lineację = B-lineacja mezoskopowa,
3. makro-B-lineację = B-lineacja makroskopowa.

1. Mikro — B-lineacja osiąga bardzo małe rozmiary i może być obserwowana w badaniach mikroskopowych. Jest ona wyznaczona przez ułożenie kierunkowe (linijne) ziarn minerałów. Pomiar dłuższych osi ziarn minerałów mogą być wykorzystane w badaniach statystycznych i zestawiane w formie róż kierunków lub diagramów konturowych. Szczególnie dobrze widoczne ułożenie strzępiasto zakończonych form mineralnych obserwuje się w preparatach zorientowanych wyciętych równolegle do powierzchni foliacji skał cienko laminowanych. Wydłużenie form mineralnych jest zgodne z kierunkiem lineacji obserwowanej w skali mezoskopowej. W skałach gruboziarnistych, np. gnejsy, mikro-B-lineacja nie jest widoczna tak dokładnie jak w skałach o strukturach laminowanych. Mikro-B-lineacja dotyczy głównie orientacji pojedynczych form mineralnych, bardzo rzadko agregatów. Bliższa ich analiza mikroskopowa jest tematem zagadnień petrotektonicznych.

2. Mezo-B-lineacja może być określana w skali mezoskopowej. Wielkość elementów linijnych jest różna i waha się od kilku milimetrów do kilkudziesięciu centymetrów a nawet paru metrów. Górną granicą mezo-B-lineacji jest długość, która nie może stanowić kryterium wydzielenia ich na mapie w skali 1 : 10 000.

Omawiana B-lineacja jest najczęściej wykształcona na powierzchniach foliacji w skałach metamorficznych w różny sposób, o czym będzie mowa w innych podziałach. W seriach osadowych mezoskopowa B-lineacja jest wykształcona przede wszystkim jako osie fałdów odpowiedniej skali lub zmarszczkowanie.

3. Makro-B-lineacja jest dużych rozmiarów, z reguły daje się ujmować kartograficznie już w skali 1 : 10 000. Lineacja ta jest reprezentowana głównie przez osie większych antyklin, synklin i łusek. Wymienione typy lineacji oparte na wielkości form w obrębie jednej struktury tektonicznej, o ile powstała ona w jednej fazie deformacji, są równoległe. Mogą one być też równoległe w strukturach wielofazowych, o ile w fazach tych nie zmieniał się plan budowy, czyli orientacja osi układu koordynacyjnego.

Podział B-lineacji oparty na czasowym stosunku do ruchu

Kryterium uwzględniające stosunek czasowy B-lineacji do ruchu, więc deformacji jest podstawą kolejnego podziału, który przedstawia fig. 5.

Lineacja parakinematyczna powstaje przy ruchach głównie poziomych. W przypadku skał metamorficznych chodzi tu głównie o ruchy różnicowe. Struktury linijne ułożone są prostopadłe do kierunku nacisków.

Powstanie fałdów w szlirach w obrębie skał magmowych nie jest związane z mechanicznym wyginaniem „warstw” ani z rekrytalizacją. Chodzi tu o deformacje produktów protokrytalizacji stopu podczas płynięcia.

Nie połączone z rekrytalizacją lineacje, a to: zmarszczkowanie (*cr*), osie fałdów (*f*) ciągnionych i budinaż (*bd*) powstają również przy deformacji skał osadowych. Aczkolwiek elementy te nie wymagają w zasadzie warunków termodynamicznych, potrzebnych do rekrytalizacji, to jednak w skałach metamorficznych rozwijają się powszechnie, przy czym najsilniejszy wzrost minerałów jest równoległy do osi wymienionych struktur. Jedynie w bezpośrednim sąsiedztwie osi antyklin na skutek ciągnięcia związanego z wyginaniem warstw dochodzi do wyciągnięcia niemal prostopadłego do osi tych struktur. Cechę tę wykazują przede wszystkim łyszczyki.

Podział B-lineacji wg czasowego stosunku do ruchu

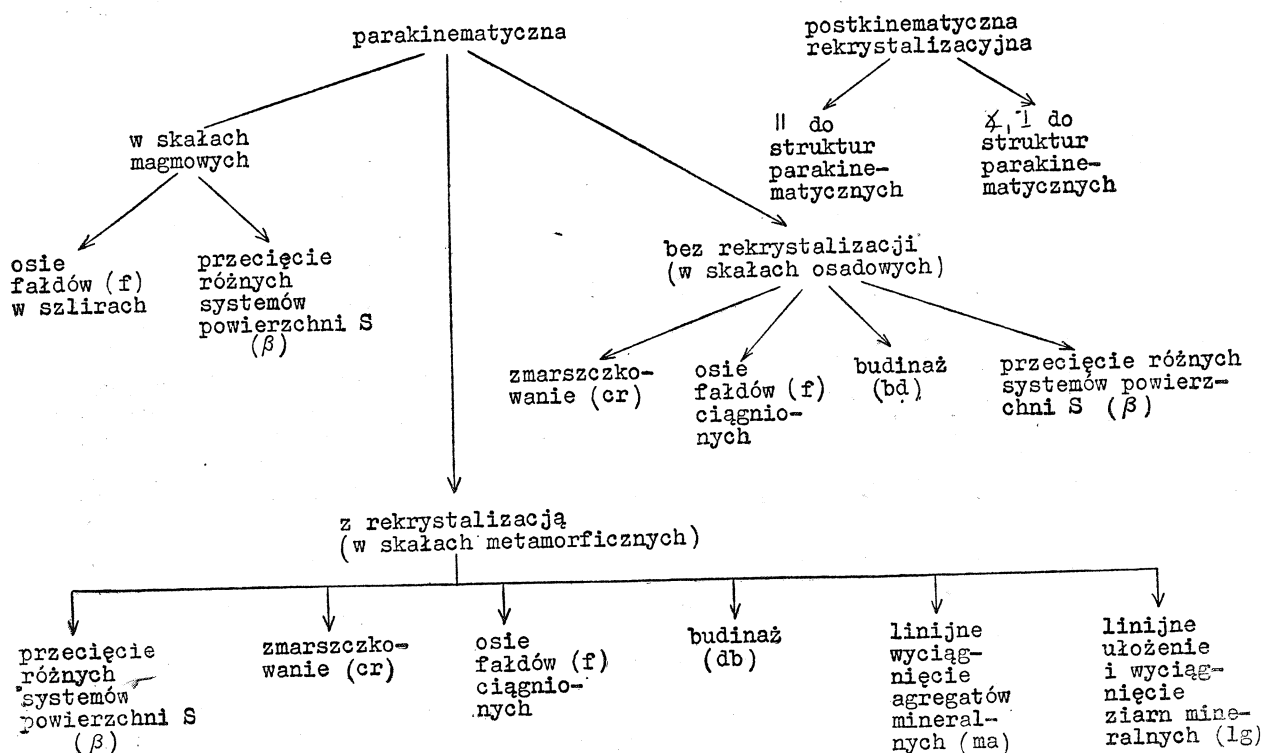


Fig. 5

Większość lineacji rekryształizacyjnej powstaje w związku z rotacją względem współrzędnych b struktury. Wynikiem jej bywają esowato wygięte lub wrzecionowate formy.

Niektóre minerały stressowe nie wykazują tendencji do tworzenia form wydłużonych, jak np. granat. Niekiedy jego ziarna układają się linijnie.

Oddzielnym, należącym do omawianej grupy typem lineacji są krawędzie (β) z przecięcia różnych różnowiekowych powierzchni S, jeśli krawędź ta jest zgodna z osią b. Specjalnym przykładem tego rodzaju zjawisk jest powstanie niektórych odmian struktur pręcikowych.

