

**STRUKTURY KOLISTE
WOKÓŁ HERCYŃSKICH
MASYWÓW GRANITOIDOWYCH
(STRZELIN, KŁODZKO-ZŁOTY STOK, ŻULOVA)
— INTERPRETACJA ZDJĘCIA
SATELITARNEGO LANDSAT**

Marek W. Lorenc

*Pracownia Geologii Sudetów,
Instytut Nauk Geologicznych, Polska Akademia Nauk, ul. Podwale 75,
50-449 Wrocław*

Lorenc, M. W., 1987. Struktury koliste wokół hercyńskich masywów granitoidowych (Strzelin, Kłodzko-Złoty Stok, Żulova). Interpretacja zdjęcia satelitarnego Landsat. Circular structures around Hercynian granitoid massifs (Strzelin, Kłodzko-Złoty Stok, Żulova), Sudetes, Poland — interpretation of the Landsat satellite image. (In Polish, English summary). *Ann. Soc. Geol. Polon.*, 57: 107-124.

Abstract: Based on the Landsat satellite images, the outlines of large circular structures were identified which surround three Hercynian granitoid massifs: Strzelin, Kłodzko-Złoty Stok, and Żulova. Circumferences of these structures follow fault zones and are in 75% used by the river system, which makes satellite image more legible. In the genetic bearing, it is possible to consider the circular structures origin with reference to deep-fault zones and Variscan magmatism. It seems that the dislocation zone of Paczków-Kędzierzyn separating two described circular structures is a deep-seated boundary between the Strzelin and the Żulova granitoid massifs. Both the massifs should be treated as two independent geological units.

Key words: Satellite image, circular structures, deep-fault zones, lineaments, granitoid magma, Hercynian magmatism, Sudetes.

Manuscript received February 1986, accepted June 1986

Abstrakt: Na podstawie zdjęcia satelitarnego Landsat wyznaczono lokalizację dużych struktur kolistych, które otaczają hercyńskie masywy granitoidowe Strzelina, Kłodzka-Złotego Stoku i Żulovej. Wspomniane struktury przebiegają stycznie do stref uskokowych, a obwód ich w znacznej części (około 75%) wykorzystany jest przez sieć rzeczną, co znacznie zwiększa czytelność zdjęcia satelitarnego. W aspekcie genetycznym przyjęto, że struktury koliste nawiązują do głębokich stref dyslokacyjnych i waryscyjskiego magmatyzmu. Po uwzględnieniu także wyników wcześniejszych badań autora, prawdopodobne wydaje się, że strefa dyslokacyjna Paczków-Kędzierzyn, będąca granicą dwu spośród omawianych struktur kolistych, rozdziela tym samym granitoidowe masywy Strzelina i Żulovej na dwie odrębne jednostki geologiczne.

WSTĘP

Podstawą analizy przedstawionego w tytule problemu było zdjęcie satelitarne Landsat rejonu Sudetów i bloku przedsudeckiego w skali 1 : 600 000, wykonane w zakresie bliskiej podczerwieni (kanał 6: 0,7–0,8 μm i kanał 7: 0,8–1,1 μm). Na zdjęciach tych zaznacza się mniej lub bardziej regularny system linii prostych, które odpowiadają w terenie strefom szerokości rzędu kilkuset metrów. Linie takie opisywane były w literaturze omawianego obszaru niejednokrotnie (m. in. Solecki, 1982; Mroczkowski *et al.*, 1983; Mroczkowski & Ostaficzuk, 1985), a dla terenu całego kraju zostały zebrane na Mapie Fotogeologicznej Polski w skali 1 : 1 000 000 (Bażyński *et al.*, 1984). Równocześnie uważa się (Bażyński & Graniczny, 1978), że linie takie, zwane fotolineamentami, mogą odzwierciedlać pewne cechy podłoża o założeniach tektonicznych.

Oprócz wspomnianych wyżej fotolineamentów, na zdjęciu satelitarnym zauważalne są jeszcze inne struktury, wyznaczone przez linie kolisto-eliptyczne. W niektórych miejscach struktury te zazębiają się wzajemnie i wówczas na zdjęciu widoczne są rozmyte nieco strefy. Po porównaniu rozmieszczenia omawianych struktur na zdjęciu satelitarnym z mapą geologiczną Sudetów i ich przedpola okazało się, że otaczają one prawie wszystkie masywy hercyńskich granitoidów. W innych przypadkach są to: (1) mniejsze, koncentryczne struktury koliste na obszarze dużych masywów granitoidowych, (2) struktury koliste, które tylko na obwodzie zawierają drobne intruzje granitoidowe, (3) struktury koliste wokół intruzji innych skał magmowych.

W dotychczasowej literaturze formy takie były opisywane zbiorczo dla całych Sudetów i ich przedpola (Cwojdzinski & Jodłowski, 1982; Doktor & Graniczny, 1983) z równoczesnym przedstawieniem wielu możliwych dróg ich powstania. W prezentowanym artykule problem struktur kolistych zostanie omówiony tylko w odniesieniu do masywów granitoidowych Strzelina, Żulovej oraz kłodzko-złotostockiego (Fig. 1), których pochodzenie autor omawia w nawiązaniu do głębokich stref dyslokacyjnych (m. in. stref rozłamowych) i związanego z nimi magmatyzmu.

Praca została wykonana w ramach problemu międzyresortowego I-16: „Geodynamika obszaru Polski”.

GŁĘBOKIE STREFY DYSLOKACYJNE

GŁĘBOKIE STREFY DYSLOKACYJNE W SUDETACH

Wielu bardzo interesujących danych o wglębnej budowie skorupy ziemskiej w rejonie Sudetów dostarczyły wyniki głębokich sondowań, prowadzonych na VII profilu międzynarodowym, wykonanych na terenie Polski w latach 1970–1973 (Guterch *et al.*, 1975; Pożaryski, 1975). Sondowania te wykazały istnienie wielu głębokich dyslokacji o cechach rozłamów, sięgających strefy Moho. Dyslokacje

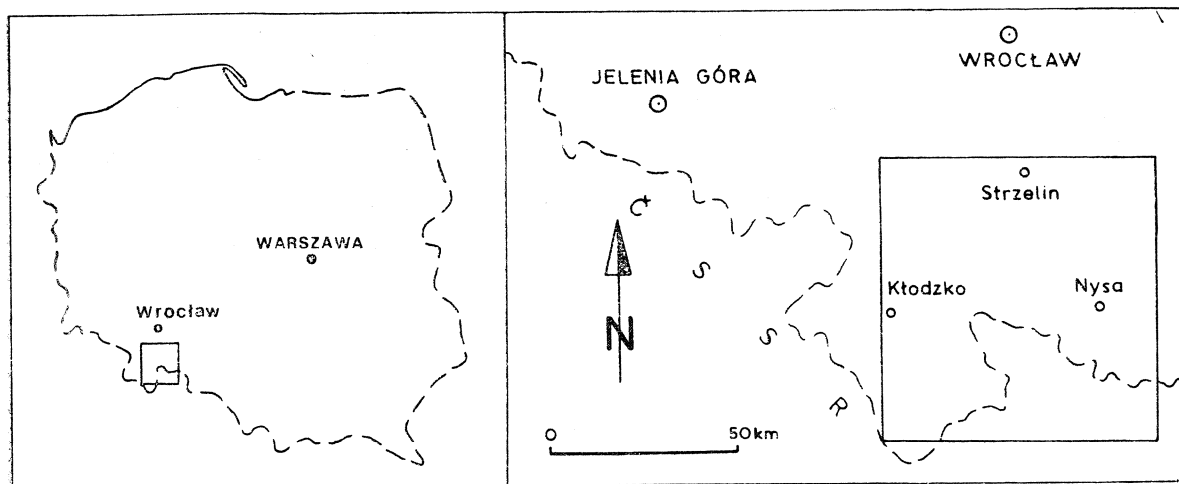


Fig. 1. Lokalizacja obszaru badań

Fig. 1. Localization of the investigated area

te dzielą Sudety i rejon przedsudecki na kilka przemieszczanych względem siebie bloków, pod którymi powierzchnia Moho znajduje się na różnych głębokościach; pod każdym z nich jednak nachylona jest ku SW.

