

ELŻBIETA PILECKA\*

## Możliwości wykorzystania zdjęć satelitarnych do analizy sejsmotektonicznej Legnicko-Głogowskiego Okręgu Miedziowego

### Słowa kluczowe

Lineamenty, tektonika, sejsmiczność

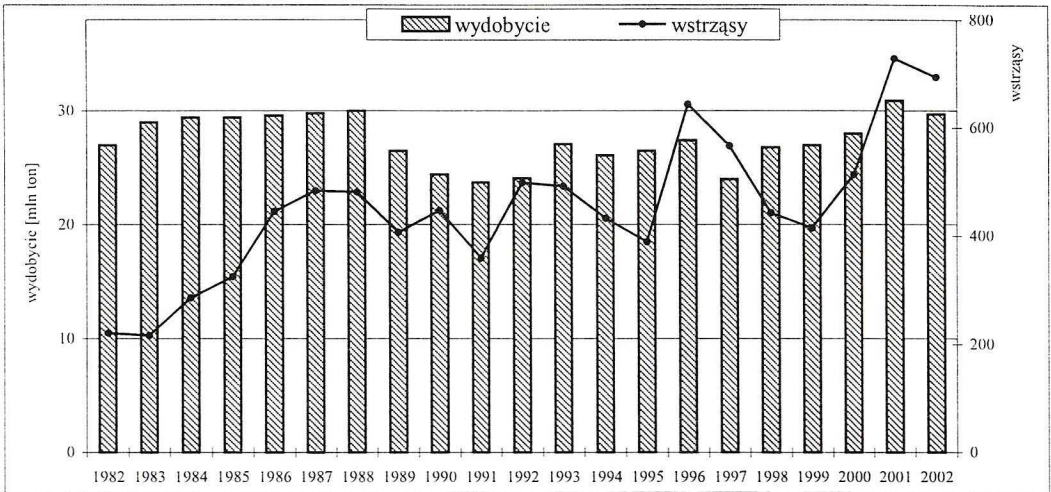
### Streszczenie

W artykule przedstawiono analizę lineamentów wyznaczonych ze zdjęć satelitarnych i tektoniki Lubińsko-Głogowskiego Okręgu Miedziowego. Tektonika wpływa znacząco na sejsmiczność, szczególnie w zakresie wysokoenergetycznych wstrząsów. W rejonie LGOM występują dwa regionalne megalineamenty, które prawdopodobnie mają związek z rozłamem wglębnym w skorupie ziemskiej. Tektonika przedpermska może determinować zachowanie się stref uskokowych w złożu, których budowa jest bardzo skomplikowana z uwagi na wielofazowość powstawania tych stref. Jednakże najsilniejszy wpływ miała aktywność tektoniczna w fazie laramijskiej, nakładając się na starsze fazy górotwórcze. Poruszony problem jest istotny i nadal aktualny z uwagi na utrzymującą się na obszarze LGOM znaczną ilość wysokoenergetycznych wstrząsów. Ma on znaczenie dla ochrony obiektów powierzchniowych i podziemnych oraz bezpieczeństwa powszechnego na terenach górniczych.

### Wprowadzenie

Tereny górnicze stanowią w Polsce znaczny udział w ogólnej powierzchni kraju. Są to tereny w znacznym stopniu zurbanizowane i bezpieczeństwo powszechne jest dla nich ważną problematyką. Jednym z istniejących zagrożeń są wstrząsy, które dotyczą w szczególności terenów, na których prowadzi się podziemną eksploatację górniczą. Najbardziej niebezpieczne są wstrząsy wysokoenergetyczne, które mogą spowodować groźne tapnięcia i szkody na powierzchni terenu. Wstrząs wysokoenergetyczny przyjmuje się umownie jako równy lub większy od  $10^5$  J.

\* Dr, Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN, Kraków.



Rys. 1. Wstrząsy wysokoenergetyczne na tle wydobycia w kopalniach rud miedzi (Magiera, Mirck 2001, uzupeł.)