Lineacja postkinematyczna wyznaczona jest często przez najdłuższe osie ziarn minerałów, które mogą być równoległe lub ustawione pod dowolnym kątem do starszej B-lineacji tła. Równoległe do starszej B-lineacji neokryształy postkinematyczne układają się dłuższymi osiami || do starszej B-lineacji. Jest to lineacja naśladowcza czyli mimetyczna (mm).

W obrębie skał powstałych w warunkach parakinematycznych dochodzi niekiedy do powstania izolowanych ciał podeformacyjnych, rekryształizacyjnych, czyli neoenkław, których najdłuższe osie (r) są zgodne w kierunku starszej lineacji. J. Oberc, J. Kotowski (1969 str. 124) interpretują tego typu ciała granitu rumburskiego w obrębie gnejsów izerskich jako wynik najłatwiejszej rekryształizacji postępującej najszybciej w kierunku B-lineacji w starszych tektonitach ulegających rekryształizacji (fig. 6). Relikty tektonitów w obrębie ciał zrekryształizowanych są wydłużone zgodnie z B-lineacją (fig. 7), a wewnętrzna ich budowa wykazuje zgodność z lineacją skał osłony ciał zrekryształizowanych.

Wymienione typy lineacji mogą mieć wymiary mikro- i mezoskopowe. Niektóre z nich jak fałdy i ciała powstałe przez rekryształizację postkinematyczną, mogą mieć wymiary makroskopowe.

W podanym schemacie (fig. 5) uderza brak B-lineacji tektonicznej pre-kinematycznej. Lineacja taka nie istnieje. B-lineacja w skałach osadowych reprezentowana np. przez riplemarki nie jest pochodzenia tektonicznego.

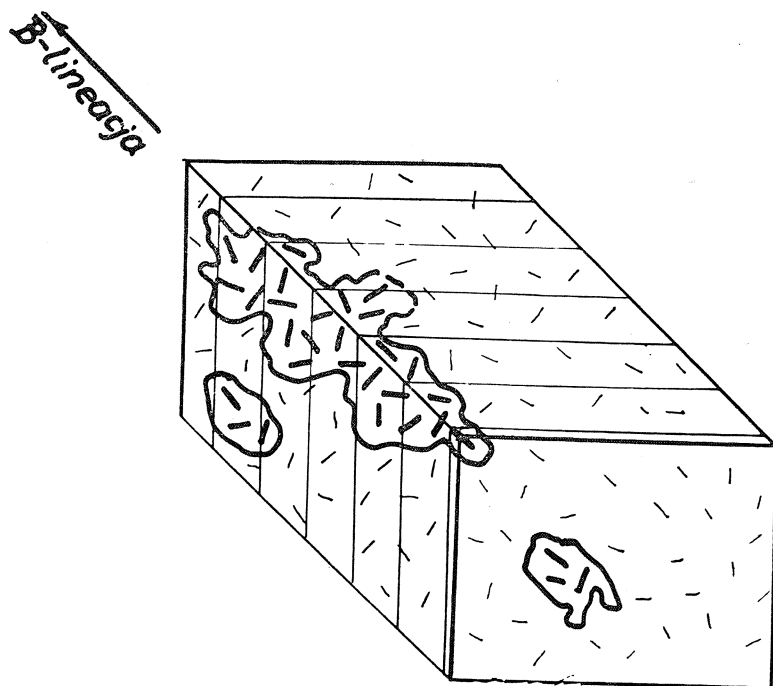
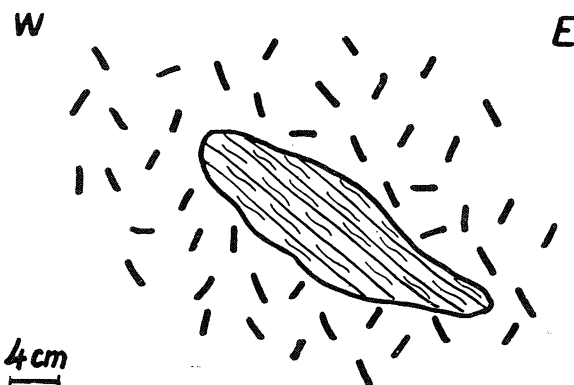


Fig. 6. Lineacja wyznaczona przez najdłuższą oś ciał powstałych przez postkinematyczną rekrytalizację granitu rumburskiego kosztem granitognejsów (neoenklawa). Wyrobisko „Wieża” obok Gryfowa Śl. Stan z dnia 20—25. VIII. 69

Fig. 6. Lineation marked by longest axes of rock bodies formed by postkinematic recrystallization of the Rumburg granite to the expense of gneissic-granites (neoenclave). Quarry „Wieża” near Gryfów Śląski

Fig. 7. Wydłużenie enklawy gnejsu w granicie rumburskim zgodne z B-lineacją. Jest to równocześnie przykład na B-lineację nałożoną (por. str. 545). Fragment odsłonięcia na górze Stanek

Fig. 7. Elongation of gneiss enclave in the Rumburg granite concordant with B-lineation. This structure provides also an example of superposed B-lineation. A fragment of the exposure on Mt. Stanek



Podział B-lineacji ze względu na materiał

Przed bliższym rozpatrzeniem powyższego podziału konieczne jest sprecyzowanie wchodzących tu pojęć podstawowych. Lineacja składa się z elementów liniowych. Pod tym pojęciem rozumieją autorzy pojedyncze lepiej lub gorzej od tła odgraniczone formy, wyraźnie wydłużone, zbudowane z pojedynczych minerałów i ich agregatów. Elementy te mogą być proste, jeśli są zbudowane z ziarn (ziarna) jednego minerału lub złożone z ziarn różnych minerałów. Lineacja jest więc zespołem elementów liniowych, jednakowo zorientowanych przestrzennie, występujących najczęściej obok siebie. Za element liniowy musimy też uznać krawędzie (β) powstałe przez przecięcie różnego typu powierzchni S. Szereg takich krawędzi zgodnych z koordynatą b należy uznać za B-lineację.

Niekiedy spotyka się lineację wyznaczoną przez najdłuższe osie równoległe zorientowane większych elementów skalnych. Mogą one mieć we-

wnętrzną B-lineację. Zjawisk tych i systematyki tego rodzaju B-lineacji nie rozpatrujemy w tym miejscu gdyż wchodzi one w zakres t.zw. lineacji złożonej i nałożonej, o której będzie mowa później.

Podział B-lineacji ze względu na materiał przedstawia schemat fig. 8.

Niektóre terminy zaproponowane w pracy wymagają wyjaśnienia. Budinaż (bd) można rozpatrywać z jednej strony jako liniowy element skalny, którego osie podłużne są generalnie równoległe do siebie i do lineacji w osłonie rdzenia budinażu, tj. rynien i żeber a także rdzenia budinażu. Wyjaśnienie genezy budinażu nie jest w przedstawionej pracy konieczne.

