

FOTOLINEAMENTY I ICH ZNACZENIE W GEOLOGII

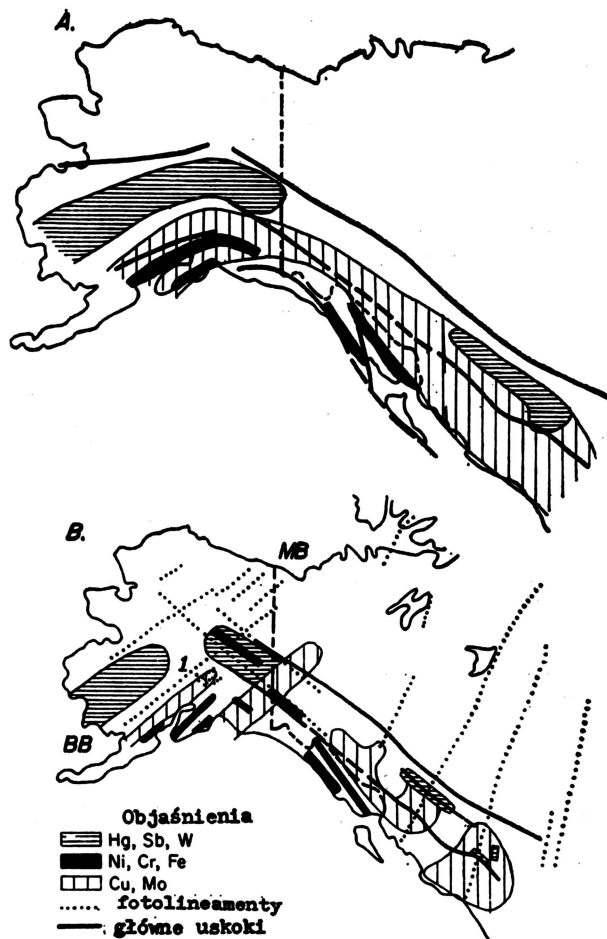
UKD 551.243.9:550.814:528.77:629.78:525]:55

Już 50 lat minęło od chwili kiedy pierwsze zdjęcia lotnicze wykorzystane zostały w geologii. Początkowo ułatwiały one lokalizację wszystkich obiektów i zjawisk geologicznych, szczególnie na obszarach o bardzo słabym pokryciu mapami topograficznymi. Interpretacja geologiczna zdjęć lotniczych polegała wtedy przede wszystkim na wydzieleniu granic fototonalnych i określaniu zróżnicowania tekstury zdjęć lotniczego, odpowiadającym granicom litologiczno-facjalnym utworów przypowierzchniowych. W skali lokalnej, narzuconej wielkoskalowymi zdjęciami lotniczymi opracowywano elementy strukturalne ciągłe i nieciągłe dla obszarów, na których skały podłoża występowały w zasadzie na powierzchni. Dalszy, szybki rozwój ogólnych możliwości technicznych spowodował rozszerzenie zastosowania zdjęć lotniczych również dla rejestrowania zmian geodynamicznych, szczególnie procesów kształtujących linie brzegowe zbiorników wodnych, krasowych, osuwiskowych itp.

Rzeczony techniczny spowodował również możliwość wykonania zdjęć lotniczych w różnych zakresach widma widzialnego i pozawidzialnego oraz z dużych wysokości, co z kolei zezwoliło na wykonanie zdjęć lotniczych w skalach do 1:100 000 a nawet mniejszej. W ten sposób zdjęcia lotnicze stały się podstawowym narzędziem każdego geologa kartującego w skali szczegółowej i regionalnej. Zaskakujących i zupełnie nowych możliwości interpretacyjnych dostarczyły zdjęcia wykonane ze sztucznych satelitów Ziemi.