Fig. 1. High-energy tremors in comparison of copper ore output (Magiera, Mirck 2001, updated)

Eksploatacji złoża rudy miedzi w Lubińsko-Głogowskim Okręgu Miedziowym towarzyszy wysoka aktywność sejsmiczna. Wydobycie rudy miedzi pochodzi w całości ze złóż zagrożonych tąpnięciami. Jak można zauważyć (rys. 1), liczba wstrząsów wysokoenergetycznych w kopalniach rud miedzi wykazuje tendencję wzrostową. W analizach wstrząsów sejsmicznych, szczególnie wysokoenergetycznych, tektonika złoża należy do jednych z ważniejszych przyczyn. Istotne jest poznanie głębokiej tektoniki, nie tylko na poziomie wydobywania złoża.

### 1. Możliwości wykorzystania zdjęć satelitarnych do analizy sejsmotektonicznej

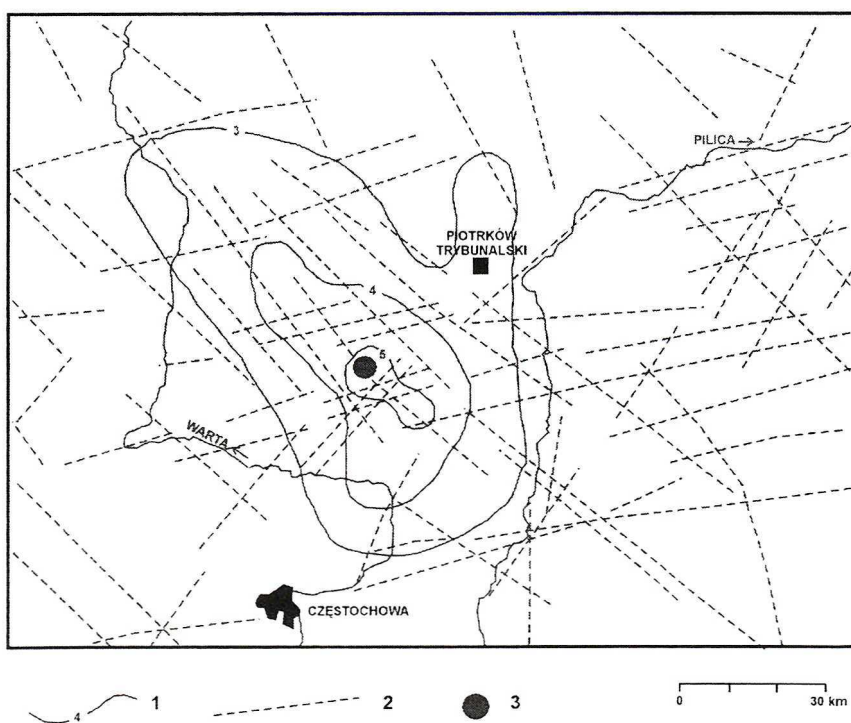
W poznaniu głębokiej budowy geologicznej pomocne mogą być najnowsze zdobycze techniki, jakimi są zdjęcia satelitarne. Na zdjęciach tych na powierzchni Ziemi widoczne są charakterystyczne linie zwane lineamentami. Widoczne są one na zdjęciach z satelitów np. Landsat 2,3 krążących na orbicie 900 km, nachylonej pod kątem  $99^\circ$  do równika, rejestrujących obraz  $185 \times 185$  km, wyposażonych w skanery wielospektralne. Pojęcie lineament w literaturze polskiej stosowane jest jako „możliwa do zinterpretowania cecha liniowa powierzchni (lub ich kompozycja) zorientowana w całości lub na pewnych odcinkach prostoliniowo i odzwierciedlająca prawdopodobnie pewne zjawiska w podłożu” (O’Leary i in. 1976; Ostaficzuk 1981).