Podział B-lineacji ze względu na materiał

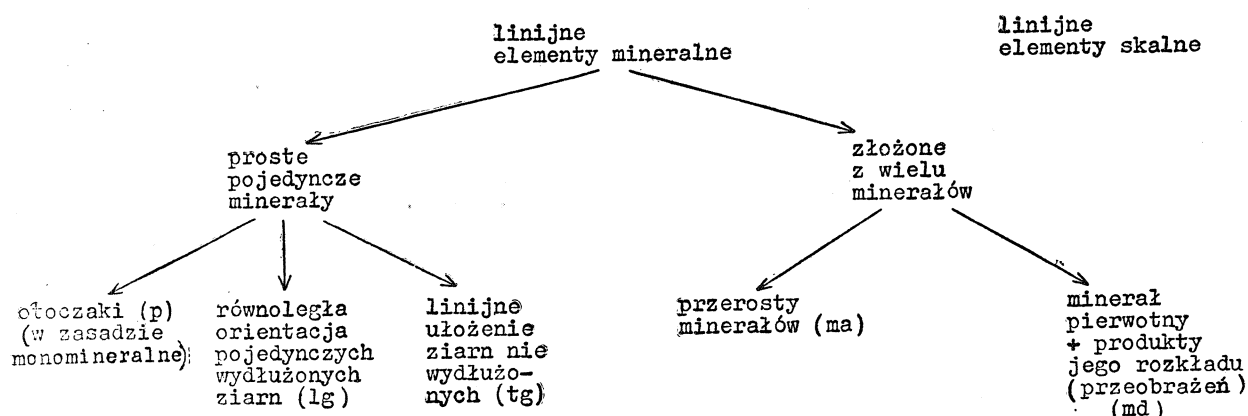


Fig. 8

Niektóre minerały tworzące ziarna izometryczne nie mające najdłuższych osi nie mogą być traktowane jako elementy liniowe np. granat. Jedynie wrostki wyznaczające struktury helicytowe są w ich obrębie ułożone liniowo. Nie mają one więc znaczenia przy badaniach mezoskopowych. Niekiedy jednak ziarna takich minerałów układają się w szeregach równoległych do innych typów B-lineacji. Niektóre minerały wyznaczające B-lineację przy wtórnych przeobrażeniach (hydrotermalnych, wietrzenie, diaforeza) ulegają rozkładowi pełnemu lub częściowemu. W tym ostatnim przypadku lineacja (ma) jest wyznaczona nie przez jeden minerał, lecz przez taki ich zespół, który nie zasługuje na miano przerostów. Przykładem mogą być piroksen, hornblenda, biotyt, skaleń i inne oraz odpowiednie produkty ich wtórnych przeobrażeń.

W ramach omawianego podziału należy uwzględnić lineację wyznaczoną przez najdłuższe osie neoenklaw, czyli enklaw rekrytalizacyjnych, o czym była już mowa.

Rekrytalizacji podeformacyjnej podlegają nie tylko gnejsy, ale i inne skały np. wapienie. Dotychczas jednak nie zajmowano się orientacją przestrzenną ciał rekrytalizacyjnych powstałych w tych skałach.

Z drugiej strony mezoskopowe relikty skał ulegających rekrytalizacji mają zazwyczaj najdłuższe osie ustawione zgodnie z B-lineacją skał określonego terenu. Autorzy oznaczyli ją symbolem *el* (J. Oberc, J. Kotoski 1969 str. 16). Najdłuższe osie enklaw zachowują jednolitą orientację nawet w tych przypadkach, gdy relikty te są pozostałością pierwszego z dwóch etapów rekrytalizacji statycznej w obrębie grubiej ziarnistych produktów młodszego etapu rekrytalizacji statycznej.

Podział B-lineacji w zależności od jej związku geometrycznego z powierzchniami foliacji (fig. 9)

Najczęściej B-lineacja jest sprzężona z powierzchniami foliacji. Sprzężenie to ma różny charakter. Spora grupa lineacji wyznaczona jest po prostu przez mechaniczną deformację powierzchni foliacji (zmarszczkowanie — *cr*, osie fałdów — *f*, wygięcia osłony rdzenia budinażu i podobnych).

Podział B-lineacji w zależności od jej związku geometrycznego z powierzchniami foliacji

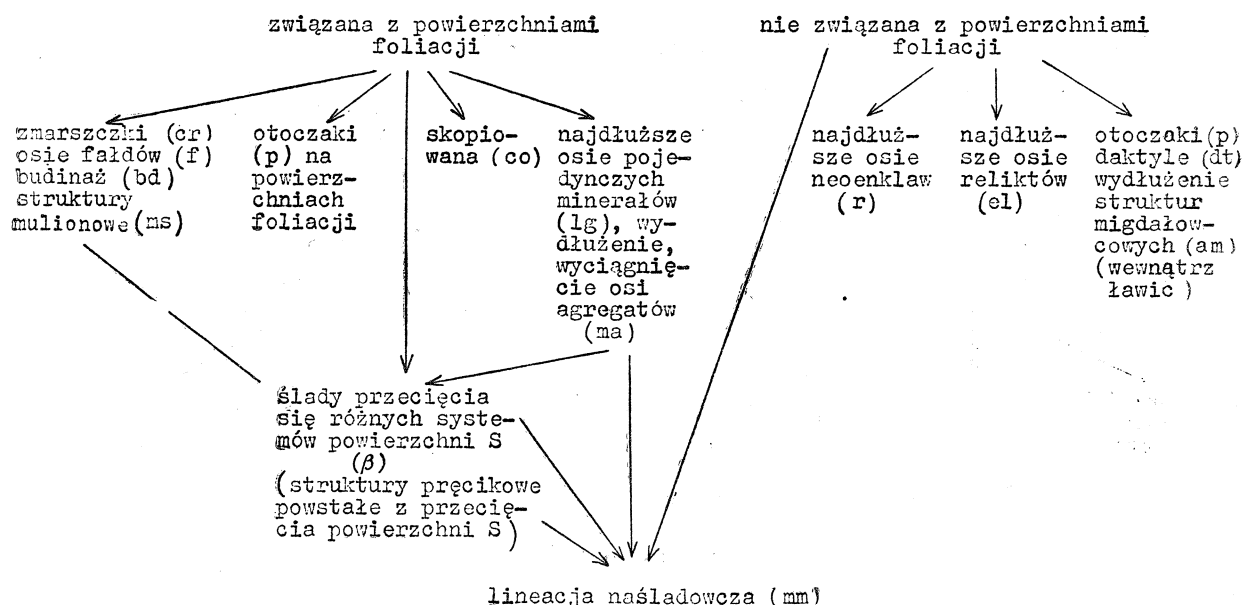


Fig. 9

Najczęściej w skałach metamorficznych spotykana jest lineacja rekrytalizacyjna, rozwinięta na powierzchniach foliacji i reprezentowana przez określone minerały lub ich agregaty. Inne typy lineacji omawianej grupy powstają przez przecięcie powierzchni dwóch lub większej ilości powierzchni *S*. W tym określonym przypadku może dojść do powstania struktur pręcikowych (ołówkowych) często typu rekrytalizacyjnego (parakinematycznie).

Wprawdzie powierzchnie foliacji w skałach o lineacji pręcikowej, np. w gnejsach, nie są widoczne, niemniej jednak kombinacjom różnym powierzchni foliacji zawdzięczają one swą budowę.

Ciekawy typ lineacji stwierdzono w granodiorycie zawidowskim w Zawidowie. Granodioryt ma tu cechy skały metamorficznej. W jego obrębie występują enklawy mezoskopowe łupków krystalicznych o wyraźnym niekiedy zmarszczkowaniu. Na powierzchni odgraniczającej mezoskopowo bezkierunkowy granodioryt od łupka o wyraźnym zmarszczkowaniu wykształciła się lineacja, która stanowi odbicie (kopię) zmarszczek na powierzchni granodiorytu (fig. 10). Jest to lineacja skopiowana (*co*).

Mniejsza i trudniej w terenie dostrzegalna grupa B-lineacji nie jest związana z powierzchniami foliacji. Należą tu najdłuższe osie neoenklaw (*r*) bądź najdłuższe osie określonego typu reliktów (*el*), o czym była już mowa.

Najdłuższe osie otoczek (*p*) w zlepionych wewnątrz ławic należą do omawianej grupy podobnie jak „daktyle” (*dt*) opisane po raz pierwszy

przez F.K. Dreschera (1932) i K. Chmurę (1967) z tzw. kwarcytów daktylowych z Krzywiny określonych później jako tektonity zlepieńcopodobne (J. Oberc 1966 b). Podobnie wewnątrz ławic metamigdałowców poszczególne „migdały” mają najdłuższe osie (am) zorientowane jednakowo i zgodnie z osią b układu koordynacyjnego.

Część otoczków w metakonglomeratach na powierzchniach ławic, zwłaszcza dolnych, należy do pierwszej grupy omawianego zespołu lineacji (tzn. związanych z powierzchniami foliacji).