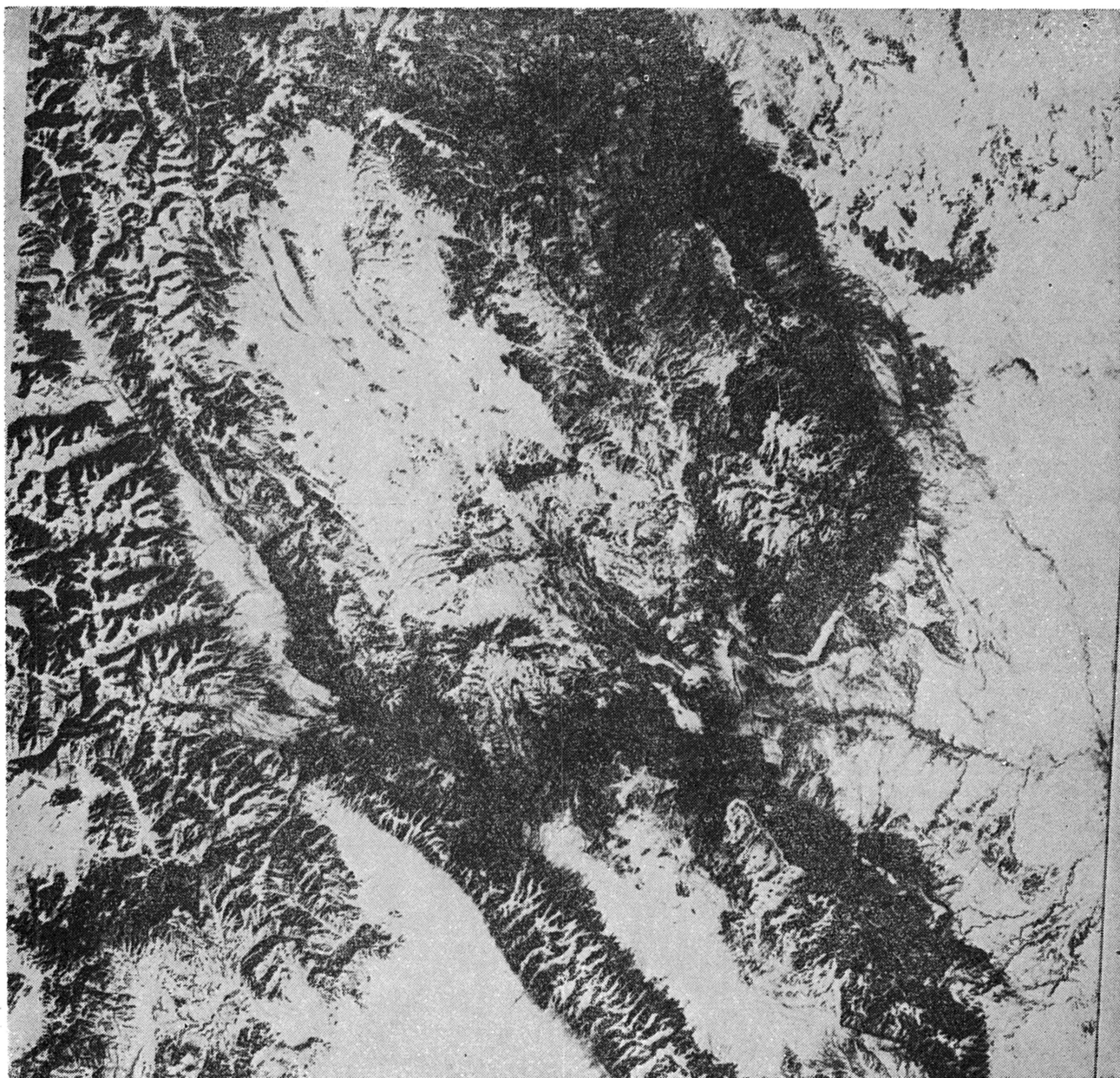
W tym miejscu należy wspomnieć, że pierwsze sztuczne satelity umieszczone na orbicie okołoziemskiej miały zbierać informacje dla innych niż geologiczne celów, a przede wszystkim meteorologicznych i rolniczych. Zupełnym zaskoczeniem był stosunkowo wysoki poziom informacji geologicznych i stąd geologia stała się jedną z pierwszych gałęzi nauki, która wykorzystwała pierwsze zdjęcia do celów praktycznych na szerszą skalę. Na podstawie interpretacji zdjęć satelitarnych odkryto pośrednio i bezpośrednio wiele nowych złóż. Zastosowanie zdjęć satelitarnych pozwoliło na szybkie i tanie opracowanie map geologicznych w skali od 1:50 000 do 1:1 000 000, szczególnie dla obszarów nie zbadanych pod względem geologicznym lub trudno dostępnych. Na tych obszarach trudno jest w istocie przecenić wartość i przydatność zdjęć satelitarnych.

Największym jednak zaskoczeniem dla geologów interpretujących zdjęcia satelitarne są elementy liniowe na tych zdjęciach. Problemy związane z interpretacją i geologicznym znaczeniem elementów liniowych doczekały się w ciągu ostatnich kilku zaledwie lat wielu setek publikacji. Z tego potopu infor-



Ryc. 1. Obszar Alaski i zachodniej Kanady z zaznaczonymi jednostkami tektonicznymi oraz perspektywicznymi strefami mineralogicznymi. A — według koncepcji konwencjonalnej, B — na podstawie interpretacji zdjęć satelitarnych według E. H. Lathrama (1972).

Fig. 1. The areas of Alaska and western Canada and their tectonic units and perspective zones of occurrence of mineral deposits. A — according to conventional concepts, B — on the basis of interpretation of satellite photos, after E. H. Lathram (1972).



Ryc. 2. Zdjęcie satelitarne Landsat-1 obejmujące rejon Gór Skalistych w Kolorado.

Fig. 2. Landsat-1 photo comprising the area of the Rocky Mountains in Colorado.

macji chcielibyśmy czytelnikom przedstawić zaledwie kilka wybranych, które odzwierciedlają współczesne tendencje w teledetekcji geologicznej.

Wobec różnych wątpliwości dotyczących nomenklatury, szczególnie pojęcia „lineament” w znaczeniu elementu liniowego, zinterpretowanego na zdjęciach, należy stwierdzić, że termin ten został wprowadzony do literatury światowej w dziesiątkach znanych publikacji w języku rosyjskim i angielskim. Biorąc ten fakt pod uwagę proponujemy przyjąć termin „fotolineament”. Rozwiązanie to, jak się wydaje, nawiązuje do ustalonej już terminologii światowej a jednocześnie podkreśla, że termin ten został użyty w znaczeniu fotogeologicznej interpretacji i nie może być utożsamiany z tradycyjnym i ustalonym pojęciowo znaczeniem „lineamentu” w tektonice.

Proponujemy też określać fotolineament jako możliwą do zinterpretowania cechę liniową powierzchni lub ich kompozycję, różniącą się od struktury otoczenia i odzwierciedlającą prawdopodobnie pewne zjawiska podłoża — najczęściej o założeniu tektonicznym.

