

KONFRONTACJA ZDJĘCIA SATELITARNEGO Z MAPĄ GEOLOGICZNĄ KARKONOSZY I GÓR IZERSKICH; PRÓBA INTERPRETACJI TEKTONIKI DYSJUNKTYWNEJ

The Karkonosze Mts-Góry Izerskie Mts Block – geological map versus satellite image; an attempt of interpretation of fault tectonics

Jerzy MROCZKOWSKI, Stanisław OSTAFICZUK

Instytut Nauk Geologicznych Polskiej Akademii Nauk
ul. Podwale 75, 50-449 Wrocław

Dep. of Geology, Fac. of Sci.,
University of Maiduguri, Nigeria

STRESZCZENIE. Układ sieci drenażu, przebieg żył w granitach i gnejsach oraz rozprzestrzenienie utworów czwartorzędowych na obszarze Karkonoszy i Gór Izerskich pozwalają na wyznaczenie szeregu mniej lub bardziej ciągłych linii prostych, rzadziej łuków lub kręgów. Znaczna część tych linii pokrywa się z fotolineamentami widocznymi na zdjęciu satelitarnym wykonanym z Landsata, co skłania do rozpatrywania ich jako przejawów tektoniki dysjunktywnej. Najprawdopodobniej są to głębokie uskoki, czego potwierdzeniem są występujące w ich bezpośrednim sąsiedztwie, a zwłaszcza na ich

przecięciach wulkanity trzeciorzędowe, koncentracje mineralizacji polimetalicznej, źródła zwykłe i mineralne, termy, strefy kataklazy itp. Niektóre z wyznaczonych linii przebiegają wzdłuż granic litologicznych lub rozgraniczają różne formy morfologiczne. Wśród omawianych linii tektonicznych spotyka się takie, które częściowo lub w całości odpowiadają znanym z literatury tego obszaru uskokom i strefom tektonicznym. Wyinterpretowany na podstawie zdjęć satelitarnych i mapy geologicznej system dyslokacji dysjunktywnych odegrał istotną rolę w rozwoju budowy geologicznej obszaru i jego morfologii.

Układ sieci drenażu na obszarze bloku karkonosko-izerskiego nasunął nam przypuszczenie, że głównym czynnikiem determinującym rozwój tej sieci jest tektonika uskokowa. Przebieg ważniejszych dyslokacji nieciągłych w omawianym obszarze mógł mieć również wpływ na rozmieszczenie i miąższość osadów czwartorzędowych. Powyższe zależności nie uwidaczniają się na geologicznych mapach przeglądowych (Sawicki 1965; Pożaryski 1979) lub są trudne do zauważenia (Berg 1935) bądź z powodu nieuwzględnienia na tych mapach utworów czwartorzędowych, bądź z powodu ich generalizacji, będącej zawsze z konieczności subiektywnym działaniem autora. Na szczegółowych mapach geologicznych trudno z kolei zauważyć pewne prawidłowości w układzie sieci rzecznej, w zarysie aluwii itp. ze względu na zbyt mały obszar objęty arkuszem mapy. Prawidłowości te stają się natomiast łatwe do zauważenia po zestawieniu kilku arkuszy geologicznych map szczegółowych. Punktem wyjścia naszych rozważań było zestawienie 10 arkuszy map geologicznych w skali 1 : 25 000 pokrywających obszary: polskiej części Karkonoszy, znacznej części Gór Izerskich i Rudaw Jano-

wickich, Gór Sokolich, Kotliny Jeleniogórskiej i niewielkiego fragmentu Gór Kaczawskich (fig. 1). Na podstawie wspomnianych wyżej map wykonaliśmy zgeneralizowaną i zmniejszoną mapę geologiczną (fig. 2), starając się na niej zachować bez większych zmian zasięg występowania utworów czwartorzędowych, a zwłaszcza aluwii i, o ile pozwalała na to zmniejszona skala, przebieg żył i uskoków. Analiza wykonanej mapy nasunęła nam następujące spostrzeżenia:

1) Szereg dolin rzek, potoków i strumieni wykazuje na stosunkowo długich odcinkach zdecydowanie prostoliniowy przebieg, jak np. dolina Kwisy, Małej Kamiennej, Kamiennej, Wrzosówki;

2) W przedłużeniu prostoliniowo płynącego potoku lub rzeki czy jej odcinka obserwuje się często inny ciek, czasem należący do odrębnego dorzecza, przy czym aluwia tych potoków i rzek mogą się łączyć ze sobą dając prostoliniowe ciągi, jak to jest np. w przypadku potoku Czerwień spływającego z głównego grzbietu Karkonoszy i rzeki Kamiennej czy małych dopływów Kamiennej i Łomnicy w rejonie Cieplice-Stanisławów;