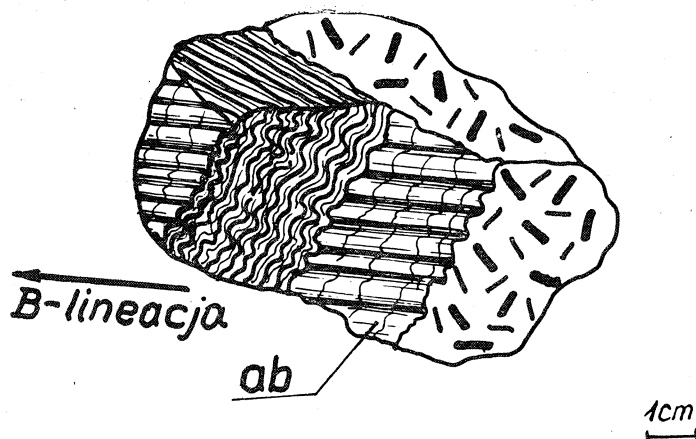


Fig. 10. B-lineacja skopiowana na powierzchni granodiorytu zawidowskiego w Zawidowie, oddzielającej granodioryt od enklawy łupka o wyraźnym zmarszczkowaniu
Fig. 10 B-lineation copied on the surface of the Zawidów granodiorite separating the granodiorite from a schist enclave with distinct crenulation

Lineacja naśladowcza związana zawsze z rekrytalizacją jest bardzo zróżnicowana pod względem geometrycznym. Jej stanowisko systematyczne przedstawione jest na załączonym schemacie (fig. 9).

Podział B-lineacji z przecięcia się różnych powierzchni S

Spośród wielu krawędzi powstałych z przecięcia się różnych powierzchni w obrębie rozmaitych typów skał za B-lineację uznaje się przecięcie powierzchni S w szczególności:

1. pierwotnej foliacji (powierzchni ab w skałach osadowych),
 2. foliacji (powierzchnie ab) w skałach metamorficznych, które mogą być równoległe lub skośne do powierzchni sedimentacyjnych,
- z powierzchniami:
1. bc
 2. ścinającymi, w których krawędzie powstałe z przecięcia są równoległe do b -koordynaty struktury.

B-lineacja z przecięcia się różnych systemów powierzchni S (β)

przecięcie
powierzchni
 ab i bc

przecięcie
dwóch syste-
mów powier-
zchni ścina-
jących

przecięcie
powierzchni
 ab ze złupko-
waniem spę-
kaniowym

pozostałe kierunki
linijnych struktur
nie wykazujące ge-
netycznego związku
ze zjawiskami
dysjunktywnymi

Fig. 11

Mogą tu też należeć krawędzie z przecięcia dwóch lub więcej powierzchni ścinających zgodnie z koordynatą *b*. Zjawisko takie obserwujemy np. w nieczynnym wyrobisku w Wieściszowicach.

Schemat wzajemnych stosunków między tak powstałymi B-lineacjami przedstawia (fig. 11). Do B-lineacji należą różne kombinacje wymienionych wyżej wariantów.

Genetyczny podział B-lineacji

W genetycznym podziale B-lineacji tektonicznej muszą znaleźć się wszystkie znane dotychczas typy B-lineacji. W niżej podanym schemacie (fig. 12) jedynie pojęcia nadrzędne B-lineacji mają cechy genetyczne. Dalszy podział bardziej szczegółowy nie jest na tym miejscu niezbędny, ponieważ znajduje się na innych stronach pracy.

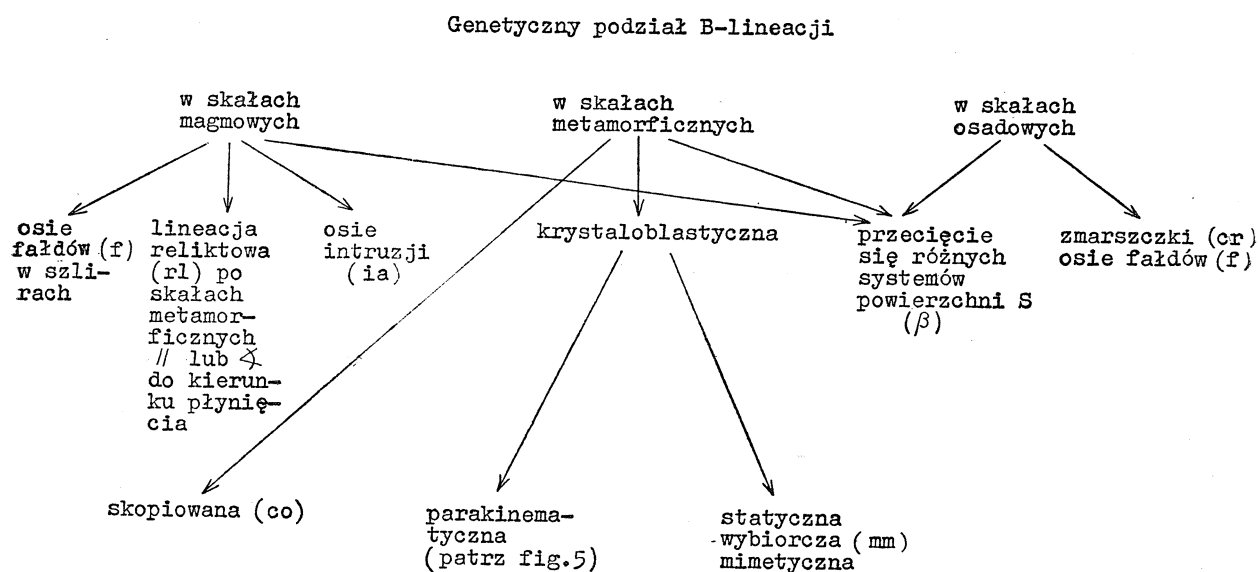


Fig. 12

Ze względu na specyficzny charakter tektoniczny zostały uwypuklone typy lineacji w obrębie skał magmowych, osadowych i metamorficznych. Dla lepszego zrozumienia sensu odnośnego podziału konieczne są dodatkowe uwagi.

Szliry przy poziomym ruchu magmy mogą ulec wtórnemu pofałdowaniu. Zafałdowanie takie należy odróżnić od fałdów w nie przetopionych dostatecznie skałach metamorficznych podlegających anateksis. Niektóre granity uważane za magmowe np. masywu Strzegom — Sobótka mają lineację ziarna zorientowaną analogicznie jak w skałach osłony metamorficznej (metamorfik Imbramowic) ustawione skośnie do osi intruzji. Lineacja ta nie ma nic wspólnego z kierunkiem płynięcia magmy, który musimy uznać za prostopadły do osi intruzji. J. Oberc (1966 c str. 528) uznaje tę lineację za reliktową (rl) po skałach metamorficznych.

Lineacja mimetyczna (mm) jest zawsze związana z warunkami statycznymi i dlatego została oddzielona od również krystaloblastycznej lineacji parakinematycznej.

Większość lineacji w skałach osadowych nie wymaga dalszych wyjaśnień.

Oś *b* w diapirach przy przyjęciu osi *a* jako w przybliżeniu pionowej leży na powierzchniach warstw i przedstawia ślady przecięcia powierzchni wyciśniętych ku górze warstw z powierzchnią poziomą. Tak teoretycznie powinna też być ustawiona B-lineacja w diapirach.

O lineacji skopiowanej była już mowa wyżej.

Mono-B-lineacja (*mBl*), poli-B-lineacja (*pBl*) (złożona) i B-lineacja (*sBl*) nałożona (fig. 13)

W zależności od historii tektonicznej badanej serii skalnej różne rodzaje B-lineacji mogą tworzyć się w czasie jednego aktu deformacji bądź też w kilku następujących po sobie fazach.