Na znaczenie lineamentów w analizach sejsmotektonicznych zwrócił już uwagę Hobbs (1912). Stwierdził on, że natura lineamentów jest z reguły złożona, lecz w każdym przypadku stanowi ona odzwierciedlenie głębokich zjawisk w podłożu. Również w Polsce podjęto badania związku lineamentów z budową geologiczną. Graniczny (1994) podał interpretację związku lineamentów z budową geologiczną jako: granicy w charakterystyce cech fizycznych i chemicznych skał oraz granicy odzwierciedlającej skutki procesów mechanicznych w skałach (strefy

spękań, uskoki, nasunięcia). Lineamenty potwierdzają się w badaniach geofizycznych jako nieciągłe strefy tektoniczne. Takim strefom może towarzyszyć aktywność sejsmiczna. Na rysunku 2 przykładowo pokazano lokalizację ogniska wstrząsu z 1980 roku w rejonie Bełchatowa na tle przebiegu lineamentów.

Graniczny i Mizerski (2003) przedstawili rezultaty interpretacji lineamentów w Polsce, z której wynika zgodność większości lineamentów ze stwierdzonymi istniejącymi strefami dyslokacyjnymi. Lineamenty mogą być dobrym wskaźnikiem występowania w podłożu granic między blokami skorupy ziemskiej. Z analizy lineamentów na obszarze Polski wynika duża regularność ich występowania. Dominującym ich kierunkiem jest NW-SE i NE-SW i jest on nadrzędny w stosunku do jednostek geologiczno-tektonicznych. Można więc mówić o związku tego systemu z przebiegiem rozłamów wglębnych (Graniczny i Mizerski 2003), które mają generalnie takie kierunki i należy je wiązać z procesami typu planetarnego.

Rozpatrując możliwości wykorzystania lineamentów do analizy zjawisk sejsmotektonicznych, należy też zwrócić uwagę, że natura wszystkich lineamentów wyznaczonych ze zdjęć satelitarnych nie jest dotychczas wyjaśniona. Niemniej znajomość przyczyn zjawisk sejsmicznych daje możliwość zapobiegania ich skutkom.



Rys. 2. Mapa lineamentów na tle izosejst wstrząsu z 29.11.1980 r. w rejonie Bełchatowa (Graniczny 1991)

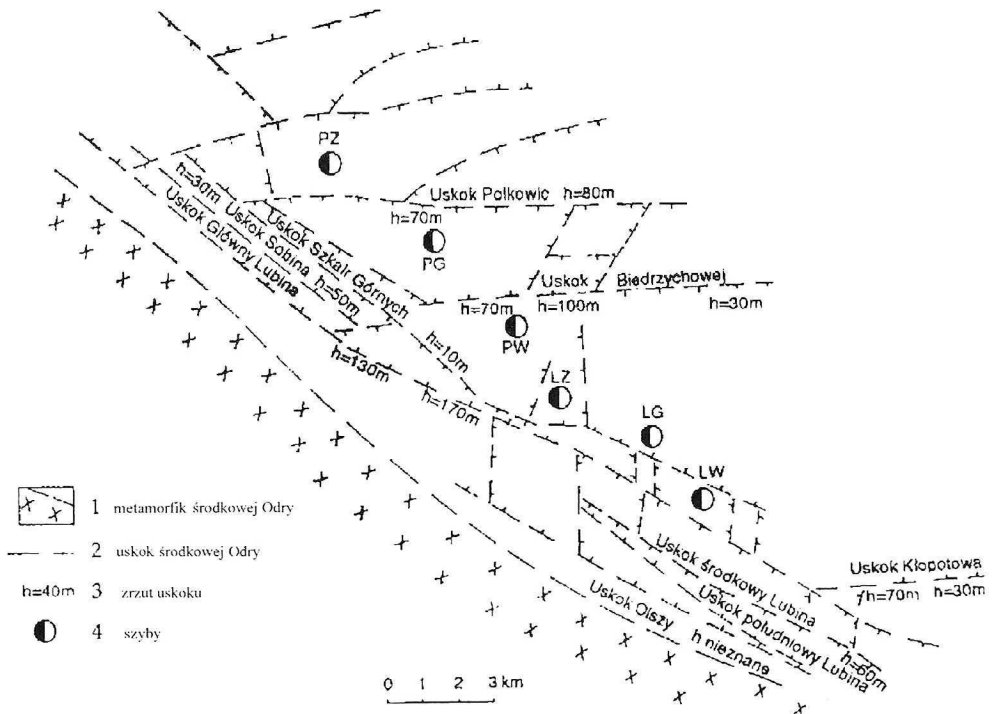
1 — izosejsty, 2 — główne lineamenty, 3 — epicentrum wstrząsu