3) Przedłużeniem prostoliniowego odcinka do-

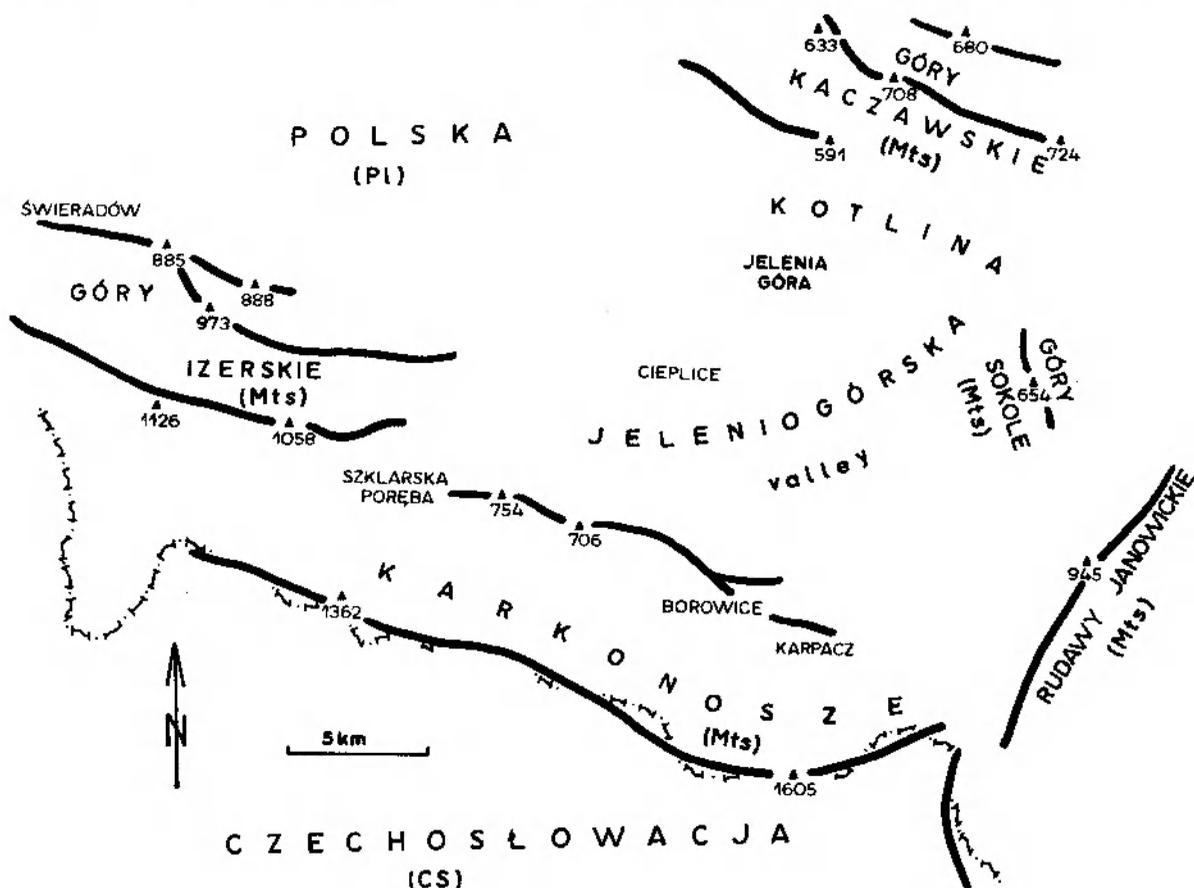


Fig. 1. Szkic sytuacyjny regionu karkonosko-izerskiego
Sketch map of the Karkonosze-Góry Izerskie Mts region (Western Sudetes)

liny bywa czasami żyła lub system żył przecinających granity i gnejsy;

4) Prostoliniowe odcinki dolin rzek i potoków, rozprzestrzenienie części utworów czwartorzędu i przebieg części żył przecinających granity lub gnejsy, szczególnie w rejonie Karpacz-Cieplice, jak się wydaje, są podporządkowane jakiemś systemowi uprzywilejowanych kierunków. Wśród nich najwyraźniej rysuje się kierunek NNE-SSW, do którego stosuje się przebieg większości wykartowanych żył w granicie oraz szereg dolin potoków i rzek, jak np.: Wrzosówki, Polskiego Potoku, Czerwienia i Kamiennej. Warto tu przypomnieć, że wg Teisseyre'a (1971) dyslokacje i pęknięcia o kierunku NNE-SSW należą do głównych dysjunkcji w Sudetach Zachodnich.

Powyższe spostrzeżenia nabierają pewnego znaczenia, gdy porówna się je z wynikami analizy zdjęć satelitarnych. Na obrazie przekazanym przez satelitę Landsat a przetworzonym przez Telespazio-Itali, obejmującym m. in. Karkonosze i Góry Izerskie, zaobserwowaliśmy szereg dość wyraźnych linii o grubości od 0,5 do ok. 1 mm. Linie te zostały przeniesione na zgeneralizowaną mapę geo-

logiczną (fig. 3). Okazało się, że linie widoczne na zdjęciu satelitarnym pokrywają się w znacznym stopniu z liniami, jakie można by wykreślić na mapie na podstawie naszych spostrzeżeń odnoszących się do kierunków dolin rzek i potoków oraz zasięgu osadów czwartorzędowych i wychodni żył. Należy jednak wspomnieć, że linia o grubości 0,5-1 mm na zdjęciu satelitarnym o używanej przez nas skali 1:500 000 odpowiada w terenie strefie o szerokości od 1/4 do 1/2 km. Ze względu na to linie te, przeniesione na naszą mapę (fig. 3), znaczone są już jako strefy o pewnej szerokości. Na ile taki sposób przedstawienia tych linii odzwierciedla stan faktyczny trudno w tej chwili odpowiedzieć. Powstaje bowiem pytanie, czym są linie, czy też strefy, widoczne na zdjęciu satelitarnym, do których przebiegu dostosowały się doliny rzek i potoków, rozwój osadów czwartorzędu i żyły przecinające granity i gnejsy.

Najważniejszą spośród omawianych linii (fig. 3) jest, jak się wydaje, linia (I) o kierunku SSW-NNE, której przebieg na terytorium Polski jest następujący: od głównego grzbietu Karkonoszy w rejonie Przełęczy Karkonoskiej wzdłuż potoku Czerwień,

dalej w kierunku Cieplic, Jeleniej Góry, Jeżowa Sudeckiego i Chrośnicy. Dalej ku NE linia ta przebiega prawie że stycznie do struktury pierścieniowej Złotoryja-Swierzawa-Jawor (Mroczkowski, Ostaficzuk 1981) i następnie po przecięciu uskoku sudeckiego brzeżnego wychodzi poza obszar Sudetów, ciągle dość wyraźnie widoczna na zdjęciu satelitarnym. Pierwszy odcinek wspomnianej linii leży w obrębie granitu Karkonoszy i demonstruje się w terenie głęboką i szeroką doliną potoku Czerwień. W odległości ok. 1,5 km od grzbietu głównego Karkonoszy w zachodnim zboczu tej doliny występują 2 niewielkie nisze o średnicy kilkudziesięciu metrów zawieszane ponad dnem doliny głównej. Są to prawdopodobnie formy typu „bog cirques” (por. Dżułyński, Pękała 1980), z bijącymi wewnątrz nich dość wydajnymi źródłami. Na obydwu grzbietach oddzielających dolinę potoku Czerwień od dolin sąsiednich, w ich górnych częściach, sterczą strome skałki granitowe o wysokości średnio kilkunastu metrów, o charakterystycznych dla granitu Karkonoskiego formach (por. Dumanowski 1961; Jahn 1962; Walczak 1968). Łączą się one w ciągi, przypominając z daleka zrujnowany mur, wyciągnięty wzdłuż grzbietu równoległe do doliny, wyraźnie nawiązujący swoją orientacją do kierunku przebiegu omawianej linii. W E zboczu doliny, nieco poniżej wspomnianych poprzednio nisz młakowych (tak należałoby tłumaczyć ang. „bog cirques” według ustnej informacji Prof. S. Dżułyńskiego) w małym nieczynnym łomie widać, że granit na płaszczyznach spękań w przybliżeniu równoległych do osi doliny jest silnie rozarty, aż do utworzenia zielonych (epidotowych?) naskorupień na płaszczyznie dyslokacji. Zbocza i dno doliny pokryte są blokowiskiem, w którym spotyka się potężne głazy o kilkumetrowej średnicy. Odśloniec *in situ* jest tu bardzo niewiele, stąd trudno jest ocenić, na ile powszechne jest zjawisko miażdżenia czy rozcierania granitu w jej obrębie. Dalej ku N, po opuszczeniu stromej partii grzbietu Karkonoszy, dolina potoku Czerwień ostro zakręca ku E; rozpatrywana przez nas linia nie zmieniając kierunku biegnie wzdłuż żyły w granicie, a następnie doliną małego bezimiennego potoku, dopływu Kamiennej, aż w końcu wchodzi w łączące się ze sobą aluwia kilku rzek i potoków, już w Kotlinie Jeleniogórskiej, gdzie na dystansie kilku kilometrów zaznacza się w morfologii mniej wyraźnie. Na tym odcinku przechodzi przez Park Zdrojowy w Cieplicach, czyli dokładnie przez strefę występowania znanych cieplickich term (Mroczkowska *et al.* 1983); na N od Cieplic linia ta biegnie wzdłuż

doliny rzeki Kamiennej, a na wysokości Jeleniej Góry wchodzi w rozszerzające się wydatnie w tym miejscu czwartorzędowe osady doliny i pradoliny Bobru. Na tym ostatnim odcinku najprawdopodobniej biegnie ona po ukrytej pod wspomnianymi osadami granicy pomiędzy granitem a gnejsami. W swoim dalszym biegu ku N omawiana linia przechodzi przez SE zakończenie rowu Wlenia, zaledwie ok. 1 km od jego krańca, stanowiącego równocześnie południowo-wschodni brzeg sedymentacyjnego, górnopaleozoiczno-mezozoicznego basenu północnosudeckiego. W dalszym przebiegu tej linii na terenie Sudetów nie widać już tak oczywistego jej powiązania z elementami morfologii lub geologii, niemniej jednak widać ją bardzo wyraźnie na zdjęciu satelitarnym aż do doliny Odry, a mniej wyraźnie – dalej ku północy, przy czym po wyjściu z Sudetów odchyła się ona nieco ku wschodowi.