Mono-B-lineacja (*mBl*), poli-B-lineacja [*pBl*] złożona, B-lineacja nałożona (*sBl*)

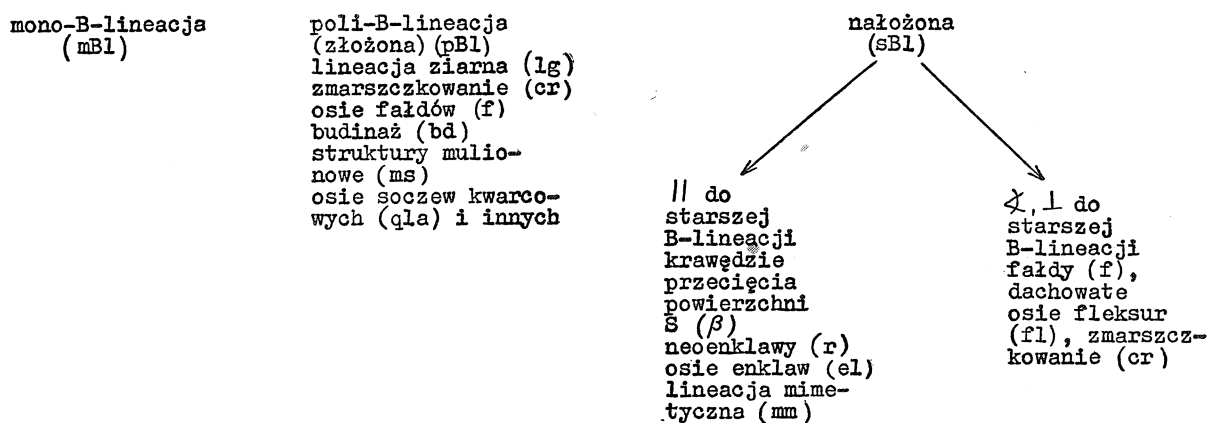


Fig. 13

Pod pojęciem mono-B-lineacji (*mBl*) należy rozumieć lineację jednego typu, więc niewątpliwie powstałą w czasie jednej fazy deformacji. Zaznacza się ona przede wszystkim w skałach osadowych w formie zmarszczkowania, a także fałdów mezo- i makroskopowych. Do fałdów zaliczamy tu również fleksury.

Poli-B-lineacja (*pBl*) spotykana jest najczęściej w skałach metamorficznych. Pod pojęciem tym należy rozumieć kilka typów B-lineacji w obrębie jednej warstwy lub ławicy powstałych w jednej fazie deformacji, równolegle przestrzennie zorientowanych względem siebie (fig. 14).

Kombinacje tych lineacji mogą być bardzo różne i nie ma potrzeby analizować ich bliżej.

W rachubę wchodzi tu: wszelkiego typu lineacje ziarna (*lg*), zmarszczkowanie (*cr*), osie fałdów (*f*) mikro- mezo- i makroskopowych, budinaż (*bd*), struktury mulinowe (*ms*), linijnie wyciągnięte otoczaki (*p*) w meta-konglomeratach, wreszcie najdłuższe osie soczew (pokładowych sekrecyjnych żył kwarcowych — *qla*) i inne.

Zagadnienie krzyżowania się równowiekowych lineacji stanowi oddzielny problem.

B-lineacja nałożona (*sBl*) przedstawia zespół lineacji w obrębie warstwy lub ławicy określonej skały, powstały w dwu lub większej ilości etapów ewolucji. Rozróżniamy tutaj dwa przypadki orientacji względem siebie różnowiekowych lineacji. Różnowiekowe lineacje mogą być równoległe do siebie, przez co spełniony jest warunek nałożenia. Należą tu B-li-

neacje z przecięcia różnych powierzchni S , które tworzą się w strefach płytszych niż poprzedzająca je rekrytalizacja. Z kolei wymienimy najdłuższe osie neoenkław, najdłuższe osie enkław w obrębie skał zrekrystalizowanych postdeformacyjnie, wreszcie najdłuższe osie porfiroblastów postdeformacyjnych.

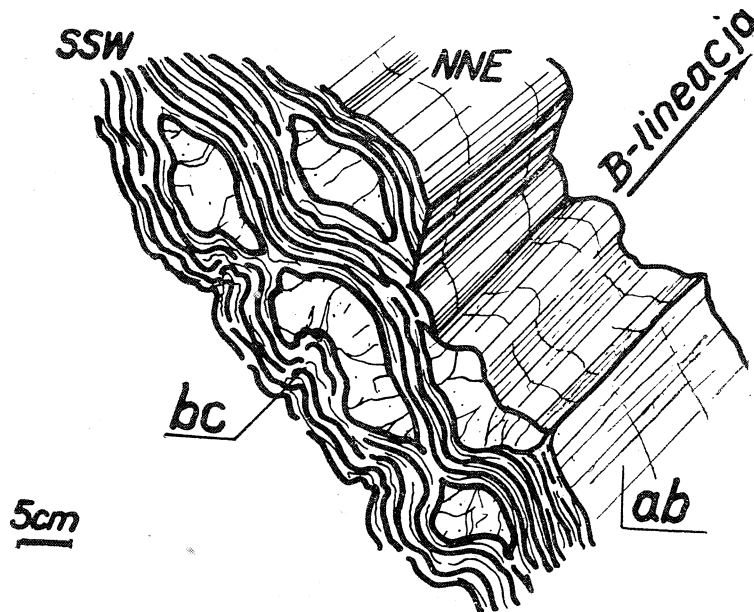


Fig. 14. Poli-B-lineacja (złożona). Lineacje wyznaczają tutaj: osie fałdów mezoskopowych, lineacja ziarna na powierzchniach ab łupków łyszczykowych oraz osie soczew sekrecyjnego kwarcu. Fragment odsłonięcia łupków łyszczykowych proterozoiku w dolinie Kwisy w okolicy Złotników Lubańskich

Fig. 14. Poli-B-lineation (Composite lineation), marked by axes of mesoscopic folds, grain lineation on ab surfaces of schists and axes of lenses of secretional quartz. A fragment of the exposure of Proterozoic mica schists in the Kwisa river valley near Złotniki Lubańskie

Wymienione ostatnio typy lineacji nałożonych odnosimy oczywiście do B-lineacji w obrębie enkław lub w obrębie tła, w którym one tkwią. Badania lineacji nałożonej (sBl) zostały już zapoczątkowane w krystaliniku izerskim J. Oberc, J. Kotowski (1969), J. Kotowski (1968). Najpospolitszą lineację nałożoną stanowią osie fałdów (f) nałożonych. Lineacja tego typu została zanalizowana w pracy J. Oberca 1967 a.

Lineacja nałożona ustawiona skośnie a nawet prostopadle do lineacji starszej jest reprezentowana przez fałdy często o dachowatych przegubach synklinalnych (sa) i antyklinalnych (aa) łącznie z fleksurami (fl) oraz przez zmarszczkowanie (cr).