Na przedstawionym przez wymienionych autorów (Guterch *et al.*, 1975) profilu pierwszy blok (Sudety) przecięty jest dużym rozłamek, ograniczającym od NE granitoidowy masyw Karkonoszy. Rozłamek ten w morfologii pokrywa się z główną sudecką dyslokacją diagonalną (Oberc, 1964), której głębokie założenie i długowieczny charakter podkreśla również Don (1984). Dodatkowym potwierdzeniem głębokiego założenia tej dyslokacji jest komin intruzji perydotytowej, stwierdzony w przełomie Bobru na granicy Karkonoszy i Gór Kaczawskich (Teisseyre, 1973).

Krawędź Sudetów, wyznaczona w morfologii terenu przez sudecki uskoc brzeżny, odpowiada na omawianym profilu „brzeżnemu rozłamowi sudeckiemu” (Guterch *et al.*, 1975). Ponadto w obrębie Sudetów stwierdzono niedokładnie udokumentowaną, głęboką dyslokację w odległości 3 km na NE od Śnieżki. Między „brzeżnym rozłamek sudeckim” a kolejnym rozłamek w rejonie doliny Odry zawarty jest blok przedsudecki, wyraźnie podniesiony względem Sudetów (głębokość powierzchni Moho 30 km; pod Sudetami — 35–36 km). W obrębie bloku przedsudeckiego zaznacza się na profilu (Guterch *et al.*, 1975) jedna wyraźna dyslokacja w powierzchni Moho w odległości 50 km na NE od Śnieżki. Nie jest ona jednakże interpretowana przez cytowanych autorów.

Od strefy „rozłamu Odry” aż po „rozłamek okolic Dolska” (170 km na NE od Śnieżki) rozciąga się monoklina przedsudecka, stanowiąca kolejny blok, pod którym powierzchnia Moho zalega na głębokości 32–34 km, czyli znów niżej niż pod blokiem przedsudeckim. Bezpośrednio nad strefą Moho występuje tu znacznej miąższości strefa, oznaczona przez autorów (Guterch *et al.*, 1975; Pożaryski, 1975) jako przejściowa między skorupą a górnym płaszczem.

Szczegółowa inwentaryzacja przypuszczalnych głębokich stref dyslokacyjnych została wykonana na podstawie zdjęć satelitarnych Landsat dla rejonu Karkono-

szy i Gór Izerskich (Mroczkowska *et al.*, 1983; Mroczkowski & Ostaficzuk, 1985). Wykazano tu, że widoczne na zdjęciach fotolineamenty o faktycznej szerokości 200–500 m, odpowiadają w terenie układowi sieci drenażu, przebiegowi żył w granitach, większym uskoku lub rozprzestrzenieniu utworów czwartorzędowych. Zwrócono również uwagę (Mroczkowski & Ostaficzuk, 1985), że miejsca występowania skał wulkanicznych, koncentracji mineralizacji polimetalicznej, stref katakazy oraz źródeł zwykłych, mineralnych i term, koncentrują się wzdłuż wspomnianych wyżej stref dyslokacyjnych i w miejscach ich przecięcia.

ZWIĄZEK MAGMATYZMU Z GŁĘBOKIMI STREFAMI DYSLOKACYJNYMI

Strefy „rozłamowe” rejonu Sudetów i ich przedpola stanowiły temat wnikliwych studiów Michniewicza (1981), który analizując sytuację tektoniczną na obszarze między Masywem Czeskim a platformą wschodnioeuropejską w okresie kaledono-waryscyjskim uznał, że stanowiły one drogi migracji dla syn- i późno-kinematycznych intruzji granitoidowych. Ponadto, Michniewicz przyjął, że: „rozłamy są zatem obszarami występowania korzeniowych partii intruzji, natomiast wyższe partie tych intruzji leżą peryferycznie względem rozłamów i mają charakter pokładowy” (Michniewicz, 1981, s. 101). Poza tym, cytowany autor uważa, że intruzje związane z fazami wczesnobretońską i asturyjską migrowały z rozłamów ku WNW, związane zaś z fazami sudecką i saalską — ku ESE, przy czym w przypadku dwóch rozłamów magma migrowała raz w jednym, raz w drugim kierunku (granitoidy karkonoskie i strzegomskie oraz granitoidy niemczańskie i strzelińskie). Taki właśnie zmienny kierunek migracji magm cytowany autor (*op. cit.*) tłumaczy nachyleniem megabloków wyznaczonych w strukturze sudeckiej przez rozpatrywane rozłamy. Równocześnie Michniewicz (1981) uważa, że przy zajmowaniu przestrzeni przez intrudującą magmę wykorzystywane były początkowo powierzchnie uławicenia, a później foliacji — stąd też pokładowy charakter tych intruzji.

W przypadku masywu strzelińskiego przedstawiony powyżej mechanizm migracji magmy nie wydaje się słuszny, gdyż zgodnie z wynikami ostatnich badań (Achramowicz & Lorenc, 1986) intruzja posuwała się stromo w górę ku NW.

Rozpatrując problem związku magmatyzmu z głębokimi rozłamami w odniesieniu do masywów strzelińskiego i żulowskiego, należy sprostować pewną nieścisłość w przyjętym nazewnictwie dwóch rozłamów przebiegających przez Sudety Wschodnie. Otóż na załączonej do artykułu schematycznej mapie (Michniewicz, 1981, fig. 10) rozłam przebiegający od Wrocławia na SSW i oznaczony nr 27 nosi nazwę „morawsko-śląskiego” (nazwa zaczerpnięta przypuszczalnie z prac autorów czechosłowackich z lat siedemdziesiątych — Michniewicz *op. cit.*, przegląd literatury), natomiast dla położonego bardziej na SE rozłamu nr 28, zaczynającego się na NW od Opola i przebiegającego od rejonu Nysy ku SW na teren Czechosłowacji, cytowany autor wprowadził nazwę „rozłamu jesenickiego”. Jak wynika z prac Škvora (1976, 1979), omawiających wielkie strefy „osłabienia”, odpowiadające wgłębnym rozłamom, właśnie rozłam nr 28 (por. Michniewicz, 1981) powi-

nien nosić nazwę „morawsko-śląskiego”. Te terminologiczne niekonsekwencje powodują, że masywy strzebiński i żulowski leżą między rozłamem „morawsko-śląskim” na zachodzie (*sensu* Michniewicz, 1981), a „morawsko-śląskim” na wschodzie (*sensu* Škvor, 1976).

Celem ujednolicenia nomenklatury autor proponuje przyjąć dla rozłamu położonego bardziej na wschód nazwę „morawsko-śląski” (zgodnie z wcześniejszym nazewnictwem Škvor, 1976), natomiast dla położonego bardziej na zachód (o innym nieco przebiegu niż znaczy Michniewicz, 1981) — nazwę „śnieżnickiego” (zgodnie z miejscem, w którym rozłam ten bierze swój początek oddzielając się od „morawsko-śląskiego”). W takim też znaczeniu nazwy te będą używane w dalszej części prezentowanego artykułu.