Analogicznie do powyższej definicji przyjmuje się termin anomalii kolistej w odniesieniu do łuko-

watych lub owalnych cech powierzchni. Rozszerzając definicję fotolineamentu zakładamy co następuje:

1. Fotolineamenty na zdjęciu mogą być spowodowane:

- linijnymi, najczęściej uskokowymi zjawiskami tektonicznymi;
- zróżnicowaniem rzeźby terenu (w tym zarówno elementami „wypukłymi” — grzbiety, krawędzie jak też „wklęsłymi” — doliny, wgłębienia itp.);
- strukturą drenażu;
- roślinnością;
- przeobrażeniami geochemicznymi powierzchni;
- rozkładem temperatur powierzchni (na podczernionych zdjęciach termalnych i zdjęciach mikrofalowych);
- rozkładem wilgotności w podłożu.

2. Fotolineament może też być funkcją czynników wymienionych w punkcie 1.

3. Fotolineamenty zinterpretowane na zdjęciach w dużej skali mogą być identyfikowane jako pojedyncze jednostki strukturalne — na przykład uskoki. W bardzo małych skalach zdjęć sateli-

- tarnych wyrażają one uogólnienie cech terenu i mogą mieć charakter regionalny a nawet kontynentalny, np. zespoły uskoku. Stąd też długość fotolineamentów jest związana ze skalą obserwacji i nie może być arbitralnie narzucona.
4. Cechy, które zezwalają na interpretację fotolineamentu w jednej skali zdjęcia nie pozwalają na jego identyfikację w innej skali.
 5. Pozostałe elementy liniowe, wydzielane na zdjęciu, wskazujące na powiązania z podłożem, w tym sztuczne (drogi, koleje, kanały, rurociągi, spowodowane działalnością rolniczą itd.) proponuje się nazywać fotoliniami.
 6. Na obszarach pokrytych młodszymi osadami, głównie czwartorzędowymi, odzwierciedlenie pewnych zjawisk podłoża na powierzchni można tłumaczyć w następujący sposób:
 - po osadzeniu się utworów młodszych ponad strefą uskoku wznowienie ruchów w starszym podłożu może spowodować przeniesienie tego efektu na osady młodsze, co może mieć swój wyraz na powierzchni;
 - osady czwartorzędowe, zalegające nad horyzontem nieciągłym, spowodowanym przez uskok, mogą odzwierciedlać tę nieciągłość poprzez subtelne zaznaczenie na powierzchni;
 - osiadanie nieskonsolidowanych osadów czwartorzędowych na starszym systemie uskoku może uwidocznić ten system na powierzchni;
 - sposób występowania zwierciadła wody gruntowej może mieć związek z uskokami i spekaniami w podłożu, będzie się to zaznaczać poprzez zróżnicowanie roślinności lub inne zmiany fototonu na zdjęciu ponad strefą nieciągłą;
 - struktura drenażu powierzchniowego może być kontrolowana przez system uskoku lub spekań.
 7. W wielu przypadkach pewne zjawiska podłoża, w tym i uskoki, nie będą się odzwierciedlać w żaden sposób na zdjęciu.

Reasumując fotolineamenty należy traktować z dużą uwagą, ponieważ każdorazowo charakteryzują one pewien rodzaj anomalii terenu. Według powszechnej opinii ignorowanie fotolineamentów jest odrzuceniem ogromnego potencjalnego źródła informacji na temat struktur skorupy ziemskiej. Bez pomocy fotolineamentów wiadomości na ten temat pozostają w dużym stopniu niekompletne.

Jedną z pierwszych prób, której celem było określenie możliwości identyfikacji różnych ważnych cech geologicznych na zdjęciach satelitarnych, została podjęta przez E. H. Lathramę (6). Dotyczyła ona interpretacji zdjęcia z satelity meteorologicznego Nimbus IV, obrazującego cały obszar Alaski oraz zachodnią część Kanady. Praca ta niemalże w całości poświęcona była interpretacji elementów liniowych. Według autora stwierdzono szereg fotolineamentów strukturalnie kontrolowanych, o zasięgu regionalnym. Część z nich reprezentowała zbieżne kierunki do znanych systemów uskoku oraz fałdów, między innymi w rejonie Brooks Range, Aleutian Range, Oglivie, Porcupine, Meckenzie oraz w górach Kenai — Chugach. Pozostałe fotolineamenty przedstawiały kierunki nierozpoznane w trakcie prac nazimnych. Synoptyczny wgląd na obszar, dostarczony przez niskorozdzielcze zdjęcia Nimbusa, skupił uwagę na charakterystyczny prostopadły układ zinterpretowanych fotolineamentów o dwóch głównych kierunkach: północno-zachodnim i północno-wschodnim. Kierunek północno-wschodni był w zasadzie dotychczas nie znany i nie figuruje na regionalnych mapach. W konkluzji autor postawił hipotezę, że prostopadły system fotolineamentów może być odbiciem sprzężonego systemu spekań wewnątrz skorupy.

Interpretacja E. H. Lathramy spowodowała postawienie następnej hipotezy wiążącej występowanie zmineralizowanych obszarów Alaski z przestrzennym rozkładem fotolineamentów. Zgodnie z dotychczasową hipotezą metalogeniczną obszary szczególnie perspektywiczne dla występowania różnych typów złóż przedstawiało się jako łukowate strefy stanowiące przypadkową charakterystycznych elementów stratygraficznych, orogenicznych i orograficznych. Nato-



Ryc. 3. Fotointerpretacja zdjęcia przedstawionego na ryc. 2, według D. G. Orra i Ch. Trautweina (1976). Cyframi zaznaczono wytypowane obszary perspektywiczne.

Fig. 3. Photointerpretation of photo from Fig. 2 (after D. G. Orr and Ch. Trautwein, 1976). Selected perspective areas marked with numerals.

miast nowa koncepcja postuluje występowanie obszarów perspektywicznych w formie stref równoległych do dwóch głównych kierunków fotolineamentów północno-zachodniego i północno-wschodniego, jak też w miejscach ich przecięć.