Analiza omawianej linii i jej powiązania na większej części przebiegu z wyraźnymi formami morfologicznymi, z geologią i ze zjawiskami hydrogeologicznymi skłaniają nas do wniosku, że linia ta jest ważną linią tektoniczną, czy może raczej strefą tektoniczną, a jej zasięg, prostoliniowość przebiegu i zakres towarzyszących zjawisk nasuwają przypuszczenie, że jest ona powierzchniowym przejawem istnienia w tym miejscu głębokiego uskoku czy też dużego lineamentu tektonicznego. Na rozpatrywanym obszarze bloku karkonosko-izerskiego omówionemu wyżej fotolineamentowi towarzyszą trzy prawie dokładnie równoległe, mniej wyraźne na zdjęciu satelitarnym fotolineamenty (fig. 3); (1) – biegnący spod Wielkiego Szyszaka (1509 m n.p.m.), ściślej od Czarnego Kotła Jagniątkowskiego, przez Jagniątków, Sobieszów i dalej ku Siedlęciniowi i Czernicy; (2) – biegnący z rejonu polodowcowych cyrków Wielkiego i Małego Stawu przez Staniszków i Dziwiszów; i (3) – od Czarnego Grzbietu biegnący pomiędzy Karpaczem a Kowarami w kierunku na Maciejową i Komarno. Wszystkie trzy wspomniane fotolineamenty można w większej lub mniejszej części wyznaczyć na podstawie przebiegu dolin rzecznych i układu żył w granicie (fig. 2). Na tejże podstawie można dodatkowo wykreślić linię tektoniczną, której nie widzieliśmy na zdjęciu satelitarnym, a towarzyszącą fotolineamentowi (2) najpierw równoległe, a następnie zbieżnie. Niewykluczone, że obydwie te linie tektoniczne, położone blisko siebie, dają w sumie efekt widoczny na zdjęciu satelitarnym jako jeden fotolineament.

Podobnie jak w opisanych wyżej przypadkach, można prześledzić koincydencję wielu innych linii

tektonicznych – wyznaczonych na podstawie przebiegu dolin rzek i strumieni, żył przecinających granity i gnejsy oraz zarysu granic utworów czwartorzędowych – z fotolineamentami widocznymi na zdjęciu satelitarnym. Odnosi się to w szczególności do ważnych, równoleżnikowo przebiegających linii tektonicznych: jednej przez Rozdroże Izerskie (4) i drugiej na S od Gierczyna, ku Starej Kamienicy i dalej przez Jelenią Górę do Radomierza (5) (por. fig. 2 i 3). Należy jednak podkreślić, że tak jak nie wszystkie linie tektoniczne wyznaczone na podstawie interpretacji elementów geomorfologicznych i przebiegu żył potrafiliśmy zidentyfikować jako fotolineamenty na zdjęciu satelitarnym, tak z kolei nie wszystkie fotolineamenty znalazły swoje odbicie w układzie sieci drenażu i innych liniowych elementów, na których oparliśmy naszą interpretację (fig. 2). Przykładem może tu być widoczny na figurze 3 lineament (6) biegnący przez Miedziankę, który trudno nam było wykreślić jako jedną ciągłą linię na podstawie zarysu sieci drenażu i przebiegu żył, jak również znaczna część ważnego i dobrze widocznego na zdjęciu satelitarnym lineamentu biegnącego spod Wielkiego Szyszaka (1) przez Jagniatków, Sobieszów, która jakoś się nie zaznacza wyraźnie w rejonie Siedlęcina-Czernicy. Ponadto, w niektórych przypadkach linie tektoniczne wyznaczone na mapie na podstawie układu sieci drenażu i innych elementów kierunkowych są jakby nieco przesunięte w stosunku do fotolineamentów wyznaczonych na podstawie zdjęcia satelitarnego, choć w zasadzie można je ze sobą identyfikować.

Pomimo tych wszystkich różnic, układy linii tektonicznych w omawianym obszarze, uzyskane zarówno dzięki interpretacji zdjęcia satelitarnego, jak też analizy sieci drenażu, układu żył i rozprzestrzenienia utworów czwartorzędowych, wydają się bardzo do siebie zbliżone i dają w sumie spójny obraz tektoniki dysjunktywnej. Ponadto, jak się okazuje, wyznaczone fotolineamenty są czasami zbieżne z granicami pomiędzy różnymi odmianami skał np. (1), (4), (6), z okruszcowaniem uranowym np. (3), (4), (6), polimetalicznym np. (5), (6), (7), z wystąpieniami wulkanitów np. (5), (7), wód mineralnych i term np. (1), (4), (5), (8), (9).

Najwyraźniejszy z obserwowanych lineamentów (1) jest, jak się wydaje, w istotny sposób związany z SE granicą tektonicznego rowu Wlenia. Te wszystkie przytoczone przykładowo powiązania zjawisk geologicznych z obecnością opisywanych przez nas fotolineamentów uważamy za swego rodzaju test ich tektonicznego znacze-

nia. Znaczenie to nie jest bowiem oczywiste w odniesieniu do każdej z wyznaczonych przez nas linii, ponieważ linie te stosunkowo rzadko pokrywają się z wykartowanymi w terenie uskokiemi. W tej sytuacji szczególnie ważne było dla nas znalezienie potwierdzenia naszych obserwacji w badaniach innych geologów, odnoszących się do przebiegu uskoku w masywie Karkonoszy i Gór Izerskich. Przykładem takiej zgodności ustaleń może być jeden z ważniejszych fotolineamentów (4), biegnący prawie równoleżnikowo przez Rozdroże Izerskie, który na znacznym odcinku jest, jak się wydaje, identyczny z uskokiem ograniczającym Rów Rozdroża Izerskiego od południa (Oberc 1975). Północne odgałęzienie tego fotolineamentu, biegnące przez Cieplice może się pokrywać z odpowiednią częścią uskoku ograniczającego Rów Izerski od północy. Fotolineament prawie równoległy do poprzednio opisanego, biegnący od Świeradowa przez Gierczyn-Starą Kamienicę-Jelenią Górę, pokrywa się niemal dokładnie z uskokiem Pasma Kamienieckiego, opisanym przez Oberca (1975), i jest być może fragmentem wielkiego lineamentu Świeradów-Przeworno (Solecki 1982) mającego być odbiciem głębokiej strefy rozłamowej (*op. cit.*). Znaczony przez nas fotolineament (7), biegnący od Złotych Jam w kierunku NE przez Rozdroże Izerskie-Starą Kamienicę-Barcinek, na odcinku od Złotych Jam do Rozdroża Izerskiego biegnie dość podobnie do nasunięcia Rozdroża Izerskiego (por. M. i J. Szalamachowie 1966; Oberc 1975). Wydaje się ponadto, że podobnie do omawianego fotolineamentu przebiega jeden z większych uskokuw znaczonych w tej części Karkonoszy i Gór Izerskich przez Klomińskiego (1969); w każdym razie azymut biegu uskoku i fotolineamentu jest taki sam. Omawiana linia tektoniczna na SW od Rozdroża Izerskiego przebiega wzdłuż potężnej żyły kwarcu, która już przez Berga (*fide* M. i J. Szalamachowie 1966) była uważana za „prastarą bliźnę tektoniczną”. M. i J. Szalamachowie (*op. cit.*) są również zdania, że: „strefa tektoniczna Rozdroża Izerskiego może być typem uskoku głębokiego, rozwiniętego na płaszczyźnie ścinania, w którym predyspozycja tektoniczna ułatwia wędrówkę roztworów i par z głębi skorupy ziemskiej”.