Rozpatrując dalej naturę głębokich dyslokacji sięgających dolnej części skorupy ziemskiej pod Sudetami i blokiem przedsudeckim, należy nawiązać również do interpretacji tego typu stref stwierdzonych na terenie Masywu Czeskiego. Na obszarze tym wyróżnionych zostało kilka stref nieciągłości przebiegających w kierunkach NE-SW i NW-SE. Strefy te nazwane przez Škvor (1976, 1979) „strefami osłabienia” (ang. *weakened zones*) zostały uznane za wynik wzajemnego ruchu bloków. Z kolei długotrwała subsydencja zawartego między strefami obszaru była rezultatem intensywnego wulkanizmu zasadowego, którego produkty wydostające się na zewnątrz znacznie obciążały skały skorupy. Z prac cytowanego autora wynika, że strefy te reprezentują głębokie rozłamy sięgające podłoża skorupy ziemskiej, która w omawianym regionie sięga 38 km. Jednym z takich rozłamów jest wspomniany już wcześniej rozłam „morawsko-śląski”, którego przebieg można wyznaczyć na podstawie zdjęcia satelitarnego Landsat od Dunkelsteiner Wald w Austrii, prawie prostolinijnie na NE przez teren Czechosłowacji (na W od Brna) aż po Dolny Śląsk (na E od Nysy) do uskoku Odry. Poza tym, Škvor (1976) wydziela jeszcze pięć innych rozłamów o długości 150–170 km i szerokości 10–30 km, przy czym wspólną cechą wszystkich jest względnie duża przenikliwość i stosunkowo słabe ciśnienie geostatyczne, co oprócz wzajemnego ruchu bloków umożliwiło także ruch w górę stopu mobilizowanego w głębi i w konsekwencji formowanie się intruzji granitoidowych.

Zbieżna pod tym względem jest także opinia Pitchera (1978), który badając budowę wgłębną Coastal Batholith w Peru doszedł do wniosku, że przemieszczanie się granitu było kontrolowane przez wielkie dyslokacje, gdzie magma przedostawała się w wyższe poziomy skorupy wzdłuż „mega-lineamentów”, aby w końcu intrudować jako wiele oddzielnych plutonów. Chociaż jest to przykład regionalnie i geochronologicznie nieporównywalny z terenem rozpatrywanym w niniejszym opracowaniu (Coastal Batholith w Peru tworzył się od dolnej kredy do pliocenu), to jednak związek magmatyzmu z głębokimi dyslokacjami wydaje się podobny.

Odnosząc powyższe rozważania ogólne do przestrzennej lokalizacji masywów granitoidowych względem istniejących głębokich dyslokacji, dochodzi się do wniosku, że wzajemny związek magmatyzmu z tymi dyslokacjami faktycznie istnieje. Dyskusyjny pozostaje jednak sam mechanizm intruzji oraz kierunek migracji magm.

TEKTONICZNE STRUKTURY KOLISTE

Wielkie struktury tektoniczne, które ogólnie można określić jako koliste, owalne czy pierścieniowe, stwierdzane były na powierzchni Ziemi już niejednokrotnie. Zarysy tych struktur wyznaczane były różnymi sposobami, a ich pochodzenie tłumaczone bądź to upadkiem meteorytu, bądź też działalnością magmową. Dokładniejszą klasyfikację struktur kolistych przedstawili Doktor & Graniczny (1983), dzieląc je na endogeniczne (wulkano-tektoniczne, intruzje magmowe typu centralnego, kopuły skał metamorficznych, wysady solne, brachyantykliny i brachysynkliny) i egzogeniczne (kratery meteorytów, leje krasowe oraz niektóre formy krio-geniczne i eoliczne).

Jedną z takich struktur, której lokalizacja została wyznaczona na podstawie zdjęcia satelitarnego Landsat jest struktura owalna okolic Jawora, której przypuszczalne pochodzenie zostało przedstawione w literaturze przez różnych autorów na dwa różne sposoby. Mroczkowski & Ostaficzuk (1981) nie odrzucają wprowadzić kategorycznie możliwości endogenicznego pochodzenia tej struktury, jednakże uważają, że przypuszczalną przyczyną mógł być upadek meteorytu, którego udar o energii $1 \times 10^{29} - 3 \times 10^{30}$ ergów (rząd przyjmowany na podstawie literatury) mógł spowodować trwałe uszkodzenie skorupy ziemskiej sięgające aż do płaszcza.

Druga z kolei interpretacja (Cwojdzński & Jodłowski, 1982), oparta na wynikach badań geofizycznych prowadzonych metodami magnetycznymi i grawimetrycznymi, zakłada, że anomalie koliste tego typu odpowiadają strukturom magmowym typu dajek pierścieniowych lub odzwierciedlają obecność komór magmowych na większych głębokościach.

Autorzy kolejnego artykułu omawiającego pochodzenie struktury owalnej Jawora (Bażyński & Chilińska, 1985) stanowczo odrzucają możliwość udaru meteorytowego i uważają, że: „istniejący obraz metalogeniczny, występowanie zjawisk wulkano-tektonicznych oraz forma owalna Jawora mają wspólne źródło genetyczne: duże ognisko magmowe, istniejące na znacznej głębokości, wywodzące się z głębokich stref generacji magmy” (*op. cit.*, s. 276).

Niezależnie od dyskusji prowadzonej na temat genezy omawianej struktury, stwierdzono fakt jej głębokiego założenia. Powołując się bowiem na wspomniany już wcześniej międzynarodowy profil geofizyczny (Guterch *et al.*, 1975) można stwierdzić, że na jego linii istnieją dwie wyraźne nieciągłości sięgające strefy Moho, których lokalizacja (34 km i 52 km na NE od Śnieżki) odpowiada dokładnie punktom przecięcia linii profilowej z SW i NE granicami omawianej struktury.

W odróżnieniu od dokładnie udokumentowanej i dobrze widocznej na zdjęciu satelitarnym struktury owalnej Jawora, struktura kolista okolic Jeleniej Góry, opisana przez Antonowicza (1983), jest enigmatyczna. Istnienie tej struktury wyznaczone zostało dzięki fotografowaniu plastycznej mapy Karkonoszy, oświetlonej silnym światłem ukośnym. Dzięki takiej metodzie, układ grzbietów i dolin górskich dał efekt formy kolistej, średnicy około 32 km, zawierającej wewnątrz dwie mniejsze struktury tego typu o średnicach 15–17 km. Rozważając pochodzenie tych form w nawiązaniu do interpretacji Saula (Saul, 1978, *fide* Antonowicz, 1983) przyjmuje

się, że „opisywane struktury powstały w wyniku uderzeń meteorytów przed około 4 mld lat” (Antonowicz, 1983, s. 596). Pogląd taki został jednak poddany krytyce przez Kibitlewskiego (1985).

Lokalizując wspomnianą wyżej strukturę na zdjęciu satelitarnym Landsat autor stwierdził, że jej zachodni brzeg pokrywa się z fotolineamentem, który przebiega łukiem od okolic miejscowości Harrachov w Czechosłowacji w kierunku NW, dalej na N wzdłuż doliny rzeki Izery w kierunku Świebodzic, skąd skręca na NE przebiegając między Mirskiem a Giebułtowem. Dalszy zarys tej formy ani pierścienie wewnętrzne na zdjęciu satelitarnym nie są widoczne.

W kontekście opisanej powyżej struktury okolic Jeleniej Góry, obejmującej swym zasięgiem znaczną część granitu karkonoskiego, można przytoczyć bardzo podobną formę opisaną wyłącznie na podstawie badań geologicznych z rejonu Mogollon Plateau na pograniczu Nowego Meksyku i Arizony w USA (Rhodes, 1975). Na obszarze tym, stanowiącym kompleks skał magmowych, znaleziono szereg wielkich struktur kolistych, spośród których najciekawszymi, z punktu widzenia rozpatrywanych problemów, wydają się Borsum Cauldron oraz Gila Cliff Dwellings Cauldron. Na mapie przedstawionej przez autora (*op. cit.*) wyraźnie widać, że oba kaldrony, średnicy około 45 km każdy, nie są równowiekowe, ponieważ Gila Cliff Dwellings Cauldron, zaznaczony jako regularny krąg, deformuje zarys starszego przypuszczalnie Borsum Cauldron. Opisane struktury nie byłyby może tak interesujące, gdyby nie fakt, że oba kaldrony zawarte są wewnątrz wielkiego kręgu o średnicy około 90 km, ograniczonego strefą głębokich uskoków i ruchów tektonicznych. Te ostatnie, zdaniem Rhodessa (*op. cit.*), stanowiły drogę ekstruzji lawy, a równocześnie wyznaczają przypuszczalny zarys położonego głębiej batolitu (por. Cwojdzinski & Jodłowski, 1982). Wspomniane wcześniej kaldrony stanowią wyraźne kolistе struktury powstałe na skutek zapadania się skał po ekstruzji wulkanitów (latyty, ryolity).