Porównanie fotolineamentów, zinterpretowanych przez E. H. Lathramę z występowaniem odkrytych uprzednio złóż mineralnych i znanych jednostek strukturalnych, zwraca uwagę na szereg interesujących współzależności (ryc. 1). Można stwierdzić między innymi ścisły związek pomiędzy porfirami, zawierającymi molibden, i złóżami rtęci oraz północno-zachodnim trendem fotolineamentów. Również porfiry zawierające miedź i molibden oraz prawie wszystkie złóża cyny, wolframu i rtęci występują wewnątrz strefy ograniczonej przez trend północno-zachodni Trintina — Góry Skaliste i równoległy system uskoku Denali — Yalakom — Fraser. Przedstawione powyżej rozważanie ma miejscami bardzo ogólny charakter, jest ono jednak dobrym przykładem dedukcji, dotyczącej natury struktur geologicznych widzialnych na zdjęciach satelitarnych i ich związków ze złóżami surowców i tektoniką.

Obszerne omówienia znaczenia elementów liniowych na zdjęciach satelitarnych znajdziemy w literaturze amerykańskiej oraz radzieckiej. Na uwagę zasługuje tu zbiór referatów opracowanych przez radzieckich specjalistów na spotkaniu radziecko-amerykańskiej grupy roboczej w lutym 1973 r.

Bardzo silne i wyraźne podkreślenie znaczenia fotolineamentów w geologii znajdziemy w zbiorze referatów konferencji w Salt Lake City (Utah, 1974 r.) w St. Zj. (4). W jednym z referatów (4) podkreślono, że wysoki stopień ufości mają te fotolineamenty, które zidentyfikowano na fotografiach lub obrazach z różnych misji kosmicznych (Nimbus, X-15, Gemini, Apollo, ERTS i Skylab). Są one wyrazem niektórych cech skorupy, które mogą być powierzchniowym uwewnętrznieniem, manifestacją głęboko zakorzenionej tektoniki, często wieku prekambryjskiego, powielonej przez wszystkie nadległe formacje i odzwierciedlonej na powierzchni Ziemi.

Inny przykład dotyczący interpretacji zarówno struktur liniowych, jak i kolistych odnosi się do zdjęcia Landsat-1, z rejonu Gór Skalistych w Kolo-

rado (7). Interpretacja została przeprowadzona pod kątem możliwości poszukiwania surowców kruszcowych. Większość tych surowców, o znaczeniu ekonomicznym, jest w tym rejonie związana z utworami plutonicznymi i wulkanicznymi okresu trzeciorzędowego. Układ uskoku i rozłamów wpływających na obecne ukształtowanie trzeciorzędowych skał magmowych jest podzielony na dwa systemy, z uwagi na krzyżujące się kierunki. Pierwszy system, rozwinięty już w prekambrze, oddziaływał jako strefa strukturalnego osłabienia, poprzez mezozoik a nawet część kenozoiku. Wyznacza on też lokalizację większości trzeciorzędowych rejonów intruzywnych i ekstruzywnych. Uskok i spękania pierwszej strefy przedstawiają się na zdjęciu jako fotolineamenty o zasięgu regionalnym — powyżej 10 km. Drugi system, który powstał w trzeciorzędzie i nakłada się na system prekambryjski, jest również przestrzennie i genetycznie związany z intruzjami trzeciorzędowymi. Na zdjęciu uskoki i spękania drugiego systemu zaznaczają się jako elementy liniowe o lokalnym zasięgu, które są zazwyczaj krótsze niż 5 km. System spękań pochodzenia prekambryjskiego w mniejszym stopniu kontroluje znane strefy mineralizacji, większe znaczenie mają natomiast uskoki i spękania genetycznie związane z okresem trzeciorzędowym.

Interpretacja zdjęcia Landsat objęła następujące etapy:

- wydzielenie cech kolistych i eliptycznych. Niektóre z tych cech rysowały się w sposób bardziej oczywisty od innych, zależnie od rozmiaru i kontrastu tonalnego. Ponadto, niektóre z nich nie były w pełni zamknięte charakteryzując się formami łukowatymi, półkołami i in.;
- wydzielenie fotolineamentów w pobliżu wydzielonych poprzednio struktur owalnych;
- wytypowanie obszarów, na których można było stwierdzić najwięcej miejsc przecięcia się fotolineamentów ze strukturami kolistymi.

Na tej podstawie wyznaczono dziesięć obszarów o priorytetowym znaczeniu dla występowania złóż surowców mineralnych.

Porównanie uzyskanych rezultatów z opracowaną uprzednio mapą surowcową całkowicie potwierdziło słuszność omawianego sposobu interpretacyjnego (ryc. 2, 3). Okazało się, że pięć z dziesięciu wytypowanych obszarów pokryło się z lokalizacją znanych miejsc występowania złóż: 1 — Breckenridge, 2 — Leadville — Climax — Alma, 3 — Tomichi, 4 — Bonanza, 5 — Cripple, Creek. Według ogólnej opinii rezultaty te okazały się lepsze niż pierwotnie się tego spodziewano.

Z początku interpretacja fotolineamentów była bardzo ostrożna i umiarkowana. Wielu autorów podkreślało zbieżność stwierdzonych już badaniami geologicznymi uskoku z fotolineamentami, wskazując jednocześnie na fakt możliwości ich przedłużenia o dalsze kilka lub kilkadziesiąt kilometrów. Szybko jednak interpretacja elementów liniowych stała się spontaniczna i dość powszechna. Dał się zauważyć u poszczególnych autorów swoiste dowolny „styl” interpretacyjny, dotyczący długości, częstotliwości, krzyżowni itp.