*Instytut Geologii Uniwersytetu Wrocławskiego
Zakład Geologii Fizycznej*

*Instytut Geotechniki Politechniki Wrocławskiej
Zakład Geologii Inżynierskiej i Hydrogeologii*

WYKAZ LITERATURY

REFERENCES

- Ażgirej G.R. — Ажгирей Г.Р. (1966), Структурная геология. Издатель. Московского Университета, Москва.
- Billings M.P. (1965), Structural Geology (wydanie drugie) *Englewood Cliffs, N. J. Prentice — Hall, INC.*
- Chmura K. (1967), Rozwój litologiczny jęglowskiej serii kwarcytowej. *Rocz. Pol. Tow. Geol.*, 37, 3, p. 301—340, Kraków.
- Cloos E. (1946), Lineation a critical review and annotated bibliography. *Geol. Society of America. Memoir* 18.
- De Sitter L.U. (1964), Structural geology (wydanie drugie) *Mc Graw-Hill Book Company. New York, San Francisco, Toronto, Londyn.*
- Drescher F.K. (1932), Über Kurzgefügeregelung im Dattelquarzit von Krummendorf (Schlesien) (Beispiel eines monomikten, inhomogengeregelten, heteroachsen Quarz—B—Tektonits mit partieller Rekristallisation). *Min. Petr. Mitt. Leipzig.*
- Dumicz M. (1960), Obserwacje drobnych struktur tektonicznych w południowej części metamorfiku Gór Bystrzyckich. *Acta geol. pol.*, 10, 1, p. 49—70, Warszawa.
- Dumicz M. (1964), Budowa geologiczna krystaliniku Gór Bystrzyckich. *Geol. Sudetica*, 1, p. 169—208, Warszawa.
- Dziedzicowa H. (1966), Seria łupków krystalicznych na wschód od strefy Niemczy w świetle nowych badań. Z geologii Ziemi Zachodnich, p. 101—128, Wrocław.
- Eliseew N.A. — Елисеев Н.А. (1967), Основы структурной петрологии. Издатель. „Наука”, Ленинград.
- Gierwielaniec J. (1968), Łądek Zdrój i jego wody mineralne. *Kwart. geol.*, 12, 3, p. 680—692, Warszawa.
- Grocholski W. (1964), Spostrzeżenia geologiczne w okolicy Kamionkowa w Górach Sowich. *Geol. Sudetica*, 1, p. 209—220, Warszawa.
- Grocholski W. (1966), Niektóre nowe wyniki badań geologicznych w Górach Sowich. Z geologii Ziemi Zachodnich, p. 85—100, Wrocław.
- Grocholski W. (1967), Tektonika Gór Sowich. *Geol. Sudetica*, 3, 181—284, Warszawa.
- Hills E.S. — Хиллс Е.Ш. (1967), Элементы структурной геологии. Москва (tłum. z ang.).
- Kotowski J. (1967), Seria suprakrustalna oraz gnejsy i granity w okolicy zapory złotnickiej na Kwisie. Granit rumburski i jego stosunek do gnejsów w Barcinku. Przew. XL Zjazdu PTG — Zgorzelec, Warszawa.
- Kotowski J. (1968a), Stanowisko tektoniczne żył kwarcowych o przebiegu NW-SE w okolicy Barcinka na Pogórzu Izerskim. *Kwart. geol.*, 12, 1, p. 65—77, Warszawa.
- Kotowski J. (1968b), Geologia krystaliniku izerskiego okolicy Gryfowa Śląskiego (praca w druku).
- Kotowski J. (1969), Orientacja mezoskopowych struktur liniowych w odniesieniu do kierunku eksploatacji złoża. *Górn. Odkryw.*, *Rocz.* 11, 2, p. 91—94, Wrocław.
- Máška M. (1954), K tektonické analýze krystalinika. Nakladatelství Československé Akademie Věd, Praha.
- Moorhouse W.W. (1959), The Study of Rocks in thin section Harper Brothers, New York.
- Oberc J. (1961), An outline of the geology of the Karkonosze—Izera Block. *Z. Nauk U. Wr.*, *Seria B*, nr 8, p. 139—170, Wrocław.
- Oberc J. (1965), Stanowisko tektoniczne granitu Karkonoszy. *Biul. Inst. Geol.*, 191, 12, p. 69—198, Warszawa.

- Oberc J. (1966 a), Górotwór staroassyntyjski na Dolnym Śląsku. Z geologii Ziemi Zachodnich, p. 57—83, Wrocław.
- Oberc J. (1966 b), Geologia krystaliniku Wzgórz Strzebińskich. *Studia geol. pol.*, 20, Warszawa.
- Oberc J. (1966 c), Tektonika granitu w Strzeblowie. Z geologii Ziemi Zachodnich, p. 528—529, Wrocław.
- Oberc J. (1967 a), Rozrzut B-lineacji w krystaliniku izerskim. *Rocz. Pol. Tow. Geol.*, 37, 3, p. 373—386, Kraków.
- Oberc J. (1967 b), Fleksura brzeżna Sudetów i stanowisko tektoniczne krystaliniku Gór Rychlebskich. *Časopis pro mineralogii a geologii*. Ročník 12, Číslo 1, p. 1—12, Praha.
- Oberc J. (1967 c), Tektonika łupków łyszczykowych w kamieniołomie w Krobicy. *Prz. geol.*, 5, p. 234—235, Warszawa.
- Oberc J. (1967 d), Budowa tektoniczna terenów XL Zjazdu Polskiego Towarzystwa Geologicznego (w Zgorzelcu). *Prz. geol.*, 6, p. 253—261, Warszawa.
- Oberc J., Kotowski J. (1969), Orientacja mezoskopowych enklaw autochtonicznych i struktury szkieletowe w granicie rumburskim. *Inst. Geol., Biul.* 230, 18, p. 5—166, Warszawa.
- Oberc-Dziedzic T. (1966), Kontakt krystaliniku izerskiego z paleozoikiem kaczawskim w okolicy Lubomierza. Z geologii Ziemi Zachodnich, p. 139—167, Wrocław.
- Štelcl J., Beneš K., Pták J. (1967, 1968) Uvod do studia drobné tektoniky a petrotektoniky. I-Zakladni pojmy nauky o vnitřni stavbě (sestavení) geologických těles: 8. II-Metody a jejich aplikace, 9. Brno Folia, Facultatis scientiarum naturalium Universitatis Purkynianae Brunensis.
- Szałamacha M., Szałamacha J. (1964), Problem północnego kontaktu łupków łyszczykowych Pasma Kamienickiego z gnejsami izerskimi. *Prz. geol.*, 7/8, p. 329—331, Warszawa.
- Szałamacha J., Szałamacha M. (1966), O strefie dyslokacyjnej Rozdroża Izerskiego w Górach Izerskich. *Kwart. geol.*, 10, 3, p. 666—689, 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. (1957), Budowa geologiczna okolic Międzygórza. *Przew. XXX Zjazdu PTG*, p. 54—72, Wrocław.
- Teisseyre H. (1964), Uwagi o ewolucji strukturalnej Sudetów. *Acta geol. pol.*, 14, 4, p. 459—499, Warszawa.
- Teisseyre H. (1967), Najważniejsze zagadnienia geologii podstawowej w Górach Kaczawskich. *Przew. XL Zjazdu PTG, Zgorzelec*, p. 11—30, Warszawa.
- Teisseyre J. (1968), Serie metamorficzne Sudetów. Uwagi o stratygrafii, następstwie i wieku deformacji oraz metodach badawczych. *Geol. Sudetica*, 4, p. 7—38, Warszawa.
- Teisseyre J. H. (1968), Budowa geologiczna wschodniej części okrywy granitu Karkonoszy w okolicach Miedzianki (Sudety Zachodnie). *Geol. Sudetica*, 4, p. 481—556, Warszawa.
- Turner F. J., Weiss L. E. (1963), Structural Analysis of Metamorphic Tectonites. *McGraw-Hill, Book Company, LNC, New York, San Francisco, Toronto, Londyn*.
- Wojciechowska I. (1966), Budowa geologiczna metamorfiku dorzecza Ścinawki Kłodzkiej. *Geol. Sudetica*, 2, p. 261—296, Warszawa.
- Wójcik L. (1968), The Strzelin granitoid massif and its cover. *Biul. Inst. Geol.*, 227, 17, p. 121—147, Warszawa.

SUMMARY

No comprehensive classification of B-lineation has been presented hitherto in the geological literature (see references). The present authors propose the first classification of the B-lineation, based upon their observations in the Sudetes Mts. This classification takes into account the following features: geometric form (Fig. 1), size, time-relation to movement (Fig. 5) material (Fig. 8), geometric relation to foliation surfaces (Fig. 9), intersection of various *S*-surfaces (Fig. 11) and origin (Fig. 12).