STRUKTURY KOLISTE STRZELINA, ŻŁOTEGO STOKU I ŻULOVEJ

Z przedstawionych wcześniej rozważań wynika, że waryscyjski magmatyzm był ściśle związany z obecnością głębokich stref dyslokacyjnych. Równocześnie analiza zdjęć satelitarnych Landsat wykazała, że oprócz dobrze widocznych fotolineamentów o przebiegu prawie prostoliniowym, istnieją także struktury kolistе. W takiej sytuacji nasuwa się przypuszczenie o ewentualnym związku genetycznym trzech elementów: głębokich stref dyslokacyjnych, struktur kolistych i hercyńskich granitoidów. Zasadniczym celem niniejszego opracowania jest więc wykazanie związku struktur kolistych z masywami granitoidowymi. Cała problematyka, mająca przypuszczalnie odniesienie w wielu regionach występowania hercyńskich granitoidów, została tutaj zawężona do obszaru obejmującego masywy strzeliński, kłodzko-żłostocki i żulowski (Fig. 1, 2). W związku z takim ujęciem problemu autor pozwolił sobie zmienić nazwę jednej z omawianych struktur, zastępując termin „struktura

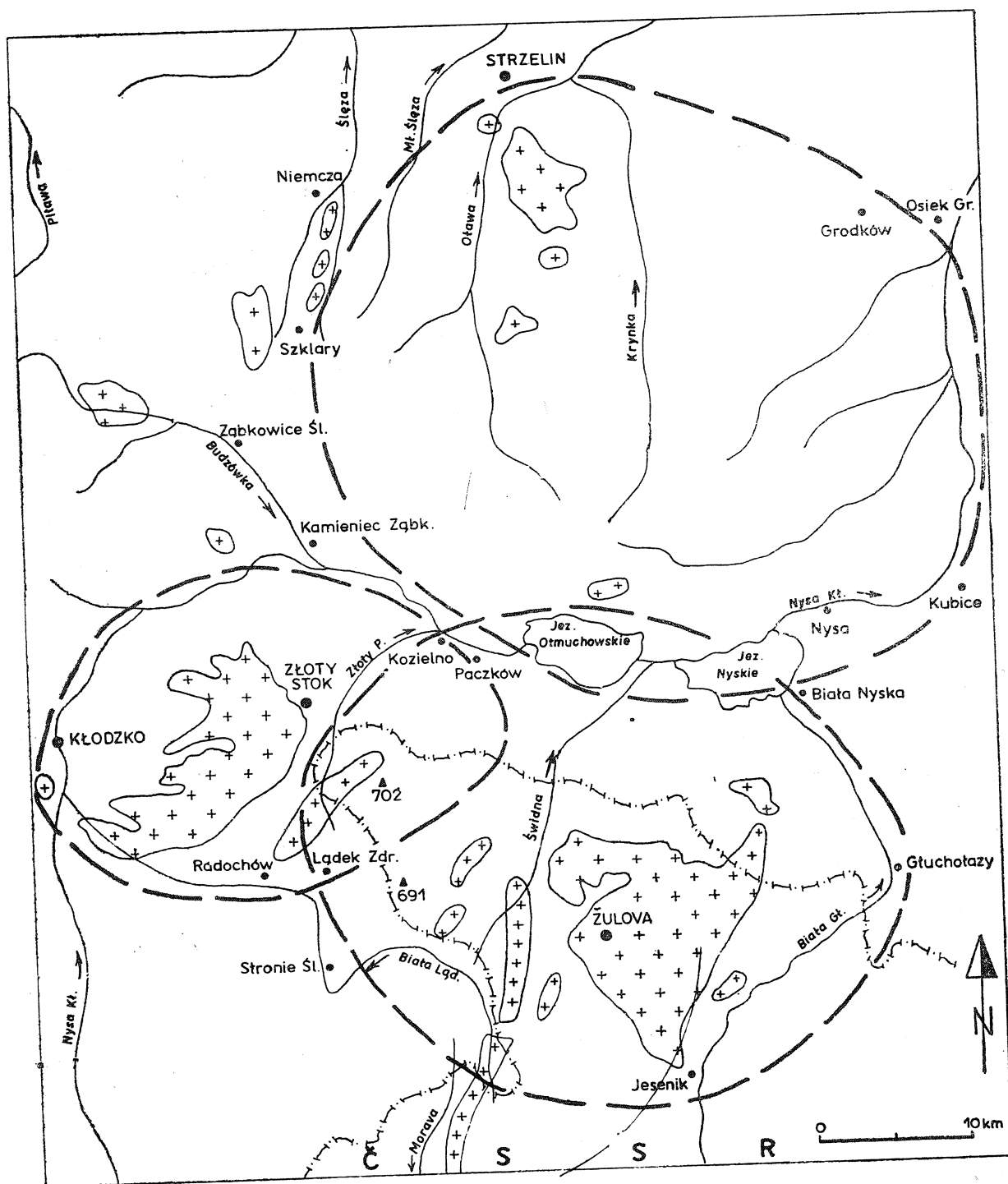


Fig. 2. Główne wystąpienia hercyńskich granitoidów (krzyżyki), zarysy struktur kolistych oraz sieć rzeczna na obszarze badań (wg Geologická Mapa CSSR, 1967, z uzupełnieniami autora)

Fig. 2. Main occurrences of the Hercynian granitoids (crosses), circumferences of the circular structures, and the river system in the investigated area (after Geologická Mapa CSSR, 1976, with the author's modifications)

kolista Paczków-Jesenik" (*sensu* Doktor & Graniczny, 1983) terminem „struktura kolista Żulovej”, uznając, że jest on adekwatny do nazwy otaczanego przez nią masywu.

STRUKTURA KOLISTA STRZELINA

Na zdjęciu satelitarnym (Pl. I, II) struktura ta, średnicy około 45 km, nie wszędzie zaznaczona jest ciągłą strefą. Szerokość tej strefy dochodzi do 1,5 km. Przenosząc obraz uzyskany ze zdjęcia satelitarnego na mapę topograficzną można wykazać, że strefa przebiega od Strzelina łukiem na SW między dolinami Małej Ślęzy i Ślęzy do okolic Szklar, dalej skręca na S dochodząc do doliny Nysy Kłodzkiej, wzdłuż której ciągnie się na SE do Paczkowa. W dalszym przebiegu mija od południa jeziora Otmuchowskie i Nyskie, a następnie skręca na NE zbliżając się w okolicach Kubic ponownie do doliny Nysy Kłodzkiej, wzdłuż której ciągnie się aż do Osieka Grodkowskiego. Stąd skręca ona na NW do Grodkowa i dalej do Strzelina (Fig. 2).

Gdy odniesiemy zasięg omawianej struktury do morfologii i tektoniki terenu, to okaże się, że w 75% zarys jej jest zgodny z przebiegiem dolin Małej Ślęzy i Nysy Kłodzkiej (Pl. III), a zarazem styczny do wykartowanych stref uskokowych (Pl. IV), niektórych fotolineamentów znanych z literatury (Pl. V) i stwierdzonych przez autora (Pl. VI).

STRUKTURA KOLISTA ŻULOVEJ

Struktura ta o kształcie eliptycznym (dłuższa oś 40 km, krótsza 30 km) na zdjęciu satelitarnym (Pl. I, II) zaznacza się jako wyraźnie niezależna od struktury strzelińskiej, z którą zazębia się na odcinku między Białą Nyską a Kozielnem. Dalej zarys tej struktury przebiega wzdłuż doliny Złotego Potoku do okolic Radochowa, skąd skręca na SE do okolic Stronia Śląskiego, a następnie w kierunku Przełęczy Ramzowskiej na granicy z Czechosłowacją. W dalszym przebiegu mija od S i SE Jeseník i nawiązując do kierunku doliny Białej Głucholaskiej skręca w stronę Głucholazów, a następnie do Przełęka (Fig. 2).