Jednym z ciekawszych przykładów wykorzystania zdjęć satelitarnych w Europie może być interpretacja związków między głównymi elementami strukturalnymi i źródłami gorącymi wód we Włoszech. Eurico Barbier i Maris Fanelli (1975) stwierdzają, że najlepiej odczytywane na zdjęciach satelitarnych elementy geologiczno-strukturalne to długie lineamenty, które przecinają powierzchnię Ziemi wzdłuż prawie prostych linii. Twierdzą oni dalej, że deformacje o bardzo szybkim przebiegu, w przeciwieństwie do tych o wolnym przebiegu, mają prawie prostoliniowy układ. Fotolineamenty te przedstawiają deformacje strukturalne, które prawdopodobnie sięgają do dużych głębokości i mogą z czasem osiągnąć powierzchnię poprzez pokrywą grubej masy osadów młodszych. Na ryc. 4, 5 autorzy pokazują związek między fotolineamentami a źródłami termalnymi. Wzdłuż najdłuższego fotolineamentu, biegną-

cego od Sycylii do Alp (przeszło 1200 km), występują źródła gorące — średnio co 44 km. Stwierdzono, że 78% źródeł termalnych występuje wzdłuż określonych fotolineamentów, które z tego powodu nazwano „gorącymi”. Pozostałe 22% źródeł mają również najprawdopodobniej związek z fotolineamentami, lecz jakości zdjęć nie zezwala na dalszą interpretację.

Zupełnie inny „styl” ma fotointerpretacja obrazów Landsat-1, wykonana przez P. Kronberga, dla centralnej Europy (5). Autor ten porównuje wyniki swej interpretacji ze znanymi (ryc. 6) zjawiskami tektonicznymi i stwierdza, że „nowością i godnym uwagi w geodynamice jest fakt, że wiele uprzednio nie znanych układów liniowych zinterpretowano na zdjęciach satelitarnych i że są one stałe w swej orientacji w całej środkowej Europie”.

Ciekawe wyniki prac interpretacyjnych na zdjęciach satelitarnych Landsat, otrzymano również w Holandii (10), (ryc. 7). Wydawać by się mogło, że rejon Holandii powinien być ostatnim obszarem poddanym podobnej analizie. Teren topograficznie minimalnie zróżnicowany, gruba pokrywa osadów czwartorzędowych oraz bardzo duża liczba sztucznych obiektów liniowych teoretycznie znacznie ograniczała możliwości interpretacji. Tym bardziej uzyskane rezultaty należy uznać za bardzo interesujące. Zinterpretowane fotolineamenty porównano z mapami uskoku i utworów węglowych, kredowych i górnego trzeciorzędu z czwartorzędem. W tym celu sporządzono diagramy częstotliwości występowania i kierunków fotolineamentów oraz linii uskoku w poszczególnych okresach geologicznych — dla każdego okresu oddzielnie. Porównanie diagramów wskazało, że rozkład znanego dotychczas systemu uskoku jest zasadniczo podobny do rozkładu fotolineamentów. Wyjątek stanowi jedynie wyraźny trend północno-zachodni, nie potwierdzający się na mapach geologicznych. Zinterpretowane fotolineamenty najprawdopodobniej są związane ze zmianami topografii oraz zróżnicowaniami wilgotności i wegetacji.

Na podkreślenie zasługuje fakt, że S. Ostaficzuk (8) dochodzi do wydzielenia elementów liniowych, które wiąże z neotektonicznymi jednostkami strukturalnymi poprzez zagęszczanie poziom. W tym wypadku do interpretacji elementów liniowych wykorzystano tylko jeden czynnik geomorfologiczny, podczas gdy interpretując fotolineamenty wykorzystujemy dodatkowo układ drenażowy oraz rozkład i stan wegetacji.