Wśród przeważnie prostoliniowych, wyżej wspomnianych linii tektonicznych dość nietypowo przedstawia się fotolineament łukowo przebiegający z SE ku NE przez Świeradów i Mirsk. Nie udało nam się nawiązać tego fotolineamentu do znanych dawniej dyslokacji, ale wydaje się on zbieżny z zachodnim obrysem kolistej struktury

o średnicy ok. 32 km zauważonej w Karkonoszach przez Antonowicza (1983). Nie wchodząc w dyskusję na temat struktur kolistych czy pierścieniowych i ich genezy warto wspomnieć, że ich występowanie w tym obszarze wydaje się dość prawdopodobne w świetle obserwacji Mierzejewskiego (1977), choć struktura opisana przez tego autora w rejonie Jakuszyc nie jest widoczna na zdjęciu satelitarnym; wydaje się natomiast, że fragment jakiejś kolistej struktury uwidacznia się w układzie dolin na NE od Jeleniej Góry (fig. 2), a mniejszych form tego typu można dopatrzeć się jeszcze w kilku miejscach.

W niektórych przypadkach mniejsze, opisywane w literaturze dyslokacje trudno nam było zidentyfikować z naszymi fotolineamentami (por. np.: Kotowski 1965, 1971; Mierzejewski 1966, 1973) jednakże ich ogólna charakterystyka i kierunki najczęściej spotykanych dysjunkcji wydają się być w znacznej części zgodne z uzyskanym przez nas obrazem głównych linii tektonicznych w NE i S częściach omawianego obszaru.

Przedstawiony przez Batika (1983) przebieg „fotolineaci” w Masywie Czeskim trudno precyzyjnie porównać z naszymi materiałami ze względu na bardzo małą skalę mapy, na której autor ten przedstawił wyniki swojej interpretacji zdjęć satelitarnych z satelitów Kosmos, Sojuz i Tiros. Wydaje się jednak, że przynajmniej 2 lineacje z figury 1 w pracy Batika (*op. cit.*), przechodzące z obszaru Czechosłowacji na polską część Karkonoszy pokrywają się z przebiegiem naszych linii tektonicznych (I) i (10) (por. fig. 3).

Oprócz wspomnianych wyżej przykładów potwierdzenia obecności i przebiegu wyznaczonych przez nas linii tektonicznych w pracach innych autorów, istnieją znaczne i trudne do wytłumaczenia rozbieżności przedstawionego przez nas obrazu ze znanymi i uznanymi przejawami tektoniki dysjunktywnej na obszarze Karkonoszy i Gór Izerskich. Przykładem mogą być wspomniane już w tej pracy uskoki wykartowane na szczegółowych mapach geologicznych, przeważnie nie dające się powiązać z naszymi fotolineamentami, co częściowo widać na załączonej mapie (fig. 3). Zastanawiający jednak jest dla nas fakt, że jedna z najważniejszych dyslokacji Sudetów – uskoki śródsudecki – nie znalazła wyraźnego odbicia ani w układzie sieci drenażu ani nie jest widoczna wyraźnie na zdjęciu satelitarnym. Uskok śródsudecki był wprawdzie przedmiotem dyskusji (Berg 1912; Gierwielanec 1956; Schmuck 1957; Teisseyre 1957; Oberc 1964), dotyczyła ona jednak raczej charakteru oraz znaczenia tej dyslokacji i jej

ciągłości niż jej istnienia. Według nowszych poglądów uskoki śródsudecki uważany jest za bardzo ważną dyslokację odgrywającą decydującą rolę w rozwoju tektoniki Sudetów (Oberc 1964; Don 1984), której Don przypisuje charakter głębokiego rozłamu, nawet jeżeli przyjąłbyśmy, że na badanym obszarze obserwujemy go w pobliżu „osi rotacji” (Oberc 1964). W tej sytuacji brak uwidocznienia się uskoku śródsudeckiego na zdjęciu satelitarnym jest trudny do wytłumaczenia. Warto jednakże wspomnieć, że podobną sytuację zauważyli Motyl-Rakowska i Ślącza (1984) w Karpatach, gdzie obok lineamentów pokrywających się ze znanymi strefami tektonicznymi występują znane uskoki nie dające się prześledzić na zdjęciach satelitarnych. Czynnikiem decydującym o tym, czy jakaś dyslokacja będzie widoczna na zdjęciu satelitarnym, choćby tylko częściowo, czy też nie jest jej związek z głębokim rozłamem reagującym na pulsacyjne odkształcenia globu ziemskiego (Ostaficzuk 1981).

Obserwacje nasze oparte na porównaniu sieci dyslokacji wnioskowanej z zasięgu utworów czwartorzędowych i układu sieci drenażu z fotolineamentami skłaniają nas do poglądu, że w omawianym obszarze sieć rzeczna w znacznej części jest dostosowana do istniejącego systemu dyslokacji do tego stopnia, że przebieg tych dyslokacji można dość precyzyjnie wyznaczyć na podstawie mapy fizycznej. Podobne zależności sieci drenażu od tektoniki na skalę lokalną zauważył w rejonie Jakuszyc Mierzejewski (1977), co następnie zostało praktycznie wykorzystane przy poszukiwaniu dyslokacji (*op. cit.*). Wcześniej Sekyra (1964) doszedł do wniosku, że system spękań („puklinowy system”) miał wpływ na rozwój partii grzbietowych i niektórych obniżen w Karkonoszach. Wniosek ten jest zgodny z naszymi obserwacjami, z których wynika, że nie tylko doliny rzek, lecz i inne zasadnicze rysy morfologii obszaru karkonosko-izerskiego pozostają w ścisłym związku z dyslokacjami. Przykładem może tu być linia (10) biegnąca od Złotych Jam w kierunku SEE przez Szklarską Porębę-Borowice-Karpacz, która stanowi dość wyraźną cezurę morfologiczną, odgrywającą stromą część głównego grzbietu Karkonoszy od strefy śródgórskich obniżen. Następna ku N linia o zbliżonym kierunku, stanowiąca południowe odgańlenie większego lineamentu biegnącego równoleżnikowo przez Rozdroże Izerskie, na części swego przebiegu ogranicza od S Kotlinę Jeleniogórską, której pozostałe granice w znacznej części również pokrywają się z przebiegiemznaczonych przez nas linii tektonicznych.