Podobnie jak w przypadku struktury strzelińskiej, także i tutaj zarys struktury w znacznym stopniu pokrywa się z przebiegiem dolin rzecznych (50% jej obwodu odpowiada dolinom Nysy Kłodzkiej i Białej Głucholaskiej), co przedstawione zostało na Pl. III. Ponadto wyraźna jest również zgodność zarysu tej struktury z tektoniką obszaru (Pl. IV) oraz stwierdzonymi fotolineamentami (Pl. V, VI).

STRUKTURA KOLISTA ŻŁOTEGO STOKU

Jest to najmniejsza z omawianych trzech struktur, ale równocześnie najlepiej widoczna na zdjęciu satelitarnym (Pl. I, II). Ma ona również kształt eliptyczny (dłuższa oś 25 km, krótsza 20 km). Zarys tej struktury w 75% wyznaczony jest przez doliny Białej Łądeckiej, a następnie Nysy Kłodzkiej, poczynając od Łądka Zdroju przez Kłodzko aż po Kozielno (koło Paczkowa). Dalej zarys struktury skręca na SE i S przebiegając głęboką doliną między górami Jelen (702 m n.p.m.) i Vysoky Kámen (691 m n.p.m.) w Czechosłowacji w kierunku Łądka Zdroju (Fig. 2).

Struktura ta graniczy bezpośrednio ze strukturą strzelińską wzdłuż doliny Nysy Kłodzkiej na odcinku między Kamieńcem Żąbkowickim a Paczkowem, przy czym punkty przecięcia obu struktur wypadają na N od Paczkowa i w okolicach Białej

Nyskiej. Struktura Złotego Stoku zazębia się także ze strukturą Żulovej, dając dwa punkty przecięcia: północno-wschodni znajdujący się w okolicach Kozielna i południowo-zachodni — na S od Ładka Zdroju. Podobnie jak w przypadkach opisywanych wcześniej, także i tutaj zarys struktury podkreślony jest przebiegiem dolin rzecznych (Pl. III) i układa się stycznie do uskoków wykartowanych w terenie (Pl. IV) oraz fotolineamentów stwierdzonych na zdjęciu satelitarnym (Pl. V, VI). Należy również zaznaczyć, że wszystkie wspomniane punkty przecięcia struktur kolistych wypadają w pobliżu punktów przecięcia stwierdzonych na zdjęciu fotolineamentów (Pl. VI).

PRZEBIEG DOLINY NYSY KŁODZKIEJ WZGLĘDEM STRUKTUR KOLISTYCH

Interpretując przedstawione powyżej dane można stwierdzić, że zaobserwowane na zdjęciach satelitarnych Landsat struktury koliste ograniczone są strefami dyslokacyjnymi, odpowiadającymi mniej lub bardziej wyraźnym fotolineamentom (Pl. V, VI). Dobra widoczność tych struktur spowodowana jest wykorzystaniem wspomnianych stref nieciągłości przez rzeki, wśród których najbardziej charakterystyczną wydaje się Nysa Kłodzka (Fig. 2; Pl. III). W górnym odcinku rzeka ta płynie strefą silnego zuskokowania, zwaną ogólnie rowem górnej Nysy, po czym otaczając strukturę kolistą Złotego Stoku skręca na wschód. Na odcinku między Kamieńcem Ząbkowickim a Paczkowem rzeka płynie ku SE, wykorzystując strefę fleksurowo-uskokową (Achramowicz & Lorenc, 1986), widoczną na zdjęciu satelitarnym jako krótki fotolineament stanowiący granicę wszystkich trzech struktur kolistych (Fig. 2; Pl. V, VI). W dalszym biegu Nysa Kłodzka płynie ku wschodowi wzdłuż południowej krawędzi zrębu Kamieńca Ząbkowickiego (Dyjur *et al.*, 1977), co odpowiada fotolineamentowi o przebiegu prawie równoleżnikowym, a będącemu granicą struktur kolistych Strzelina i Żulovej (Pl. VI). Od Jeziora Nyskiego rzeka skręca na NE, zgodnie z kierunkiem krótkiego fotolineamentu widocznego na Pl. VI. Na dalszym odcinku trafia na duży fotolineament o przebiegu NNE-SSW, odpowiadający rozłamowi „morawsko-śląskiemu” i gwałtownie zmienia bieg na północny, otaczając tym samym strukturę kolistą Strzelina (Fig. 2; Pl. VI).

Z przedstawionego powyżej opisu wyraźnie wynika, że przebieg doliny Nysy Kłodzkiej uwarunkowany jest istnieniem stref dyslokacyjnych, wyznaczających zarazem zarysy omawianych struktur kolistych. Ujmując tę sytuację liczbowo można stwierdzić, że na odcinku od Kłodzka do Oieka Grodkowskiego, licząc bez mała 100 km, rzeka ta wyznacza 50% obwodu struktury kolistej Złotego Stoku, 22% obwodu struktury kolistej Żulovej i 50% obwodu struktury kolistej Strzelina.

DYSKUSJA I WNIOSKI

Przedstawiony przykład Nysy Kłodzkiej sugeruje pewne podobieństwo do przebiegu dolin rzecznych otaczających wspomnianą już strukturę owalną Jawora (Mroczkowski & Ostaficzuk, 1981; Cwojdzński & Jodłowski, 1982; Doktor &

Graniczny, 1983; Bażyński & Chilińska, 1985). Dyskusyjna pozostaje jedynie interpretacja genetyczna tych struktur. Brak jasnych przesłanek pozwalających przyjąć uderzenie meteorytowe jako przyczynę powstania struktur kolistych rejonu Strzelin—Złoty Stok—Žulova. Przeczy takiej interpretacji bezpośrednie sąsiedztwo trzech takich struktur, wzajemnie zazębiających się. Wykazując endogeniczne pochodzenie struktur kolistych należy zwrócić uwagę na ich przestrzenną lokalizację względem różnej wielkości fotolineamentów.

Z analizy zdjęcia satelitarnego w korelacji z mapami tektonicznymi wynika, że znaczna część fotolineamentów odpowiada pojedynczym uskokom lub strefom uskoku o niezbyt głębokim założeniu. Na omawianym obszarze istnieją cztery długie fotolineamenty, uznane za głębokie rozłamy: „morawsko-śląski” (*sensu* Škvor, 1976) o przebiegu NNE-SSW, „brzeźny rozłam sudecki” (*sensu* Guterch *et al.*, 1975) o przebiegu NW-SE oraz południowo-wschodnia część „rozłamu śród-sudeckiego” (*sensu* Don, 1984) o przebiegu WNW-ESE (Pl. V). Cechy typowego rozłamu wykazuje także strefa ciągnąca się od Niemczy po okolice Łádka Zdroju (Dziedzicowa, 1979) i dalej na południe od rozłamu „morawsko-śląskiego” (rozłam „śnieżnicki” — *sensu* autor), której przebieg pokrywa się z długim, południkowym fotolineamentem urywającym się na północnej i południowej granicy struktury kolistej Złotego Stoku (Pl. VI). Zdaniem autora, długa strefa tektoniczna Paczków-Kędzierzyn, aktywna od miocenu do dziś (Dyjur *et al.*, 1977), widoczna na zdjęciu satelitarnym jako równoleżnikowy fotolineament (Pl. VI), może być założona na znacznie starszej, głębokiej dyslokacji, wykazując tym samym również pewne cechy rozłamu.