Fig. 2. Map of lineaments with isoseist lines of tremor dated 29.11.1980 near Bełchatów (Graniczny 1991)

1 — isoseist line, 2 — main lineaments, 3 — epicenter of the tremor

## 2. Tektonika Legnicko-Głogowskiego Okręgu Miedziowego

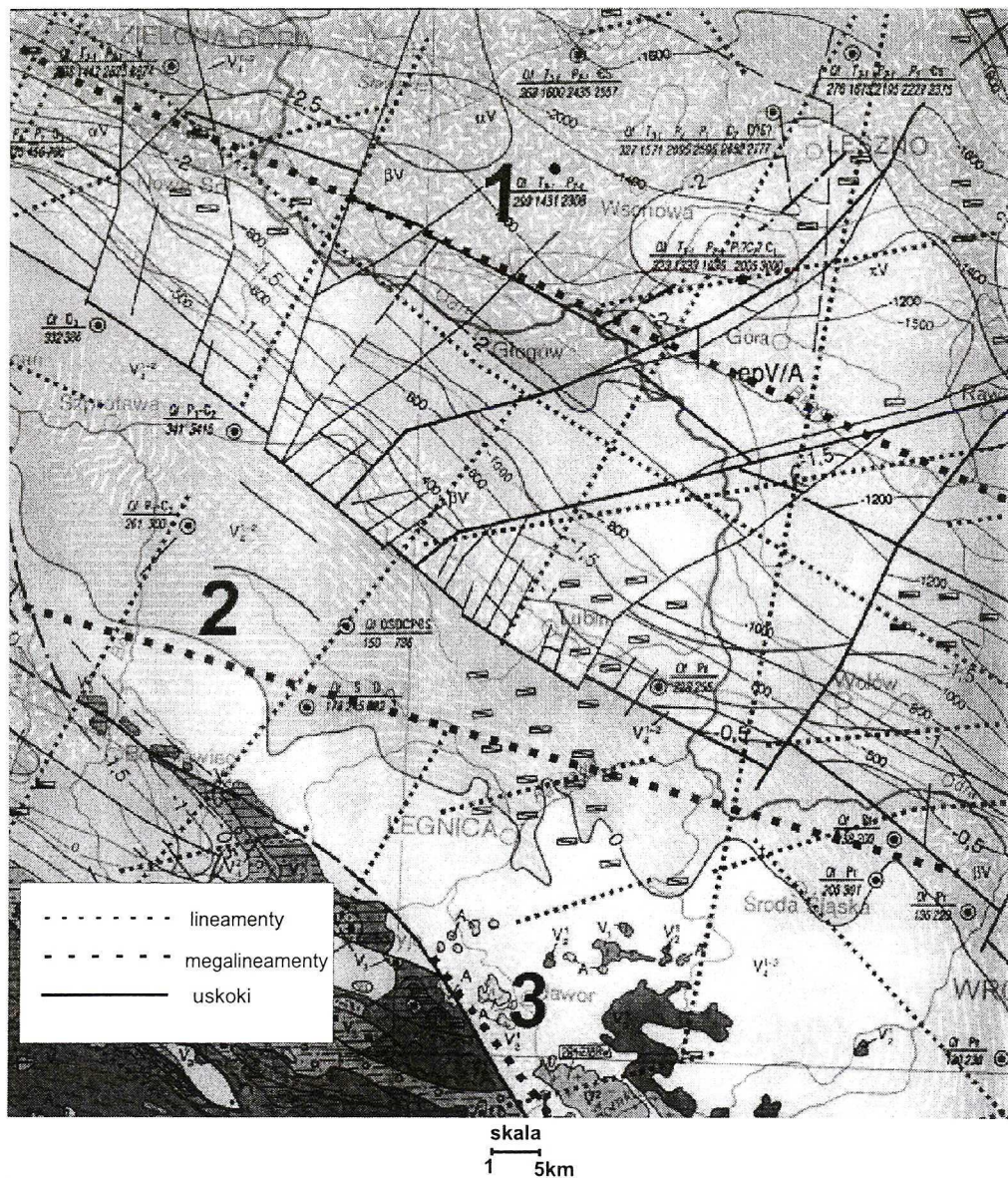
Złoża rud miedziowo-polimetalicznych należą do prowincji cechsztyńskich łupków miedzionośnych rozciągającej się od Anglii na zachodzie poprzez Niemcy do środkowej Polski na wschodzie. Występują one w spągowej części osadów cechsztyńskich i zaliczane są do grupy złóż stratyfikowanych, sedymentacyjno-diagenetycznych. Na obszarze Polski aktualnie eksploatację złoża rud miedzi prowadzi się w rejonie LGOM na monoklinie przedsudeckiej wzdłuż jej granicy z blokiem przedsudeckim. Omawiając budowę geologiczną złoża rud monokliny przedsudeckiej trzeba zwrócić uwagę na zagadnienia dotyczące ich powstawania. Źródło tak dużej koncentracji ilości metali na niewielkich powierzchniach (rzędu kilkuset km<sup>2</sup>) w obrębie warstw skalnych o małej miąższości (rzędu kilku metrów) i w stosunkowo krótkim czasie geologicznym (rzędu kilku tysięcy lat) nie mogło być tylko sedymentacyjne (naturalne koncentracje jonów metali w wodzie morskiej) (Karnkowski i in. 1978). Wody te musiały być wzbogacone np. przez metalonośne roztwory termalne wlewające się do basenu przez głębokie dyslokacje tektoniczne. W takim przypadku hydrotermalna działalność mineralizacyjna musiała być zsynchronizowana z okresem sedymentacji łupków miedzionośnych.