Wydaje się, że z dotychczas przedstawionych danych w sposób oczywisty wynika, iż wszystkie zaobserwowane i wyznaczone przez nas linie (fig. 2 i 3) są odbiciem głębokich uskoków tektonicznych (ważnych dyslokacji tektonicznych). Na obecnym etapie badań nie jesteśmy w stanie wykazać, jaka jest sekwencja, wiek i pochodzenie tych dyslokacji. Kierunek kilku spośród wyznaczonych przez nas linii tektonicznych: (I), (1), (2), (3), (6), pokrywa się z kierunkiem spękań Q w granicie Karkonoszy (por. Cloos 1925). Linie te wykraczają jednak bez zmiany kierunku poza obszar występowania granitu, a najwyraźniejsza z nich (I) wychodzi w ogóle poza obszar Sudetów. W tej sytuacji wydaje nam się trudny do utrzymania pogląd, iż liczne żyły i spękania w granicie należące do zespołu Q w systemie Q-S-L powstały w wyniku działania wewnętrznej tektoniki powstającego plutonu granitowego.

Wątpliwości co do genezy omawianych spękań wysuwano zresztą już od dość dawna: np. Maska 1954 (*vide* Mierzejewski 1966) oraz Mierzejewski (1966, 1973), a informację o obecności niektórych spękań o kierunkach charakterystycznych dla Q i S w osłonie granitu podał także Oberc (1972). Analiza zestawionej mapy geologicznej (fig. 2) i zdjęć satelitarnych Karkonoszy, Gór Izerskich, Gór Sokolich, Kotliny Jeleniogórskiej wraz z częścią Gór Kaczawskich i Rudaw Janowickich, a następnie konfrontacja tych materiałów z dotychczas istniejącymi mapami geologicznymi i pracami dotyczącymi tego obszaru nasunęły nam kilka wniosków co do budowy geologicznej tej części Sudetów oraz imprese natury bardziej ogólnej:

1° Układ sieci drenażu na całym omawianym obszarze wynika przede wszystkim z predyspozycji tektonicznych; odwracając sytuację można na podstawie układu dolin rzecznych wnioskować o przebiegu dyslokacji (por. również Mierzejewski 1977).

2° W wielu przypadkach rozprzestrzenienie utworów czwartorzędu i morfologia obszaru pozostają w ścisłym związku z siecią dysjunkcji. Wydaje się, że szereg dużych elementów geomorfologicznych, jak np. Kotlina Jeleniogórska, rozwinął się zgodnie z założeniami tektonicznymi (por. fig. 2 i 3). Uważa się za oczywiste, że cyrki lodowcowe zawdzięczają swoje powstanie wyłącznie działalności lodowców; mogłyby więc powstać w prawie dowolnym miejscu, byle zostały spełnione warunki: odpowiednia w stosunku do linii wiecznego śniegu wysokość, odpowiednia temperatura roczna, odpowiednia ilość opadów. Jednak konkretna ich lokalizacja w polskiej części Karkonoszy ma, jak się wydaje, związek z tek-

toniką. Ujmując rzecz bardziej ogólnie, uważamy, że rozwój czwartorzędowej rzeźby i akumulacji jest znacznie bardziej uzależniony od predyspozycji tektonicznych niż się to na ogół przyjmuje.

3° Istnieje niewątpliwy związek występowania stref podwyższonego okruszczenia polimetalicznego i uranowego, wulkanitów, wód mineralnych i term z przebiegiem większych dyslokacji, a szczególnie z położeniem węzłów tworzonych przez przecięcie się dwóch lub więcej dyslokacji.

4° Przebieg dyslokacji wnioskowanych z układu sieci drenażu w znacznym stopniu pokrywa się z przebiegiem fotolineamentów widocznych na zdjęciu satelitarnym. Oprócz znaczenia, jakie zbieżność ta ma dla wzajemnej weryfikacji wyinterpretowanych dysjunkcji, może być ona przydatna jako metoda robocza poszukiwania dyslokacji; obraz sieci dyslokacji będzie dokładniejszy i bardziej kompletny, gdy dane ze zdjęć satelitarnych uzupełni się danymi z materiałów kartograficznych.

5° Niektóre z ważnych dyslokacji mogą nie ujawnić się ani na zdjęciu satelitarnym, ani w sieci drenażu czy geomorfologii, bądź też mogą ujawnić się tylko częściowo. Ma to prawdopodobnie miejsce w przypadkach, gdy dana dyslokacja przestała wykazywać aktywność co najmniej od trzeciorzędu.

6° W obszarach występowania kompleksów skał o monotonnym profilu, bez ułatwiających korelację reperów stratygraficznych czy litostratygraficznych wykartowanie uskoków w czasie normalnych prac połowych może być rzeczą trudną, a wielu przypadkach niemożliwą: w takich obszarach może okazać się celowe zastosowanie prezentowanej powyżej metody wyszukiwania i wyznaczania dyslokacji w oparciu o układ sieci drenażu, zasięg utworów czwartorzędowych, rozwój pewnych form geomorfologicznych oraz, oczywiście, na podstawie zdjęć satelitarnych, na których jednakże widoczne są głównie większe dyslokacje.

7° Trudno się oprzeć wrażeniu, że kierunek dyslokacji SSW-NNE, do którego stosuje się najwyraźniejszy fotolineament (I) oraz kilka innych, a do którego równolegle układają się także liczne żyły w granicie, odgrywa szczególną rolę w dysjunktywnej tektonice obszaru. Dyslokacje te wydają się mieć m. in. istotne znaczenie jako elementy tektonicznego założenia SE brzegu sedymentacyjnego basenu północnosudeckiego, czynnego od górnego karbonu do kredy włącznie.

8° Oprócz struktur linearnych na omawianym obszarze występują struktury o przebiegu łukowym, a niektóre z nich, jak się wydaje, tworzą

mniej lub bardziej kompletne kręgi. Podobnie jak i w przypadku struktur liniowych, pojawianie się ich nie jest związane z obszarem występowania określonych skał.

9° Wyznaczone przez nas linie tektoniczne, szczególnie te najbardziej wyraźnie widoczne na zdjęciu satelitarnym, tworzą jakiś dość stary, lecz odnawiany system dyslokacji, do którego być może częściowo dostosowały się kompleksy skalne budujące omawiany obszar.

Prezentowana praca została wykonana w ra-

mach tematu I-16 „Geodynamika obszarów Polski” opracowanego przez Instytut Nauk Geologicznych PAN. Pragniemy podziękować za pomoc i dyskusję Dr. Januszowi Czerwińskiemu z Uniwersytetu Wrocławskiego oraz kolegom z ING PAN, a szczególnie Mgr. Stanisławowi Achremowiczowi i Dr. Andrzejowi Żelaźniewiczowi. Za krytyczne przeczytanie manuskryptu dziękujemy Profesorowi Jerzemu Donowi z Uniwersytetu Wrocławskiego i Dr Antoninie Pacholskiej z Instytutu Nauk Geologicznych PAN.