Dane pochodzące z analizy zdjęć satelitarnych przedstawione na Pl. V i VI wyraźnie wskazują, że hercyńskie granitoidy omawianych trzech masywów pojawiają się na powierzchni Ziemi w bezpośrednim sąsiedztwie głębokich rozłamów, które z pewnością stanowiły strefy umożliwiające migrację magmy ku górze. Ponadto, granitoidy te zajmują wszędzie pozycję centralną omawianych struktur kolistych, co nasuwa przypuszczenie, że istnieje jakiś związek genetyczny między magmatyzmem a powstaniem tych struktur. Związku takiego nie można jednak wyjaśnić przyjmując założenie Michniewicza (1981), że intruzje te leżą peryferycznie względem rozłamów i mają charakter pokładowy, a jednokierunkowa migracja magmy postępowała zgodnie z powierzchniami foliacji skał osłony. Po uwzględnieniu rozmiarów ciał granitoidowych oraz ich pierwotnej głębokości tworzenia się, słuszność takiego założenia, z fizycznego punktu widzenia, wydaje się mało prawdopodobna. Poza tym, jak już wspomniano wcześniej, ostatnie badania prowadzone na terenie masywu strzelińskiego wykazały, że intruzja ta nie ma charakteru pokładowego i nie powstała na skutek migracji magmy ku wschodowi (Michniewicz, 1981), lecz jest intruzją typowo niezgodną, dwuetapową, która przemieszczała się stromo ku NW (Lorenc, 1984a, b; Achramowicz & Lorenc, 1986).

Przedstawiając hipotetyczny model rozwoju intruzji strzelińskiej autorzy (Achramowicz & Lorenc, 1986) wykazali, że miało tu miejsce dwukrotne podnoszenie i subsydencja skał osłony dachowej, które to procesy były przyczyną powstania charakterystycznych zespołów uskoku. Należy zaznaczyć, że strome wypiętrzanie

masywu strzełińskiego szczególnie wyraźnie zostało zaznaczone w skałach metamorficznych jego południowej osłony w rejonie Doboszowic (na wschód od Kamieńca Ząbkowickiego), gdzie stwierdzono istnienie strefy fleksurowo-uskokowej o przebiegu NW-SE. Nie jest też dziełem przypadku, że strefa ta łączy się z linią tektoniczną Paczków-Kędzierzyn, a co istotniejsze, leży dokładnie na południowo-zachodnim obwodzie struktury kolistej Strzelina. Ponadto, jak już wspomniano, rejon ten jest strefą graniczną wszystkich trzech omawianych struktur kolistych (Fig. 2; Pl. I, II III, VI).

Bardzo interesująca jest również lokalizacja masywu kłodzko-złotostockiego, umiejscowionego centralnie na fotolineamencie odpowiadającym rozłamowi „śnieżnickiemu” (*sensu* autor; por. Dziedzicowa, 1979) o przebiegu prawie południkowym (Pl. V, VI). Ciągąc się od okolic Śnieżnika fotolineament ten wyraźnie urywa się na południowym obwodzie struktury kolistej otaczającej wspomniany masyw i kontynuuje swój przebieg dalej na północ, począwszy od północnego obwodu tej struktury. Sytuacja taka pozwala przypuszczać, że migracja magmy granitoidowej związana była z dyslokacją odpowiadającą temu właśnie fotolineamentowi. Z kolei brak ciągłości południkowych linii tektonicznych na całym obszarze struktury kolistej (*n. b.* najwyraźniej widocznej spośród omawianych trzech), może być efektem kopułowego wypiętrzania masywu i tworzenia się nowych struktur tektonicznych na podobnych zasadach jak w przypadku masywu strzełińskiego (Achramowicz & Lorenc, 1986).

W świetle przedstawionych powyżej interpretacji pochodzenie struktury kolistej Żulovej może być podobne. Masyw granitoidowy, którego morfologiczny zarys ma formę trójkąta skierowanego wierzchołkiem na południe, leży dokładnie w centrum trójkątnego obszaru wyznaczonego przez rozłamy „morawsko-śląski” od SE, „brzeżny sudecki” od SW oraz strefą dyslokacyjną Paczków-Kędzierzyn od N. Taka lokalizacja z jednej strony wyklucza raczej jednokierunkową migrację magmy i pokładowy charakter masywu, sugerując z drugiej strony kopułową deformację skał osłony dachowej.

Analizując zarys struktury kolistej Żulovej, warto zwrócić uwagę na jej brzeg północny i północno-zachodni, czyli na strefy graniczne z analogicznymi strukturami Strzelina i Złotego Stoku, gdzie struktury te zachodzą na siebie wzajemnie, wyznaczając obszary wspólne. Taka sytuacja może być pomocna dla wy tłumaczenia przypuszczalnego pochodzenia struktur kolistych, sugerując jako przyczynę raczej procesy endogeniczne niż udary meteorytowe.

Analiza pól naprężeń powstających przy powolnym, a miejscami wieloetapowym wypiętrzaniu i subsydencji z jednej strony oraz gwałtownym uderze meteorytowym z drugiej, przy równoczesnym uwzględnieniu jednakowo ostrego zarysu sąsiadujących ze sobą struktur w obrębie wspólnego pola, wydaje się jednoznacznie wskazywać na endogeniczne pochodzenie trzech omawianych struktur kolistych.

Należy zaznaczyć, że nie wszystkie fotolineamenty układające się stycznie do zarysu omawianych struktur są głębokimi rozłamami sięgającymi strefy Moho.

Rozłamy takie stanowiły jedynie strefy umożliwiające migrację magmy w wyższe poziomy skorupy, podczas gdy znaczna większość dyslokacji widocznych na zdjęciach satelitarnych jako linie styczne do obwodu struktur kolistych to przypuszczalnie strefy nieciągłości zaznaczone wyłącznie w skałach skorupy, stanowiących osłonę dachową postępujących ku górze intruzji granitoidowych.

Analiza przedstawionego materiału nasuwa jeszcze jeden wniosek natury regionalnej, wynikający z faktu istnienia długiej i przypuszczalnie głęboko założonej strefy dyslokacyjnej Paczków-Kędzierzyn. Strefa ta widoczna na zdjęciu satelitarnym jako wyraźny fotolineament, przebiegając między dwiema spośród omawianych struktur kolistych rozdziela równocześnie dwa masywy granitoidowe: Strzelina i Żulovej. Jak wykazują aktualne badania autora obejmujące analizę petrograficzną skał magmowych oraz zawartych w nich enklaw (Lorenc, 1984a, b), istnieją pewne przesłanki pozwalające przypuszczać, że omawiane granitoidy należą do dwu oddzielnych masywów. W takiej sytuacji, uwzględniając wcześniejsze sugestie Oberca (1972) oraz fakt istnienia wspomnianego fotolineamentu, należałoby oba masywy traktować jako odrębne jednostki geologiczne, dezaktualizując zatem często spotykaną w literaturze nazwę „masyw Strzelin-Żulova”.

PODSUMOWANIE

Podsumowując przedstawione przesłanki można przyjąć, że przyczyn powstania struktur kolistych widocznych na zdjęciach satelitarnych Landsat, a otaczających masywy hercyńskich granitoidów należy upatrywać w procesach endogenicznych. Struktury takie mogły bowiem powstać nad zbiornikami magmowymi, zarówno przy podnoszeniu się kopuł, jak i przy kolapsacji stropu nad intruzją. Nie jest również wykluczone, że zarysy tych struktur mogą wyznaczyć przybliżony zasięg głęboko usytuowanych intruzji, których pulsacja powodowała ruchy (wypiętrzanie, subsydencja) skał osłony dachowej i tworzenie się odpowiednio zorientowanych stref dyslokacyjnych (por. Achramowicz & Lorenc, 1986).

Przedstawiona powyżej interpretacja pozostaje również w zgodzie z danymi wcześniej opublikowanymi, obejmującymi ogólnie struktury tego typu na terenie Sudetów i ich przedpola (m. in. Cwojdzński & Jodłowski, 1982; Doktor & Graniczny, 1983). W pracach tych zakłada się bowiem, że omawiane struktury wyznaczają zasięg komór magmowych na większych głębokościach, a równocześnie zasięg spękań i uskoków powstających w trakcie intensywnych ruchów pionowych nad tworzącymi się intruzjami typu centralnego.

PODZIĘKOWANIA

Pragnę gorąco podziękować dr. Jerzemu Mroczkowskiemu i mgr. inż. Stanisławowi Achramowiczowi za krytyczne dyskusje podczas przygotowywania tego artykułu, jak również mojej żonie mgr Halinie Lorenc i Panu Tadeuszowi Tułasiewiczowi za pomoc w wykonywaniu części fotograficznej pracy.