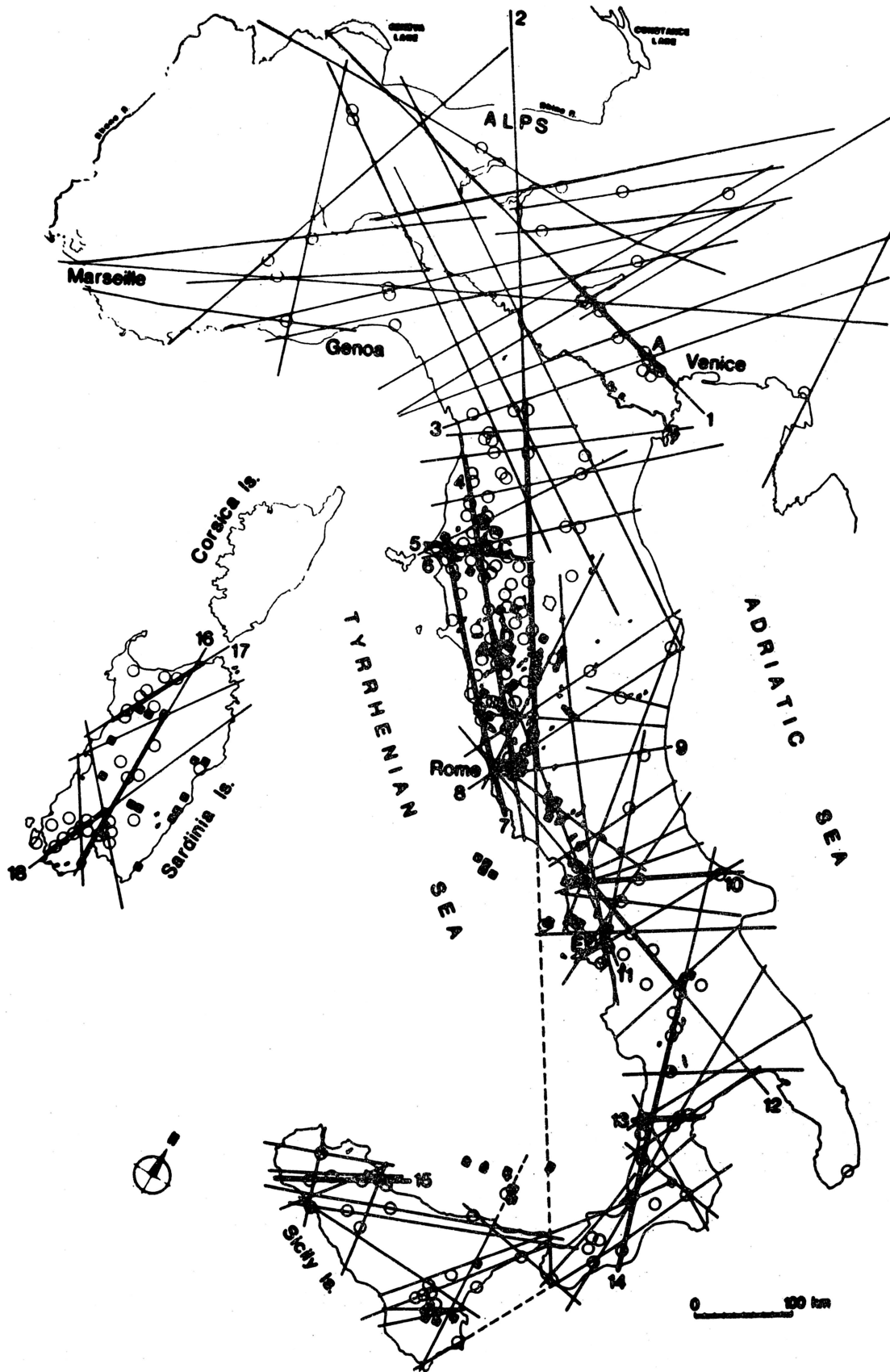
Niektóre problemy związane z interpretacją fotolineamentów podane są w materiałach sesji naukowej „Nowoczesne Metody Kartowania w Naukach Geologicznych — Uzupełnienie” (2) oraz w „Przeglądzie Geologicznym” (3). W numerze 4/64 „Geologii za Granicą” czytelnik znajdzie podsumowanie wiedzy w dostępnej w Polsce literaturze wg stanu na rok 1974. Obecnie czynione są próby porównania wyników interpretacji zdjęć satelitarnych z przebiegiem znanych i udokumentowanych linii tektoniczno-strukturalnych. W Polsce, podobnie jak to opisano w wielu publikacjach za granicą, szereg fotolineamentów to znane uskoki. Niektóre z nich można znacznie przedłużyć. Na uwagę zasługuje tu obszar Bełchatowa. Dwa fotolineamenty przecinają lokalizację dwu elektrowni „Rogowiec i Osiny”. Pod obiekty tych dwu elektrowni wykonano bardzo szczegółowe badania elektrooporowe i refrakcyjne, jak również wykonano wiele wierceń do stropu mezozoiku. W ten sposób fotolineamenty te mogły być udokumentowane szczegółowymi badaniami geologicznymi. Niektóre z nich powtórzone są na zdjęciach lotniczych, co również podnosi stopień prawdopodobieństwa.

Prawie cała Polska pokryta jest już zdjęciami satelitarnymi typu Landsat. Są to jednak zdjęcia różnej jakości. Na niektórych obszarach pokrywa chmur silnie utrudnia, a nawet uniemożliwia interpretację dla celów geologicznych. Należy wspomnieć, że waga fotolineamentów wzrasta, jeśli są one widoczne na dwu lub więcej zdjęciach wykonanych różnymi technikami, w różnych porach roku. Stwierdzono bo-



Ryc. 4. Fotomozaika Włoch zestawiona ze zdjęć satelitarnych Landsat.

Fig. 4. Photomosaic of Italy, constructed of Landsat photos.



Ryc. 5. Mapa fotointerpretacyjna fotomosaiki przedstawionej na ryc. 4 według E. Barbiera i M. Fanelli (1975).

— fotolineamenty tzw. „gorące”, — fotolineamenty, ○ obszary źródeł termalnych, ■ obszary wulkaniczne.

Fig. 5. Photointerpretational map of the photomosaic from Fig. 4 (after E. Barbier and M. Fanelli, 1975). — so-called „hot” photolineaments, — photolineaments, ○ areas of thermal springs, ■ volcanic areas.



Ryc. 6. Mapa fotointerpretacyjna rejonu środkowej Europy, opracowana według P. Kronberga (1975).

Fig. 6. Photointerpretational map of the Central Europe (after P. Kronberg, 1975, modified).

wiem, że niektóre elementy budowy geologicznej podłoża zostają uwypuklone na zdjęciach satelitarnych wykonanych przy małej ewelacji słonecznej, przy pokrywie śnieżnej, a inne w okresie letnim przy pełnej wegetacji itp.

W interpretacji zdjęć satelitarnych czynimy w tej chwili pierwsze zaledwie kroki. Z podanych przykładów wynika, że interpretacja ta jest subiektywna. Trudno byłoby jednak zaprzeczyć, że już obecnie jej wykorzystanie przyniosło wiele konkretnych korzyści.