LITERATURA

- ANTONOWICZ L., 1983: Blizna (scar) powstała w wyniku uderzenia meteorytu w okolicach Jeleniej Góry. The scare of a large meteorite impact near Jelenia Góra. *Prz. Geol.* nr 11 (367).
- BATIK P., 1983: Vyznam fotolineaci pro reseni stavby Ceskeho masivu. Significance of photo lineations for the examination of the structure of the Bohemian Massif. *Vestník U.u.geol.*, vol. 58, no. 5.
- BERG G., 1912: *Geol. Karte v. Preuss. 1:25 000. Bl. Kupferberg.*, Erlauter. Berlin.
- 1935: *Geol. Übersichtskarte v. Deutsch., 1:200 000. Bl. Hirschberg.* Berlin.
- CLOOS H., 1925: *Einführung in die tektonische Behandlung magmatischer Erscheinungen (Granittektonik)*, I spez. Teil: Das Riesengebirge in Schlesien. Berlin, 1-194.
- DON J., 1984: Kaledonidy i varyscydy Sudetów Zachodnich. Caledonides and Variscides of the Western Sudetes. *Prz. Geol.* nr 8/9.
- DUMANOWSKI B., 1961: Cover deposits of the Karkonosze Mountains. *Zesz. Nauk. Univ. Wrocław.*, ser. B, nr 8, Nauka o Ziemi V.
- DŻUŁYŃSKI S., PEKALA K., 1980: Bog cirques and solifluction valleys in granitic rocks. *Z. Geomorph. N.F.*, vol. 24, no. 2.
- GIERWIELANIEC J., 1956: Budowa geologiczna północnej okolicy Lubomierza. Geological structure of the area to the north of Lubomierz. *Inst. Geol. Biul.* 106; Z bad. geol. na D. Śląsku, t. 3.
- JAHN A., 1962: Geneza skałek granitowych. Origin of granite tors. *Czas. Geogr.* t. 33.
- KLOMIŃSKY J., 1969: Karkonosko-jizerski granitoidni masiv. Das granitoide Massiv von Karkonose und Jizerskie hory. *Geologie*, rada G, svaz. 15.
- KOTOWSKI J., 1965: Żyły kwarcowe w okolicy Barcinka na Pogórzu Izerskim. Quartz veins in the vicinities of Barcinek in the Izer Highlands. *Kwart. Geol.*, t. 9, nr 3.
- 1971: Geologia krystaliniku izerskiego okolicy Gryfowa Śląskiego. Geology of the Izerskie Góry crystalline body of the Gryfów Śląski Region. *Inst. Geol. Biul.* 253, Z bad. geol. reg. dolnośl. t. 20.
- MIERZEJEWSKI M. P., 1966: On the tectonic evolution of the Karkonosze Granite (West Sudetes). *Bull. Acad. Pol. Sci., Ser. Geol. Geogr.* vol. 14, no. 3.
- 1973: *Rozwój i następstwo niektórych struktur w plutonie Karkonoszy*, [w:] J. Oberc (red.). *Mat. Konf. Teren.* „Kryteria strukturalne... bloku karkonosko-izerskiego”. Wrocław, Inst. Geol. Univ. Wrocław.
- 1977: Dysjunkcje koncentryczne rejonu Jakuszyce w granitowym masywie Karkonoszy. Concentric pattern of faults near Jakuszyce, the Karkonosze Granite, Sudetes. *Acta Univ. Wratislav.* no. 378, *Pr. Geol. Miner.* 6.
- MOTYL-RAKOWSKA J., ŚLACZKA A., 1984: Ważniejsze lineamenty Karpat i ich związek ze znanymi uskokami. Major lineaments in the Carpathians and their relation to the known faults. *Prz. Geol.* nr 2 (370).
- MROCZKOWSKA B., MROCZKOWSKI J., OSTAFICZUK S., 1983: Origin of the Cieplice thermal waters – an example of Landsat image analysis in hydrogeology. *Bull. Pol. Acad. Sci., Earth Sci.* vol. 31, no. 1-4.
- MROCZKOWSKI J., OSTAFICZUK S., 1981: A ring structure near Złotyryja-Świerzawa-Jawor (Western Sudetes). *Bull. Acad. Pol. Sci., Ser. Sci. Terre* vol. 39, no. 2.
- OBERC J., 1964: Główna sudecka dyslokacja diagonalna i jej znaczenie dla stanowiska synklinoriów waryscyjsko-laramijskich. Main Sudetic diagonal dislocation and its significance for position of the Variscan-Laramide synclinoriums. *Kwart. Geol.*, t. 8, nr 3.
- 1972: *Budowa geologiczna Polski*, t. 4: Tektonika, cz. 2: Sudety i obszary przyległe. Wyd. Geol., Warszawa, 1-307.
- 1975: *Neotektoniczny rów Rozdroża Izerskiego*. Neotectonic Rozdroże Izerskie trough, [w:] *Mat. I Kraj. Symp. „Współczesne i neotektoniczne ruchy skorupy ziemskiej w Polsce”*, t. 1, Wyd. Geol., Warszawa.
- OSTAFICZUK S., 1981: Lineamenty jako odwzorowanie zjawisk tektonicznych na tle wybranych przykładów z Polski. Lineaments as representation of tectonic phenomena against a background of some examples from Poland. *Biul. Geol.*, t. 29.
- POŻARYSKI W., 1979: *Mapa geologiczna Polski i krajów ościennych 1:1000 000*. Wyd. Geol., Warszawa.
- SAWICKI L., 1965: *Mapa geologiczna regionu dolnośląskiego 1:200 000*. Wyd. Geol. Warszawa.
- SCHMUCK W., 1957: Zagadnienie głównego uskoku śród-sudeckiego w okolicy Pilchowic. Problem of the Main Mid-Sudeten Fault in the Pilchowice area. *Acta Geol. Pol.*, vol. 7, no. 1.
- SEKYRA J., 1964: Kvarterne geologicke a geomorfologicke problemy krkonošského krystalnika. Quarternary – geological and geomorphological problems of the crystalline

- complexes of the Krkonoše Mountains. *Opera Corcon-tica* no. 1.
- SOLECKI A., 1982: Próba interpretacji pewnych elementów obrazu Landsata dla SW Polski. Preliminary interpretation of some elements of Landsat imagery for SW Poland. *Prz. Geol.* nr 6 (350).
- SZAŁAMACHA J., SZAŁAMACHA M., 1966: O strefie dyslokacyjnej Rozdroża Izerskiego w Górach Izerskich. Dislocation zone of Rozdroże Izerskie in Góry Izerskie Mountains. *Kwart. Geol.*, t. 10, nr 2.
- TEISSEYRE H., 1957: *Regionalna geologia Polski*, t. 3: Sudety z. 1. PWN, Kraków, 1-300.
- TEISSEYRE H., 1971: Zagadnienie analizy strukturalnej w Sudetach, jej cele i metodyka. Structural analysis in the Sudetes Mts. *Rocz. Pol. Tow. Geol.*, t. 41, z. 1.
- WALCZAK W., 1968: *Sudety*, PWN Warszawa, s. 1-384.