LITERATURA CYTOWANA — REFERENCES

- Achramowicz, S. & Lorenc, M., 1986. Przypuszczalny związek przebiegu intruzji magmy mieszanej z rozwojem struktur nieciągłych w skałach metamorficznych masywu strzelińskiego (Dolny Śląsk). Inferred genetic connection between mixed-type magmatic intrusion development and formation of faults in metamorphic cover: example of Strzelin massif (Lower Silesia, Poland). *Ann. Soc. Geol. Polon.*, 56: 73–108.
- Antonowicz, L., 1983. „Blizna” (scar) powstała w wyniku uderzenia meteorytu w okolicach Jeleniej Góry. The scar of large meteorite impact near Jelenia Góra (Sudetic Mts). *Prz. Geol.*, 11: 596–597.
- Bażyński, J. & Chylińska, H., 1985. Forma owalna Jawora i jej implikacje geologiczne. Oval form and its geological and metallogenic implications. *Prz. Geol.*, 5: 274–277.
- Bażyński, J. & Graniczny, M., 1978. Fotolineamenty i ich znaczenie w geologii. Photolineaments and their geological significance. *Prz. Geol.*, 5: 288–296.
- Bażyński, J., Doktor, S. & Graniczny, M., 1984. *Mapa fotogeologiczna Polski, 1 : 1 000 000*. Photogeologic Map of Poland. Wyd. Geol., Warszawa.
- Cwojdzinski, S. & Jodłowski, S., 1982. „Plamowe” koncentracje bazaltowe Masywu Czeskiego i Dolnego Śląska. „Stained” basaltic concentration of the Bohemian Massif and the Lower Silesia. *Biul. Inst. Geol.*, 341: 201–229.
- Doktor, S. & Graniczny, M., 1983. Struktury koliste i pierścieniowe na zdjęciach satelitarnych — ich geneza i znaczenie. Circular and ring-like structures in satellite photos — their origin and significance. *Prz. Geol.*, 1: 30–37.
- Don, J., 1984. Kaledonidy i waryscydy Sudetów Zachodnich. The Caledonides and Variscides in the Western Sudetes. *Prz. Geol.*, 8/9: 201–229.
- Dyjur, S., Dendewicz, A., Grodzicki, A. & Sadowska, A., 1977. Neogeńska i staropiejestoczeńska sedimentacja w obrębie stref zapadliskowych rowów Paczkowa i Kędzierzyna. The Neogene and old-Pleistocene sedimentation in the Paczków and Kędzierzyn graben zones, Southern Poland. *Geol. Sudetica*, 13: 31–62.
- Dziedzicowa, H., 1979. Problem genezy magm bazaltowych i ich związek z ultrabazytami strefy Niemczy. Proponowany model reżimu geotektonicznego. Problem of the origin of basaltic magmas and their connection with the Niemcza zone ultrabasites; proposed model of geotectonic regime. *Materiały Konferencji Terenowej. Nowa Ruda, 8–9 września 1979*. Wyd. Uniw. Wrocław, pp. 107–117.
- Guterch, A., Materzok, R., Pajchel, J. & Perchuć, E., 1975. Sejsmiczna struktura skorupy ziemskiej w świetle badań metodą głębokich sondowań sejsmicznych. Seismic structure of Earth's crust and upper mantle along the international profile VII in the light of studies by deep seismic soundings method. *Prz. Geol.*, 4: 153–163.
- Kibitlewski, S., 1985. Jeszcze raz o strukturach kolistych: identyfikacja, interpretacja oraz aspekty praktyczne. Once more on ring structures; their identification, interpretation and practical aspects. *Prz. Geol.*, 10: 562–567.
- Kodym, O., Fusán, O. & Matejka, A. (eds), 1967. *Geologická Mapa CSSR, 1 : 500 000*, UUG, Praha.
- Lorenc, M., 1984a. Petrogeneza ksenolitów w granitoidach strzelińskich. Petrogenesis of xenoliths in the Strzelin granitoids. *Geol. Sudetica*, 18: 133–163.
- Lorenc, M., 1984b. Enklawy homeogeniczne (autolity) jako wskaźnik magmowego pochodzenia granitoidów strzelińskich. Endogenous enclosures (autoliths) as evidence of magmatic origin of the Strzelin granitoids. *Geol. Sudetica*, 19: 75–95.
- Michniewicz, M., 1981. Próba interpretacji wczesnych etapów tektogenezy Sudetów w nawiązaniu do teorii diapiryzmu wgłębnego oraz koncepcji głębokich rozłamów. Early stages of the tectogenesis of Sudetes Mts as interpreted in the light of deep diapirism theory and the concept of deep fractures. *Geol. Sudetica*, 16: 75–137.
- Mroczkowska, B., Mroczkowski, J. & Ostaficzuk, S., 1983. Origin of the Cieplice thermal waters

- an example of Landsat image analysis in hydrogeology. *Bull. Acad. Pol. Sci., Ser. Sci. Terre*, 31: 21–25.
- Mroczkowski, J. & Ostaficzuk, S., 1981. A ring structure near Złotoryja—Świerzawa—Jawor (Western Sudetes). *Bull. Acad. Pol. Sci., Ser. Sci. Terre*, 29: 157–166.
- Mroczkowski, J. & Ostaficzuk, S., 1985. 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. *Geol. Sudetica*, 20, 1.
- 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.*, 8: 478–488.
- Oberc, J., 1966. Geologia krystaliniku Wzgórz Strzebińskich. Geology of crystalline rocks of the Wzgórz Strzebińskie Hills, Lower Silesia. *Stud. Geol. Polon.*, 20: 9–163.
- Oberc, J., 1972. Sudety i obszary przyległe. In: W. Pożaryski (ed.), *Budowa geologiczna Polski*, 4 (2), *Tektonika*. Wyd. Geol., Warszawa, 307 pp.
- Pitcher, W. S., 1978. The anatomy of batholith. *J. Geol. Soc. London*, 135: 157–182.
- Pożaryski, W., 1975. Interpretacja geologiczna wyników głębokich sondowań sejsmicznych na VII profilu międzynarodowym. Geological interpretation of DDS international profile VII. *Prz. Geol.*, 4: 163–171.
- Rhodes, R. C., 1975. Petrologic framework of the Mogollon Plateau volcanic ring complexe, New Mexico — surface expression of a major batholith. *New Mexico Geol. Soc. Spec. Publ.*, 5: 103–112.
- 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.*, 6: 309–311.
- Škvor, V., 1976. Weakened zones and a model of geological development of NW part of the Bohemian Massif. *Krystalinikum*, 12: 129–142.
- Škvor, V., 1979. The reactivation of the ancient structure and corresponding changes in the Earth's crust. An example of the Bohemian Massif. *Geol. Rund.*, 68: 793–804.
- Teisseyre, J. H., 1973. Structural development and petrology of eastern part of the Karkonosze granite cover. In: *Revue des problèmes géologiques des zones profondes de l'écorce terrestre en Bassé Silesie. La guide á XV-e Session de l'AZOPRO*, Wyd. Geol., Warszawa pp. 146–154.
- Wójcik, L., 1968. The Strzelin granitoid massif and its cover. *Biul. Inst. Geol.*, 17: 121–145.

Summary

CIRCULAR STRUCTURES AROUND HERCYNIAN GRANITOID MASSIFS (STRZELIN, KŁODZKO-ZŁOTY STOK, ŽULOVA), SUDETES, POLAND — — INTERPRETATION OF THE LANDSAT SATELLITE IMAGE

Marek W. Lorenc

In the Landsat satellite image of the Sudetes and their foreland (scale 1 : 600 000) there appears more or less regular system of lineaments, which in the field are equivalent to 0.3–0.6 km wide dislocation zone.