Rys. 3. Tektonika w okolicy Lubina na podstawie rozpoznania otworami wiertniczymi (Piestrzyński, red., 1996)

Fig. 3. Tectonics in Lubin vicinity on the basis of boreholes recognition (Piestrzyński, ed., 1996)

Na obszarze Przedgórze Sudeckiego i monoklinie przedsudeckiej skorupa ziemska pocięta jest głębokimi rozłami, co wykazały głębokie sondowania sejsmiczne (w ramach których na obszarze Polski południowo-zachodniej przebiegał VII międzynarodowy profil sejsmiczny) (Oberc1978). Jeden z tych rozłamów odpowiada w przybliżeniu uskokowi Odry, który oddziela Przedgórze Sudeckie od monokliny przedsudeckiej. Dyslokacja ta stanowi właściwie wgłębną



Rys. 4. Mapa tektoniczna LGOM z obszarami przyległymi z zaznaczonymi lineamentami (Znosko, red., 1998 uzup.)

Fig. 4. Tectonics map with lineaments of LGOM with surroundings (Znosko, ed., 1998, updated)

strefę rozłamową o szerokości od 10 do 12 km, a nieciągłość Moho jest tu trudna do określenia (rozmyta). Strefa ta rozciąga się od dyslokacji Odry na południowym-zachodzie do uskoku śląsko-lubuskiego na północnym-wschodzie.

Tektonika utworów starszych od dolnego permu ukształtowała się przede wszystkim w fazie sudeckiej orogenezy waryscyjskiej. Budowa starszych utworów nie jest dokładnie poznana. Wiadomo, że jest to tektonika fałdowa o kierunku fałd północno-zachodnim i południowo-wschodnim. Jądro struktury waryscyjskiej stanowi metamorfik środkowej Odry. Tektonika blokowa utworów waryscyjskich jest także słabo rozpoznana. Informacje dotyczą jedynie strefy uskoku środkowej Odry i dyslokacji śląsko-lubuskiej.

Metamorfik środkowej Odry zbudowany jest z głównie z gnejsów (Stupnicka 1989). W kilku miejscach w pobliżu uskoku Odry znaleziono intruzje granitoidowe występujące wzdłuż linii o kierunku NW-SE. Wiek intruzji określany jest od późnoprokambryjskiego do waryscyjskiego. Metamorfik środkowej Odry jest podniesiony w stosunku do otaczających go struktur w ogólnych zarysach równoległy do uskoku środkowej Odry. Metamorfik środkowej Odry obejmuje północno-wschodnią część bloku przedsudeckiego i przechodzi poza strefę dyslokacji środkowej Odry, gdzie stanowi podłoże południowo-zachodniej części monokliny przedsudeckiej.