THE KARKONOSZE MTS–GÓRY IZERSKIE MTS BLOCK – GEOLOGICAL MAP VERSUS SATELLITE IMAGE; AN ATTEMPT OF INTERPRETATION OF FAULT TECTONICS

Jerzy MROCZKOWSKI, Stanisław OSTAFICZUK

Institute of Geological Sciences, Polish Academy of Sciences
ul. Podwale 75, 50-449 Wrocław
Dep. of Geology, Fac. of Sci.,
University of Maiduguri, Nigeria

ABSTRACT. Drainage pattern, vein system in granites and gneisses and extent of Quarternary deposits in the Karkonosze Mts-Góry Izerskie Mts region let us to draw a number of more or less continuous straight and less frequently ring and arc shaped lines. Majority of the lines could be identified with photolineaments visible on satellite images, which prompt us to consider them as a manifestation of fault tectonics. Most probably the lines represent deep faults, which is confirmed by occurrence of volcanites, polymetallic mineralization, wells of both fresh and

mineral water, thermal springs, zones of cataclasis etc. – in their closest neighborhood and especially within knots where two or more lines intersect each other. Some of the lines follow lithological boundaries or divide different morphological forms. Merely some of them could be identified, wholly or partially, with faults and tectonic zones described earlier by other authors. The pattern of disjunctions, interpreted from the satellite images and geological maps apparently controlled both geological and landscape evolution of the area under consideration.

The present work attempts to explain a relationship between drainage pattern, extent of Quarternary deposits, presence and direction of veins – to fault pattern developed in the part of the Western Sudetes. The area of investigations includes Polish part of the Karkonosze Mts and most of the adjacent mountainous ranges of the Góry Izerskie, Rudawy Janowickie, Góry Sokole, Góry Kaczawskie. All the above named ranges (fig. 1) rise above the depression known as Kotlina Jeleniogórska. Geologically, the studied area is composed of Variscan granite Massif of the Karkonosze, enveloped by older metamorphic units mostly gneisses and schists of the Góry Izerskie and Rudawy Janowickie. Old Paleozoic epimetamorphic rocks of the Góry Kaczawskie and Permo-Mesozoic sedimentary rocks infilling the tectonic Wleń Graben (part of the North Sudetic Basin) occur in northern part of the territory. Though not abundant, is characteristic presence of volcanics of Permian and Tertiary age, scattered mainly in northern part of the area; in its eastern part occur sedimentary rocks of the Carboniferous age – deposits of the Intra-Sudetic Trough.

A set of geological map sheets 1:25000 (fig. 2) was used to complete the working layout, as available geological maps on larger scales were too much generalized for our purposes, especially with respect to Quarternary deposits. Our map has allowed us to make some remarks:

1) River, stream and creek valleys are rectilinear over considerably long distances, e.g. valleys of Kwisa, Mała Kamienna, Kamienna, Wrzosówka;

2) Quite often in prolongation of such straight-line river or stream courses there is another stream or river, sometimes belonging even to another tributary system. Alluvial deposits, however, of those rivers interconnect and keep producing rectilinear features (e.g. the Czerwień stream in the main range of the Karkonosze Mts and the Kamienna river, or small tributaries of the Kamienna river and the Łomnica river in vicinity of Cieplice and Staniszków);

3) Sometimes the rectilinear section or river valley is continued by a single vein, or vein system developed in granitic and gneissic bedrock;

4) The rectilinear parts of river and stream valleys, extent of some Quarternary deposits and courses of a number of veins in granites and gneisses, especially in the Cieplice-Karpacz region, seem to conform some privileged directions. The NNE-SSW direction is absolutely prominent, being followed by most of the mapped veins in granitic massif, as well as a number of stream and river valleys, for example valleys of Wrzosówka, Polski Potok, Czerwień, Kamienna. According to Teisseyre (1971) NNE-SSW running joints and dislocations represent the main disjunctions in the Western Sudetes.

The above listed observations are particularly significant, when compared with the satellite images. The Landsat imagery processed by Telespazio-Italy of the Karkonosze and Góry Izerskie area reveals a number of pretty distinct lines 0.5-1 mm thick. The lines had been transferred and marked on the generalized geological map of the area (fig. 3). In many places they follow the lines drawn in figure 2 showing a basic pattern of river and stream valleys as well as systems of veins and Quarternary deposits. The most important (fig. 3) is the line (I) running SSW-NNE, within the Polish territory from the main range of the Karkonosze along the Czerwień stream valley to Cieplice, Jelenia Góra, Jeźów Sudecki and Chrośnica. Farther to the NE the line is going out of the Sudetes. Being still well recognizable on the satellite image of the Karkonosze this line is accentuated by a deep and wide valley of the Czerwień stream, with some bog cirques forms (*sensu* Dżułyński, Pękala 1980) and abundant wells on slopes. On the ranges separating the valley from neighbouring stream valleys are exposed granite tors, resembling ancient city-walls stretching roughly in direction represented by the line under consideration. In outcrop nearby an axis of the Czerwień stream valley, granite is

strongly fractured; walls of fissures paralleling this line (I), are covered with green (epidote?) crustifications (see fig. 3). In the Jeleniogórska Kotlina valley the line course is less distinct in the landscape, but in it cuts an area of the famous thermal springs (Mroczkowska *et al.* 1983). To the north the line is running along the Kamienna river valley, having connections with extent of Quarternary deposits; over here the line probably follows an unexposed contact between granite and gneisses. The SE edge of the tectonic Wleń Graben could be related to the above mentioned line, too.

The line under consideration must be of great tectonic significance, likely representing a major tectonic zone. It is suggested by its control exerted over morphological, geological and hydrogeological phenomena its rectilinear course over large area, even beyond Sudetes and Sudetic foreland. It should be interpreted as a surface manifestation of a deep-seated fault or large tectonic lineament. The line under consideration is accompanied by three other (fig. 3) lines (2), (3) parallel to it. All of them are in accordance with the courses of streams or rivers and the vein systems in granite.

Similar situation can be noticed comparing the W-E tectonic lines drawn on a base of drainage pattern and systems of veins and boundaries of Quarternary deposits with photolineaments visible on Landsat images (e.g. lines (4), (5), *cf.* fig. 2 and fig. 3).

It is worth to say that not all lines drafted on a base of geomorphological and geological data have their counterpart recognizable on a satellite image. From the other hand some photolineaments could be hardly identified with lines inferred from geological and geomorphological features on the map (*cf.* figs 2 and 3). But in general the patterns of tectonic lines obtained from analysis of both the Landsat images and geological map are very similar and commonly give us a consequent and coherent picture of disjunctive tectonics of the Karkonosze-Góry Izerskie region. Moreover, the inferred lines are often concordant with boundaries between different types of rocks (e.g. fig. 3, lines (I), (4), (6)), with occurrence of uranium (3), (4), (6) and polymetallic mineralization (5), (6), (7), volcanics (5), (7), thermal and mineral waters (I), (4), (5), (8), (9). The connections of the lines with the above named geological phenomena confirm their tectonic significance.