More detailed study of the lineaments has been made in Karkonosze Mts. and Izerskie Mts. (Mroczkowska *et al.*, 1983; Mroczkowski & Ostaficzuk, 1985) where

it was evidenced that they are parallel to the drainage system, course of lithological boundaries, large faults, and dykes in granites. Moreover, it is supposed that some of the lineaments are of a deep-fault type.

Using the other lines of evidence, Michniewicz (1981) recognized numerous deep-fault systems cutting across the Sudetes and their foreland. The cited author also attempted correlation of granitoid magma intrusions and deep-fault zones. In his opinion (*op. cit.*) the deep faults appear at places where bottom parts of intrusions occur, while the upper levels of these intrusions reveal peripheral and horizontal positions in relation to the above-mentioned dislocations.

Correlation of the Landsat satellite images with topographical and geological maps, demonstrates that most of lineaments visible in the image correspond with single faults or not very deep fault-zones. In the Landsat image of the investigated area, there are three long lineaments defined as deep-fault zones: "Moravian-Silesian" (*sensu* Škvor, 1976) trending NNE-SSW, "Marginal Sudetic" (*sensu* Gutterch *et al.*, 1975) trending NW-SE, and southeastern part of the "Intrasudetic" deep-fault zone (*sensu* Don, 1984) trending WNW-ESE. In the present author's opinion, the long dislocation zone of Paczków-Kędzierzyn, trending W-E and active since Tertiary up to now (Dyjur *et al.*, 1977) might have developed on the older deep-fault zone, too. Similarly, deep character is displayed by the meridional lineament stretching along marginal fault of the Upper Nysa Kłodzka graben to the Kłodzko-Złoty Stok granitoid massif, and continuing further north along the Niemcza dislocation zone.

Circular lines represent the other kind of structures visible in the satellite image. Such structures have been described in Western Sudetes (Karkonosze Mts. and Izerskie Mts.) by Mroczkowski & Ostaficzuk (1981) and by Antonowicz (1983). These structures are supposed to result from the meteoritic impact, though Mroczkowski & Ostaficzuk (1981) do not finally exclude a possibility of endogenic origin.

Another interpretation of the same structures is given by Cwojdzinski & Jodłowski (1982) and Bażyński & Chilińska (1985) who suggest that circular structures can be interpreted as the surface expression of underlying magmatic chambers.

Circular structures of a typical endogenic origin have been described in the magmatic complex of Mogollon Plateau (Rhodes, 1975). Two, 40-km in diameter, ash-flow cauldrons (Borsum Cauldron and Gila Cliff Dwellings Cauldron) are enclosed within the large circle of a 90-km diameter, delimited by a deep-fault zone. It is supposed that the cauldron sequence erupted from shallow secondary cupolas that separated as volatile-rich fractions from the underlying batholith. In such a case, deep-seated fractures of the large circle's circumference, delineate margins of a major granitic batholith (Rhodes, 1975).

The present author found similar circular structures in the Landsat satellite image of Eastern Sudetes and their foreland (Figs 1, 2; Pl. I, II). Circumferences of these structures surround Hercynian granitoid massifs of Strzelin, Kłodzko-Złoty Stok and Žulova, and run along dislocation zones that are followed by the rivers (Pl. III, IV). Studying circumferences of the circular structures one can notice that they overlap close to the dislocation zone of Doboszowice and Paczków-Kędzie-

rzyn. This observation is significant when considering a possible origin of the circular structures, in particular alternative possibility of meteoritic impact or endogenic processes.

Analysis of the stress field formed during: (1) meteoritic impact and (2) slow multistage uplift and subsidence, seems to support the latter endogenic origin of all the considered circular structures.

It should be pointed that not all lineaments tangent to the circumferences of the considered structures are of a deep-fault type, reaching the Moho zone. The latter fractures formed major pathways for magma rising into upper levels of the crust, while most of dislocations around the circumferences of circular structures are probably marked only in the roof-cover of the granitoid intrusions.

Recapitulating, it is possible that circular structures could form above magmatic chambers either during copula uplift or subsidence of the roof-cover of intrusions. It is possible that circumferences of these structures delineate approximate extent of the deep-seated intrusions, the pulsation of which caused movements (uplifting, subsidence) of the roof-cover resulting in various systems of faults (Achramowicz & Lorenc, 1986).

From the analysed material there appears one more conclusion concerning the presence of supposedly deep-seated dislocation zone of Paczków-Kędzierzyn. This zone, visible in the Landsat image as a long lineament between two circular structures, divides two granitoid massifs of Strzelin and Żulova (Pl. V, VI). Taking into account the earlier suggestions made by Oberc (1972) and the analyses of igneous rocks and their enclaves made previously by the present author (Lorenc, 1984a, b), both the massifs should be treated as two independent geological units. Thus, the name "Strzelin-Żulova granitoid massif" so frequently used in the geological literature, should no longer be used.

OBJAŚNIENIA PLANSZ — EXPLANATIONS OF PLATES

Plansza — Plate I

Zdjęcie satelitarne Sudetów i ich przedpola
Satellite image of the Sudetes and their foreland

Plansza — Plate II

Zdjęcie satelitarne obszaru badań (fragment zdjęcia Pl. I)
Satellite image of the investigated area (fragment of the photograph in Pl. I)

Plansza — Plate III

Zarysy struktur kolistych widocznych na zdjęciu satelitarnym na tle sieci rzecznej oraz głównych wystąpień hercyńskich granitoidów (białe pola)
Circumferences of the circular structures visible in the satellite image against a background of the river system and the main occurrences of the Hercynian granitoids (white patches)

Plansza — Plate IV

Przebieg struktur nieciągłych względem głównych wystąpień hercyńskich granitoidów (wg Geologiczną Mapę CSSR, 1967; Oberc, 1966, 1972; Achramowicz & Lorenc, 1986)

Course of disjunctive structures in relation to the main occurrences of the Hercynian granitoids (after Geologická Mapa CSSR, 1967; Oberc, 1966, 1972; Achramowicz & Lorenc, 1986)

Plansza — Plate V

Przebieg fotolineamentów względem głównych wystąpień hercyńskich granitoidów (wg: Michniewicz, 1981 — linie kropkowane; Solecki, 1982 — prostokąty; Bażyński *et al.*, 1984 — linie ciągłe i przerywane). Rozłamy: 1 — „sudecki brzeżny” (*sensu* Guterch *et al.*, 1975), 2 — „morawsko-śląski” (*sensu* Škvor, 1976), 3 — „morawsko-śląski” (*sensu* Michniewicz, 1981), 4 — „śródsudecki” (*sensu* Don, 1984)

Course of lineaments in relation to the main occurrences of the Hercynian granitoids (after: Michniewicz, 1981 — dotted lines; Solecki, 1982 — rectangles; Bażyński *et al.*, 1984 — continuous and dashed lines). Deep-fault zones: 1 — “Marginal Sudetic” (*sensu* Guterch *et al.*, 1975), 2 — “Moravian-Silesian” (*sensu* Škvor, 1976), 3 — “Moravian-Silesian” (*sensu* Michniewicz, 1981), 4 — “Intrasudetic” (*sensu* Don, 1984)

Plansza — Plate VI

Przebieg fotolineamentów (linie ciągłe) oraz zarysy struktur kolistych (linie przerywane) stwierdzone przez autora na zdjęciu satelitarnym Landsat. Rozłamy: 1 — „sudecki brzeżny” (*sensu* Guterch *et al.*, 1975), 2 — „morawsko-śląski” (*sensu* Škvor, 1976), 3 — „śnieżnicki” (*sensu* autor), 4 — strefa tektoniczna Paczków-Kędzierzyn (*sensu* Dyjor *et al.*, 1977)

Course of lineaments (continuous lines) and the circular structures circumferences (dashed lines) found by the author in the Landsat satellite image. Deep-fault zones: 1 — “Marginal Sudetic” (*sensu* Guterch *et al.*, 1975), 2 — “Moravian-Silesian” (*sensu* Škvor, 1976), 3 — “Śnieżnik” (*sensu* author), 4 — Paczków-Kędzierzyn tectonic zone (*sensu* Dyjor *et al.*, 1977)