Classification of B-lineation based upon geometric form

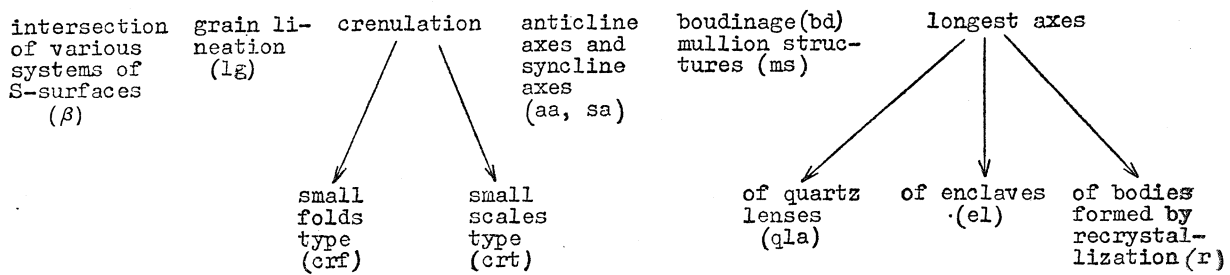


Fig. 1

Classification of B-lineation based upon time-relation to movement

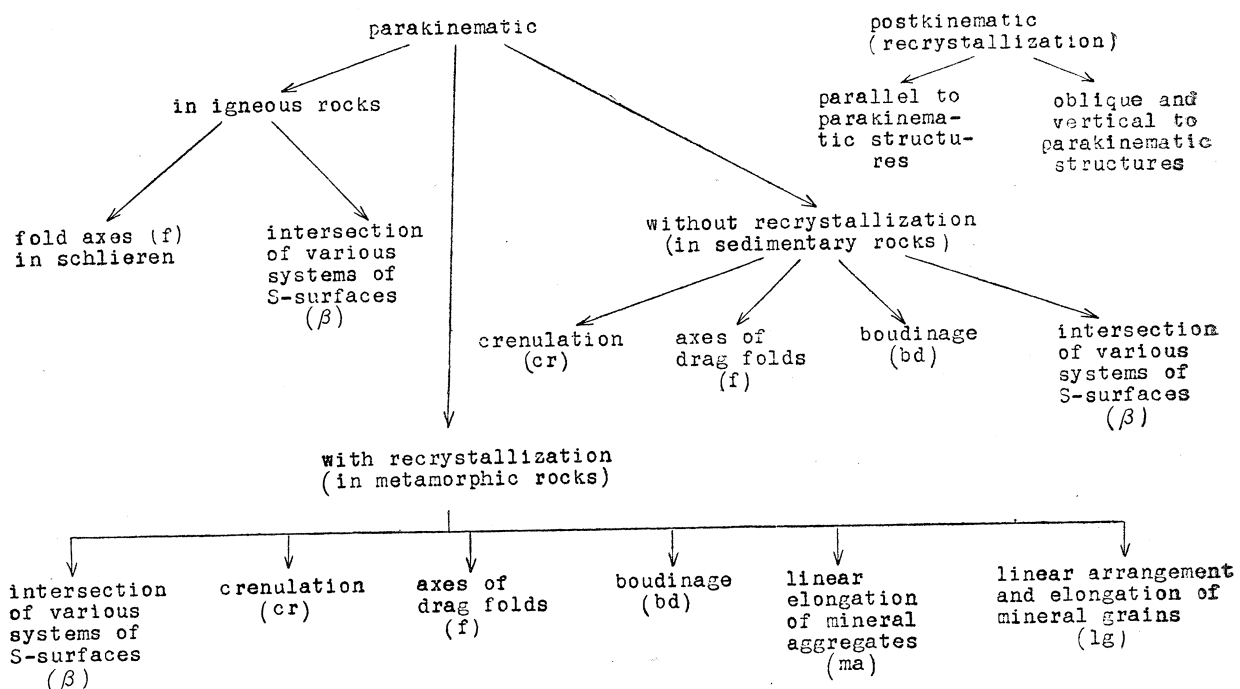


Fig. 5

The classification distinguishes furthermore: mono-B-lineation, poly-B-lineation (composite), and superimposed B lineation (Fig. 13).

A detailed explanation of some new proposed terms is given below. Various types of lineations are designated by symbols shown on schematic diagrams. The symbols are derived from English terminology. They can be useful for detailed descriptions of tectonic phenomena.

Classification of B-lineation based upon material

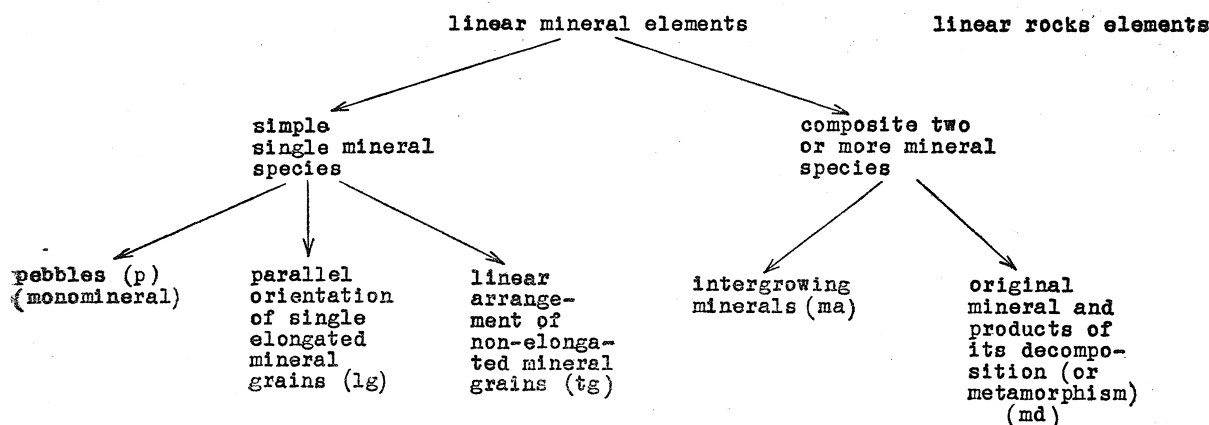


Fig. 8

Classification of B-lineation based upon its geometric relation to foliation surfaces

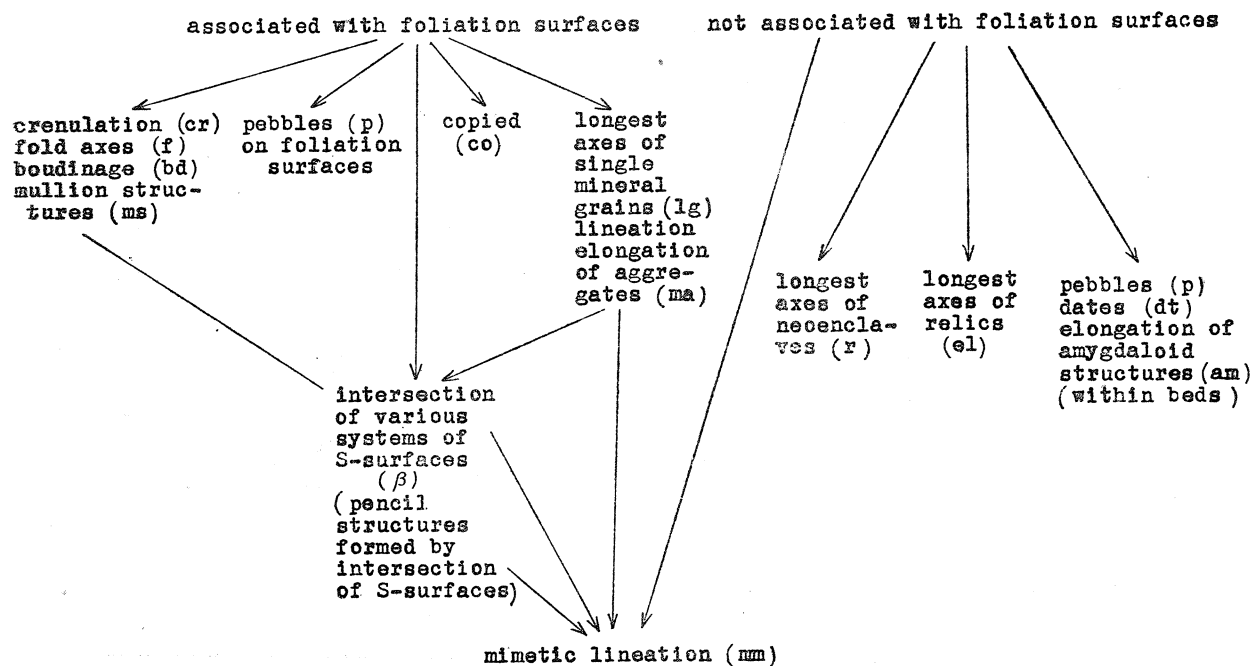


Fig. 9

B-lineation formed by intersection of various systems of S-surfaces (β)