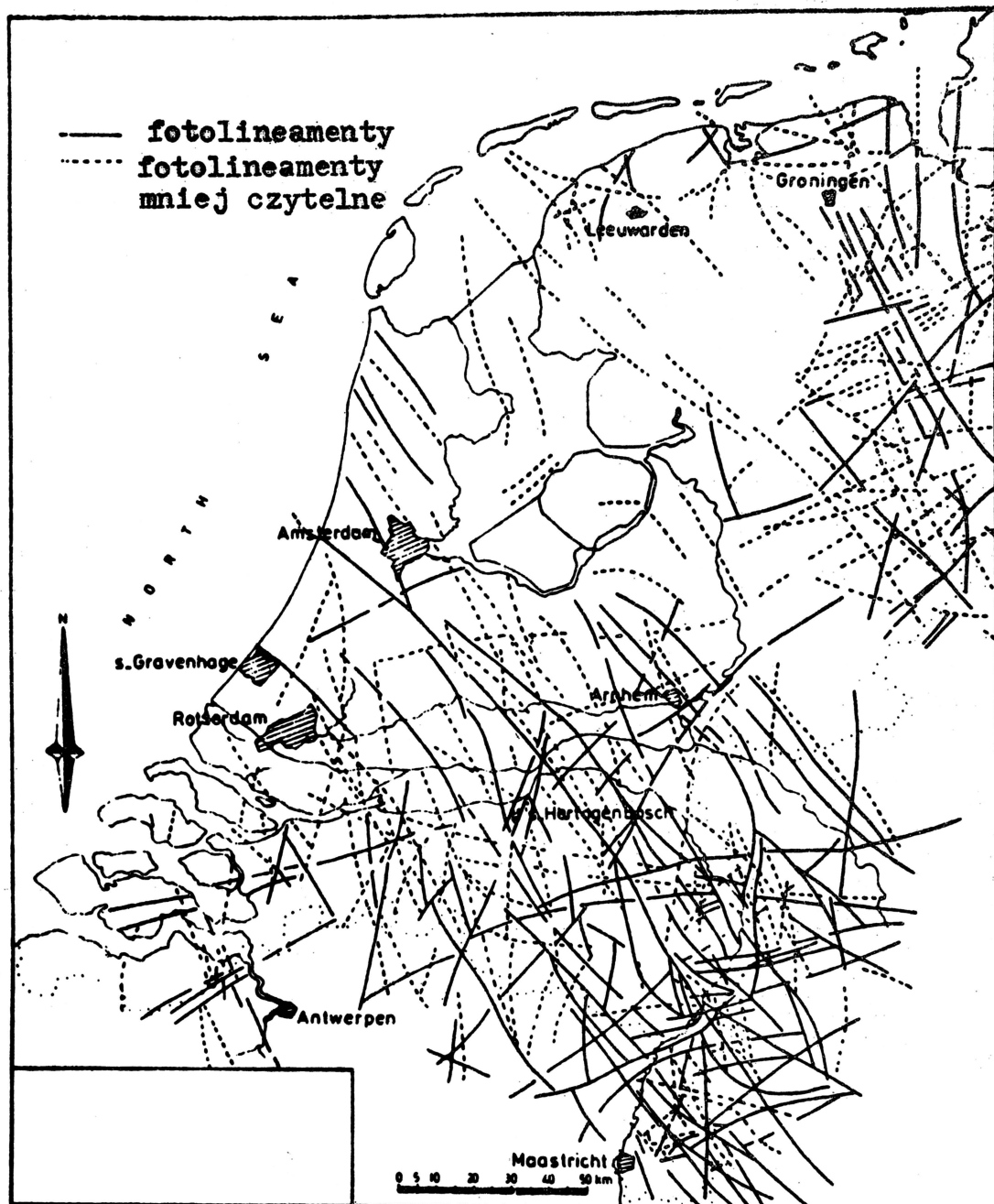
Wielu autorów (9) uważa, że bardziej obiektywna jest interpretacja automatyczna. W tym zakresie również i w Polsce istnieć będą wkrótce warunki dla rozwinięcia tego rodzaju prac. Analogowa i cyfrowa obróbka zdjęć to jednak odrębny temat.

Olbrzymia ilość zastosowań zdjęć satelitarnych w geologii usprawiedliwia twierdzenia, że ich wykorzystanie w geologii stało się absolutną koniecznością. Otwartym zagadnieniem nadal jest jednak sposób ich wykorzystania i w tym zakresie artykuł ma charakter nie tylko informacyjny, ale i dyskusyjny. Jeśli czytelnik się zgodzi, że obecny etap rozwoju zastosowań w tym zakresie narzuca jeszcze umiar i

ostrożność to cel tego artykułu został osiągnięty. Zamiaty w zakresie wykorzystania zdjęć satelitarnych idą w kierunku włączenia ich interpretacji do opracowań geologicznych typu podstawowego, które polegają na jednoczesnym wykorzystaniu wszystkich dostępnych materiałów. W ten sposób, jak się wydaje, można będzie najlepiej i najszybciej dopracować sposoby geologicznej oceny treści zdjęć satelitarnych bez popadania w przesadę. Trzeba po prostu znaleźć przysłowiowy złoty środek między dwoma skrajnościami, między negacją a skrajnym, bezkrytycznym optymizmem.

Wszystko wskazuje obecnie na to, że fotolineamenty mogą być wykorzystane w geologii w następujących przypadkach:

- dla wykrytych elementów strukturalnych,
- dla przedłużenia udokumentowanych elementów strukturalnych,
- zbieżności interpretacji geofizycznej z fotogeologiczną,
- wyraźnie zaznaczających się powtarzalnych trendów kierunkowych, stwierdzonych na różnych zdjęciach (różne techniki lub różne pory roku).