Rozpoznanie tektoniki na poziomie złoza jest dosyć dobre (Piestrzyński i in. 1996). Udokumentowano trzy systemy uskoku: NW-SE, W-E i N-S. Dominującą rolę ze względu na zasięg oraz amplitudę zrzutów spełniają dyslokacje o kierunku NW-SE. System ten skupia 70% dyslokacji. Efektem tych uskoku są „schodkowo” obniżające się ku NE wąskie bloki zbudowane z czerwonego spagowca oraz kolejnych ogniw cechsztynu i pstrego piaskowca. Ten system uskoku reprezentowany jest między innymi przez uskok Olszy, południowy, środkowy i główny Lubina oraz uskok Szklar Górnych. Uskoki o przebiegu równoleżnikowym wykazują zrzuty od kilkudziesięciu do 100 m i reprezentowane są między innymi przez uskok Kłopotkowa, Biedrzychowej i Polkowic. Trzeci system uskoku o kierunku N-S występuje głównie w części południowo-wschodniej obszaru miedzionośnego i reprezentowany jest przez uskoki o niewielkim zasięgu. Analiza wyników wierceń wykazała, że wszystkie uskoki kończą się w stropie kompleksu permsko-mezozoicznego.

Układ uskoku i rowów trzeciorzędowych jest według badań geofizycznych promienisty (kierunki od równoleżnikowych do południkowych) co wskazuje, że uskoki te mogły powstać wskutek podnoszenia się bloku dolnośląskiego (Stupnicka 1989).

Cechą charakterystyczną tektoniki LGOM jest to, że uskoki występują w zespołach tworząc strefy uskoku. Wskazuje to na wielofazowość tworzenia się takich stref. Najsilniejsze ruchy tektoniczne na obszarze monokliny przedsudeckiej miały miejsce w fazie laramijskiej (górną kreda–młodszy trzeciorząd). Na obraz tektoniczny złoza mogły wpływać nieco mniejsze ruchy w fazie palatyckiej i starokimeryjskiej. Analizując tektonikę LGOM należy zwrócić uwagę na budowę wgłębną tego obszaru. Dla poziomu złożowego z pewnością nie jest obojętna bliskość rozłamu wgłębnego. Rozłam taki może powodować niestabilność całego obszaru, ze względu na możliwe ruchy bloków skorupy ziemskiej. W dalszej kolejności może to uaktywniać istniejące nieciągłości powstałe w późniejszych okresach.

## Podsumowanie

Analizując mapę można stwierdzić, że dwa megalineamenty o regionalnych strefach WNW-ESE przebiegają w pobliżu LGOM. Megalineament nr 1 — północnoodrzański (Hamburg–Berlin–Zielona Góra–Wieluń) przebiega zgodnie z uskokiem śląsko-lubuskim. Na południu megalineament nr 2 — południowoodrzański (Wittenberg–Legnica–Wrocław–Olkusz) przechodzi w pobliżu strefy uskokuwej środkowej Odry odchylając się na zachodzie w stronę uskoku sudeckiego brzeżnego. Lineament ten przebiega na Przedgórzu Sudeckim. Na terenie Polski megalineamenty nawiązują do dyslokacji Odry, i zanikają na wschodzie (Graniczny i Mizerski 2003). Mogą wskazywać na istniejący rozłam (lub strefę rozłamową) w skorupie ziemskiej. Analizując mniejsze lineamenty w obrębie LGOM można zauważyć, że lineament o kierunku WSW-ENE pokrywa się z uskokiem trzeciorzędowym i prawdopodobnie z uskokiem Polkowic. Natomiast dwa lineamenty o kierunku SW-NE pokrywają się w przybliżeniu z uskokiemi trzeciorzędowymi, a na poziomie złoża ze strefami małych uskoków o tym samym kierunku. Nie jest jednak wykluczone istnienie wgłębnych uskoków w tych strefach.