Some of our lines or their sections were earlier noticed by other authors and described as more or less important faults or tectonic zones (*cf.* M. and J. Szalamacha 1966; Oberc 1975; Mierzejewski 1977; Antonowicz 1983). In some cases, lineaments described in Czechoslovakia (*cf.* Klomiński 1969; Batík 1983) are probably a continuation of tectonic lines drawn on our maps (fig. 2 and 3). But, in majority of the examples, lines drawn upon a base of drainage and vein systems or analysis of satellite images had been not recognized from geological mapping. From the other hand, some of mapped faults had no reflection in the lines visible on Landsat images and those interpreted from geological map. This refers mostly to minor disjunctions, but it is very surprisingly true also about one of the most important deep faults in the Sudetes, that is the Main Intra Sudetic Fault (*cf.* Berg 1912; Gierwielaniec 1956; Schmuck 1957; Teisseyre 1957; Oberc 1964; Don 1984).

Besides rectilinear features also there is a few more or less circular structures which create another problem not to be discussed in this paper (see figs. 2 and 3). Presence of such structures in this region was supposed by other authors (Mierzejewski 1977; Antonowicz 1983).

Some of the tectonic lines described in this paper represent the same direction as numerous veins following Q-fissures in Cloos' Q-S-L system (Cloos 1925). According to Cloos (*op. cit.*) the joint system developed due to internal tectonics of a granite body. However, lines described in this paper (figs. 2 and 3) are observable not only in granite massif, but also beyond it, in its metamorphic envelope, as well. One of them (fig. 3, line (I)) cross of the Margin Sudetic Fault and is visible on the satellite image even beyond the Sudetes. This indicates that the opinion about origin of Q-S-L system of fissures in Karkonosze granite should be reconsidered; the more so that it was questioned earlier (e.g. Mierzejewski 1966, 1973; Oberc 1972).

Our investigations led us to the following conclusions:

1° Drainage pattern in the whole area results mainly from its tectonic predisposition; owing to this fact it is possible to infer a presence of dislocations on a base of a drainage net, which was tested by a comparison with satellite images.

2° In many cases an extent of Quarternary deposits and a morphology is in tight connection with fault network. It is very probable, that some large geomorphological units (e.g. the Kotlina Jeleniogórska valley) have tectonic foundations. It is commonly accepted that a genesis of glacial cirques and their localization depend exclusively upon an activity of glaciers; it means that the cirques can develop wherever if such conditions as an average year temperature and an average year snowfall are sufficient. Nevertheless, the position of the cirques in Polish part of the Karkonosze seems to be connected with tectonics, too. More generally, a role of tectonics in development of landscape and accumulation of Quarternary deposits in our opinion is much more important than it is usually admitted.

3° There is undoubtful connection between occurrences of polymetallic and uranium mineralization zones, volcanites, mineral and thermal waters – with the presence of larger disjunctions, especially knots where two or more tectonic lines intersect each other.

4° The SSW-NNE disjunctions are of special significance in the area under consideration. This is the direction of the best visible photolineament (I), see figure 3, as well as few others, and that of numerous veins in granite. The faults of this direction play probably an important role in creation of SE edge of the North-Sudetic Basin, active from the Upper Carboniferous up to the Upper Cretaceous inclusively.

5° The tectonic lines drawn on the enclosed maps (figs. 2 and 3) probably represent an old but temporarily rejuvenated system of disjunctions. Perhaps this system partly controlled evolution of rock complexes occurring in the area under consideration.

Translated by the author

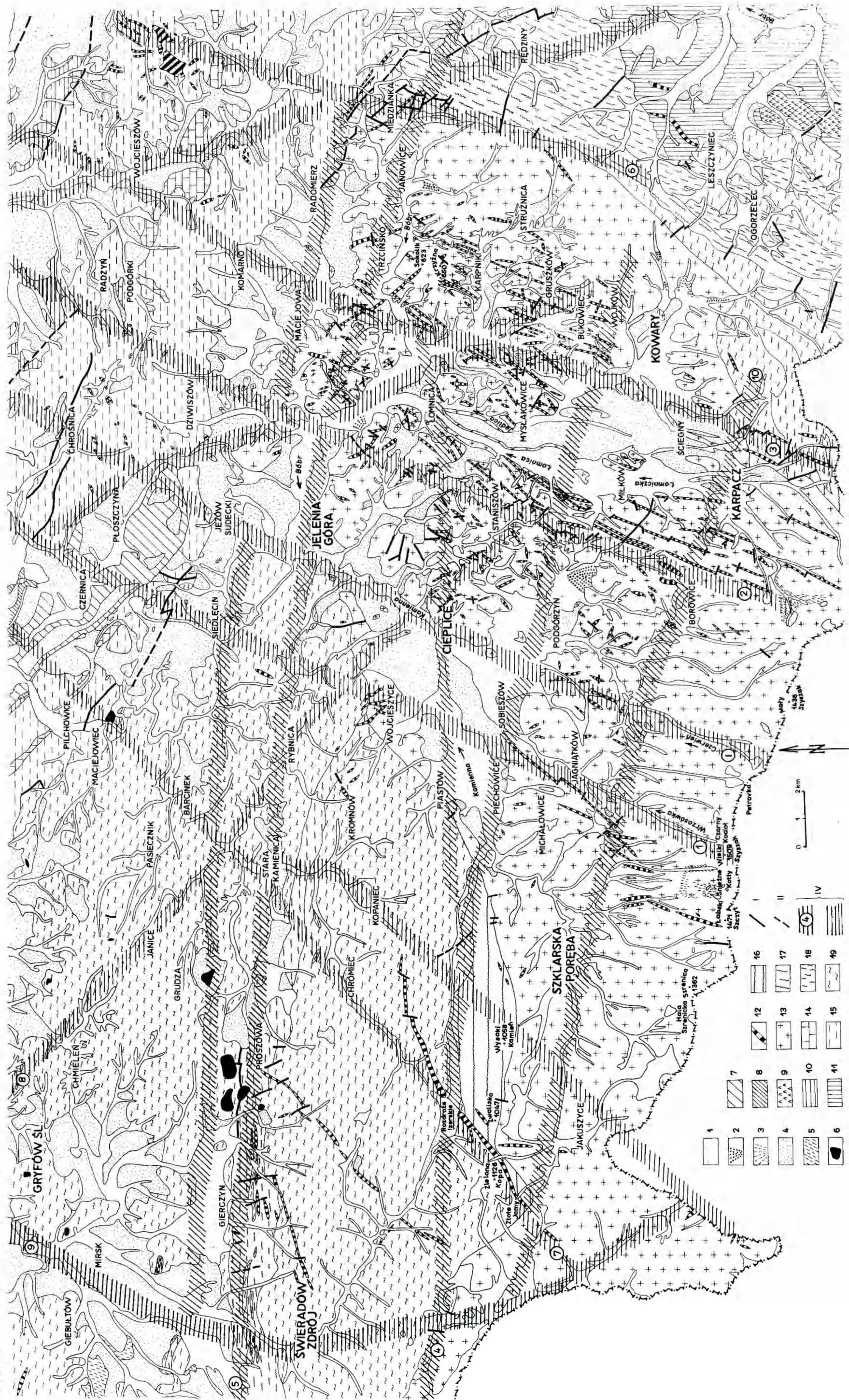


Fig. 3. Układ foto lineamentów w obrębie Karkonosza i Górz Izerskich; sytuacja geologiczna i objaśnienia jak na figurze 2. A pattern of photolineaments in the Karkonosze and Izerskie Mountains area; geological situation and explanations as in figure 2.