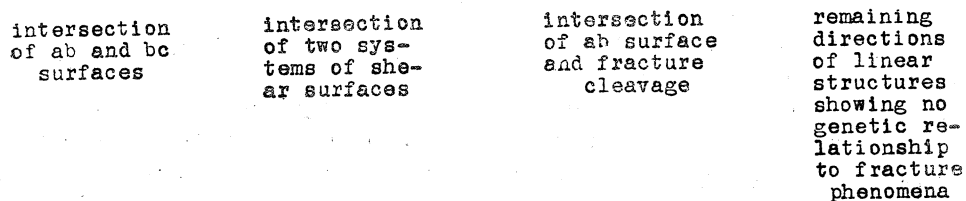


Fig. 11

Post-deformational elongated rock bodies (neo-enclaves, or recrystallization enclaves) with long axes (r) concordant with the direction of the background, are produced by recrystallization in rocks forming in para-kinematic conditions. J. Oberc and J. Kotowski (1969, p. 124) interpreted such bodies of the Rumburg granite within the Iżera Mts gneisses, as formed by recrystallization which was most active along B-lineation of older tectonites (Fig. 6). Relics of older tectonites within the recrystallized rock bodies are elongated according to B-lineation (Fig. 7 Polish text) and their internal structure is consistent with analogous lineation in mantle rocks of the recrystallized bodies.

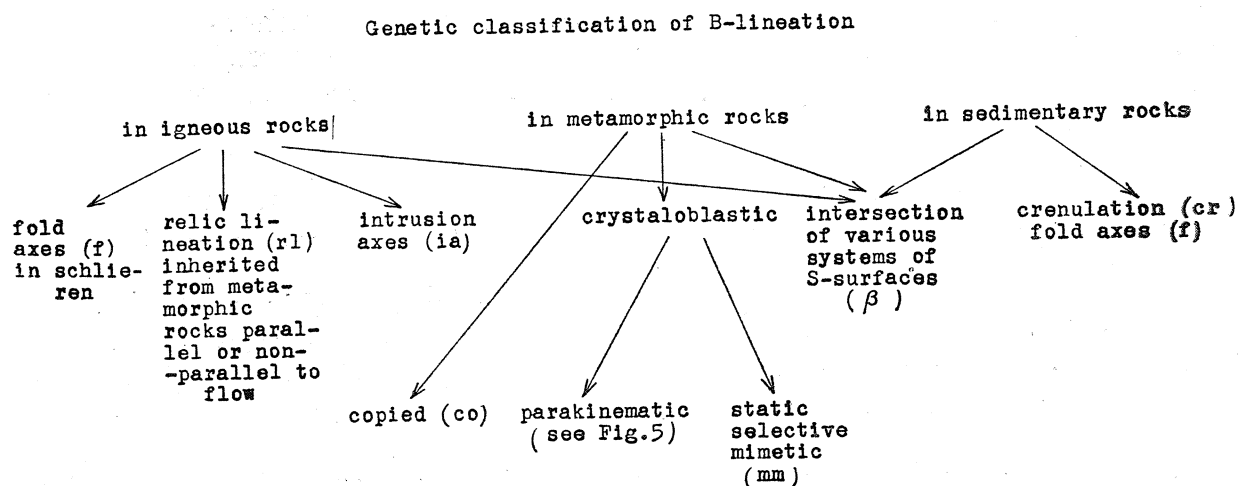


Fig. 12

Mono-B-lineation (mBl) , poli-B-lineation (pBl) (composite lineation),
superimposed B-lineation (sBl)

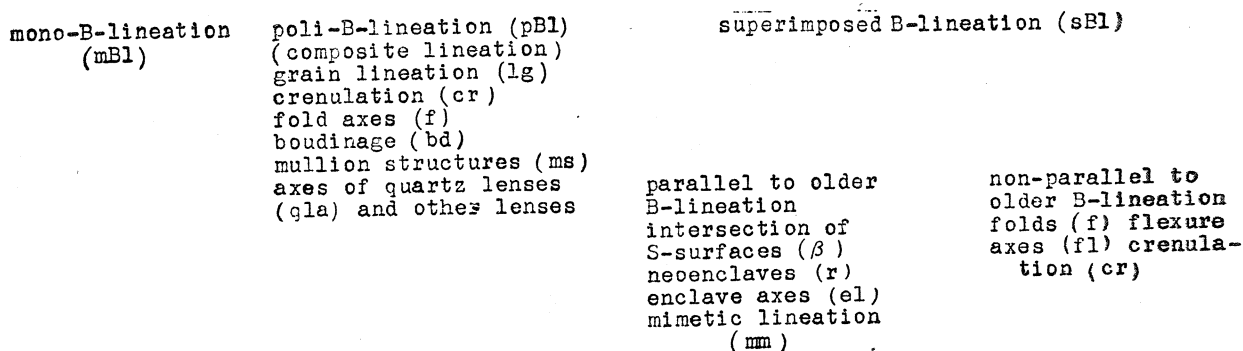


Fig. 13

The lineation consists of linear elements. The authors consider as a linear element single elongated forms, more or less distinctly delimited from the background, and consisting of single mineral grains or of mineral aggregates. The linear elements can be simple — when they consist of a grain or of grains of one mineral species, or composite — when they consist of various mineral species. Thus the lineation is set of linear elements having the same orientation in space, and occurring most

frequently side- by side. Edges (β) formed by intersection of *S*-surfaces of various types (Fig. 11) are considered as linear elements. A set of such edges concordant with the *b*-coordinate should be considered as B-lineation.

The so-called copied lineation (*co*) is a hitherto unknown type of B-lineation. It was observed in the Zawidów granodiorite at Zawidów. Mesoscopic enclaves of schists occurring in this metamorphic granodiorite display in some cases distinct crenulation on the surfaces. The surfaces separating the mesoscopically isotropic granodiorite from the schists show a lineation which is a copy of the crenulation on the surface on the schists. (Fig. 10 Polish text).

Mono-B-lineation (*mBl*) is defined by the present authors as a single-type lineation, produced during one phase of deformation. This type of lineation is present chiefly in sedimentary rocks, as crenulation and meso- and macroscopic folds.

Poli-B-lineation (*pBl* composite) is present usually in metamorphic rocks. This term designates several types of B-lineation within a bed, produced during one phase of deformation and arranged parallel (Fig. 14 Polish text).

Superimposed B-lineation (*sBl*) represents an assemblage of lineations within a bed of a definite rock type, formed during two or more phases of evolution. Two cases are possible: the lineations of different age are either parallel or oblique, and in extreme cases, even perpendicular to each other.

Other terms used in the diagrams are known generally and need no special explanations.

Institute of Geology

Wrocław University

Department of Physical Geology

Institute of Geotechnics,

Wrocław Polytechnic School

Department of Hydrogeology

and Engineering Geology