Ewentualne stwierdzenie związku przebiegu lineamentów z sejsmicznością może mieć istotne znaczenie dla oceny zagrożenia sejsmicznego poprzez wskazanie potencjalnych rejonów aktywnych. Ma to również duże znaczenie dla wyjaśnienia wpływu tektoniki na sejsmiczność indukowaną czy dla projektowania eksploatacji górniczej i budownictwa na powierzchni.

## LITERATURA

- Graniczny M., 1991 — Możliwości wykorzystania fotolineamentów do oceny sejsmicznego zagrożenia terenu. Biuletyn PIG nr 365, 5—46.
- Graniczny M., Mizerski W., 2003 — Lineamenty na zdjęciach satelitarnych Polski — próba podsumowania, Przegląd Geologiczny, nr 51, 474—482.
- Hobbs W.H., 1912 — Earth features and their meaning. Macmillan Co., New York.
- Karnkowski P., Tomaszewski J.B., Żołąnierzuk T., 1978 — Budowa geologiczna oraz surowce utworów permu i mezozoiku Ziemi Lubuskiej i Legnicko-Głogowskiego Okręgu Miedziowego, Przewodnik L Zjazdu Polskiego Towarzystwa Geologicznego, Zielona Góra 24—26 września 1978, Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa.
- Magiera W., Mirck A., 2001 — Charakterystyka zagrożenia sejsmicznego i tapaniami w górnictwie polskim w roku 2000, Mat. Symp. Warsztaty 2001, IGSMiE PAN, Kraków, 489—503.
- Oberc J., 1972 — Budowa geologiczna Polski, tom IV — Tektonika część 2 — Sudety i obszary przyległe. Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa.
- Oberc J., 1978 — Rozwój formacji i tektonika Ziemi Lubuskiej i Legnicko-Głogowskiej Okręgu Miedziowego ze szczególnym uwzględnieniem utworów przedpermicznych. Przewodnik L Zjazdu Polskiego Towarzystwa Geologicznego, Zielona Góra 24—26 września 1978, Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa, 18—42.
- O'Leary D.W., Friedman J.D. & Pohn H.A., 1976 — Lineament, linear, Lincation: Some proposed new standards for old terms. GSA Bull., 87, s. 1463—1469.
- Ostaficzuk S., 1981 — Lineamenty jako odzworowania zjawisk tektonicznych na tle wybranych przykładów z Polski. Biul. Geol. UW 29, s. 195—267.
- Pieczyński A. (red.), 1996 — Monografia KGHM Polska Miedź S.A., CBPM „Cuprum” Sp. z o.o., Wrocław, Wydawnictwo Profil, Kraków.
- Salski W., 1978 — Tektonika monokliny przedsudeckiej w rejonie Legnicko-Głogowskiego Okręgu Miedziowego. Przewodnik L Zjazdu Polskiego Towarzystwa Geologicznego, Zielona Góra 24—26 września 1978, Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa, 178—189.

Znosko J.(red.), 1998 — Atlas tektoniczny Polski. Wyd. Kart. Polskiej Agencji Ekologicznej, Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.

ELŻBIETA PILECKA

**THE POSSIBILITIES OF USE OF SATELLITE PICTURES FOR SEISMOTECTONIC ANALYSIS IN LEGNICKO-GLOGOWSKI  
OKRĘG MIEDZIOWY**

**Key words**

Lineament, tectonics, seismicity

**Abstract**

In paper the analysis of lineaments determined on satellite and tectonic of LGOM has been presented. Tectonics influences on seismicity particularly in the range of high-energy tremors. Two regional megalineaments are observed in LGOM, probably, they have connections with deeper cracks in Earth interior. Up-to-Permian tectonics could determine the behaviour of fault zones in LGOM deposits — very complicated due to multiphase formation. Otherwise, subsequent tectonic activity — Laramean had the greatest influence on covering the elder tectonics in this area. The problem of tectonic zone activity is essential and still important due to meaningful tremor occurrence of high energy in the LGOM. It possess also meaning for environment and surface and underground infrastructure in this site.