Ryc. 7. Mapa fotointerpretacyjna z obszaru Holandii, opracowana na podstawie materiałów satelity Landsat według A. Sesörena (1976).

Fig. 7. Photointerpretational map of a part of the Netherlands, based on the Landsat material (after A. Sesören, 1976).

Inne fotolineamenty stanowią jedynie materiał pomocniczy i mogą być wzięte pod uwagę przy jednoczesnej reinterpretacji wszystkich materiałów (geofizycznych i wierceń) oraz mogą być uwzględniane przy projektowaniu szczegółowych badań poszukiwawczych. Ta ostatnia uwaga dotyczy zwłaszcza obszarów o zwiększonym zagęszczeniu fotolineamentów i ich wzajemnych przecięć, jak i przecięć ze strukturami kolistymi lub owalnymi.

LITERATURA

1. Barbier E. M. F. — Relationships as shown in ERTS satellite images between main fractures and geothermal manifestations in Italy. Proceedings Second. U. N. Symposium on the Development and Use of Geothermal Resources. San Francisco, 1975.
2. Bażyński J. — Próba geologicznej interpretacji zdjęć satelitarnych. Sesja Naukowa — Nowoczesne Metody Kartowania w Naukach Geologicznych (uzupełnienie). Warszawa, 1974.
3. Bażyński J., Sokołowski J. — Wstępna fotointerpretacja geologiczna obrazu Landsat-1 obszaru między Wrocławiem a Poznaniem. Prz. Geol., 1976, nr 4.
4. Bechtold I. C. — Evidence of fracturing of deep basement from Nimbus, X-15, Apollo, ERTS-1 and Skylab images. First International Conference on the New Basement Tectonics. Salt Lake City. Utah, 1974.
5. Kronberg P. — ERTS data on regional fracture patterns of Central Europe, Geodynamics Project. Bonn, 1975.

6. Lathram E. H. — Nimbus IV view of the major structural features of Alaska. Science, 1972, vol. 175.
7. Orr D. G., Trautwein Ch. M. — Targeting mineral exploration in Central Colorado using landsat imagery: Workshop Exercise, Open — File Report '76, Sioux Falls. South Dakota, 1976.
8. Ostaficzuk S. — Badania młodych ruchów neotektonicznych metodą zagęszczonych poziomów.

SUMMARY

The possibilities of interpretation in photogeology markedly increased along with launching artificial satellites of the Earth. Satellite photos facilitated discovery of numerous various deposits and made possible more rapid and less expensive drawing of geological maps in the scales from 1:200 000 to 1:1 000 000, especially for areas unknown from the geological viewpoint or hardly accessible. In Europe, the most important is interpretation of photolineaments related to geological-structural elements, which is illustrated with several examples from Italy, the Netherlands, Poland, FRG and GDR.

Similarly as in other countries, we are comparing results of interpretation of satellite photos with geological structure of best known areas. The comparisons show a remarkable coincidence of photolineaments and tectonic elements. It follows that the photolineaments may be used in geology in:

- looking for structural elements,
- tracing extensions of evidenced structural elements,
- stating consistency of geophysical and photogeological interpretation,
- looking for clearly marked, repeated directional trends displayed by various photos (photos made using various techniques or in various seasons).

Other lineaments represent supplementary material which may be used in simultaneous reinterpretation of all the data (geophysical and borehole data) and making projects of detailed prospecting. The latter is especially the case of areas characterized by increased concentration of photolineaments and their criss-crossing and crossing with circular or ovate structures.

Materiały I Krajowego Sympozjum. Wyd. Geol., 1975.

9. Podwysocki M. H., Moik J. G., Shoup W. C. — Quantification of geologic lineaments by manual and machine processing techniques. NASA — Earth Resources Survey Symposium, vol. I-B, Houston — Texas, 1975.
10. Sesoren A. — Lineament analyses from ERTS (Landsat) images of the Netherlands. Geologie en Mijnbouw, 1976, vol. 55, nr 1—2.

РЕЗЮМЕ

Применение искусственных спутников земли вызвало значительное расширение возможностей интерпретации и фотогологии. Сателлитные снимки внесли крупный вклад во вскрытие многих месторождений, а также сделали возможным скорое и дешёвое составление геологических карт в масштабе 1:200 000 — 1:1 000 000, особенно для слабо разведанных и трудно доступных областей. В Европе самое большое значение имеет интерпретация фотолинементов связанных с геолого-структурными элементами. В статье это показано на примерах из Италии, Голландии, Польши и Германии.

Результаты интерпретации спутниковых снимков сравниваются с геологическим строением наилучше разведанных областей. Из этого сравнения видно большое сходство между фотолинеamentами и тектоническими элементами. Фотолинеamentы в геологии применяются в настоящее время в следующих случаях:

- для вскрытия структурных элементов,
- для продолжения документированных структурных элементов,
- сходства геофизической и фотогологической интерпретации,
- чётко выделяющихся повторяемых направляющих трендов обнаруженных на разных снимках (разные техники или разные времена года).

Другие фотолинеamentы составляют собой вспомогательный материал и их можно принимать во внимание при одновременной реинтерпретации всех материалов (геофизических и буровых), а также их можно учитывать при проектировании детальных поисковых исследований. Это последнее примечание относится особенно к областям с увеличенным ступением фотолинеamentов и их пересечений между собой и с круговыми или овальными структурами.