

WYNIKI INTERPRETACJI ZDJĘĆ SATELITARNYCH I LOTNICZYCH NA PRZYKŁADZIE BEŁCHATÓWSKIEGO OBSZARU WĘGLOWEGO

UKD 528.77:629.783 + 550.814 + 621.396.96:551.243''756''(438 – 35piotrkowskie, Bełchatów – 0)

Dzięki obszernym pracom poszukiwawczym i dokumentacyjnym, Bełchatowski Obszar Węglowy jest jednym z najlepiej poznanych pod względem geologicznym rejonów w Polsce. Stanowi więc dobry przykład dla określenia możliwości i zakresu stosowania materiałów teledetekcyjnych. Jednak – podobnie jak większa część powierzchni naszego kraju – nie jest on zbyt korzystny z punktu widzenia „czytelności fotointerpretacyjnej”. Słabo zróżnicowana rzeźba terenu, długoletnia agrokultura oraz pokrycie osadami czwartorzędowymi z pewnością nie ułatwiają procesu interpretacji elementów strukturalnych. Dlatego też podczas analizy identyfikowanych na zdjęciach fotolineamentów można sugerować ich pośrednią kontrolę strukturalną. Fotolineamenty – uwidocznione dzięki prostolinijnym odcinkom drenażu, krawędzi morfologicznych, dolin rzecznych, stref o zmiennej wilgotności, roślinności itp. – mogą więc odzwierciedlać wgłębne zjawiska geologiczne, najczęściej o charakterze nieciągłości. Podczas oceny fotolineamentów stosowanymi kryteriami powinny wobec tego być: powtarzalność interpretowanych zjawisk na zdjęciach o różnej skali i wykonanych w różnych okresach czasu, jak również ich regionalny charakter oraz wyrazistość. O tym do jakich geologicznych materiałów należy sięgnąć podczas analizy fotolineamentów ilustruje przejrzyste przykłady Bełchatowa. Jest to zagadnienie o dużej złożoności.

W pierwszym etapie prac zwrócono szczególną uwagę na zapewnienie maksymalnej wiarygodności fotointerpretacji. Dlatego też wykorzystano obszerny i zróżnicowany materiał teledetekcyjny. Z dostępnych zdjęć zastosowano:

- wielkoskalowe panchromatyczne zdjęcia lotnicze w skali ok. 1:20 000,
- średnioskalowe zdjęcia lotnicze panchromatyczne i w bliskiej podczerwieni (zakres widma 0,76–1,0 μm) w skali ok. 1:50 000,
- zdjęcia lotnicze w podczerwieni termalnej w skali ok. 1:13 000 (zakres widma 2–5,6 μm),
- zdjęcia lotnicze radarowe systemu TOROS (długość fal 2,6 cm), w skali 1:100 000,
- wielospektralne zdjęcia satelitarne ze stacji kosmicznej Salut (zakres widma 0,48–0,84 μm), interpretowane na różnych przyrządach analogowych w skalach 1:200 000–1:500 000,
- wielospektralne zdjęcia satelitarne systemu Landsat (zakres widma 0,5–1,1 μm), interpretowane na różnej aparaturze analogowej (przełączarka addytywna, elektroniczny system MCDS-4200 EP, DIAZO itp.) w skalach 1:200 000–1:1 000 000.

Schemat zależności zdolności rozdzielczej materiałów teledetekcyjnych w stosunku do obserwowanych elementów tektonicznych przedstawia ryc. 1.

Porównanie poszczególnych szkieł fotointerpretacyjnych (sporządzonych na podstawie ww. materiałów) nasuwa wiele spostrzeżeń odnośnie do wzajemnego stosunku fotolineamentów zinterpretowanych na zdjęciach lotniczych i satelitarnych. W celu lepszego porównania fotolineamentów zastosowano oddzielnie histogramy kierunków wyznaczonych na zdjęciach lotniczych, radarowych i satelitarnych (ryc. 2). Z porównania histogramów wynika wyraźnie, że na wszystkich zdjęciach można odnotować

dwa powtarzające się kierunki główne: NW–SE (130° – 150°) i ENE–WSW (50° – 70°). W mniejszym stopniu zaznaczają się też kierunki NE–SW oraz WNW–ESE:

Analiza histogramów zezwala na stwierdzenie, że główne kierunki fotolineamentów zinterpretowanych na zdjęciach satelitarnych, lotniczych i radarowych pokrywają się. Drobne przesunięcia należy tłumaczyć różną liczebnością obserwacji i statystycznym rozrzutem wyników, jak również odmiennym charakterem fotolineamentów na różnych materiałach, o czym była już mowa. Stopień porównalności dwóch niezależnych wyników interpretacji satelitarnej jest także wysoki. Z powyższego wynikają następujące, pozytywne dla metody fotogeologicznej, wnioski:

– duży stopień wzajemnej korelacji między histogramami świadczy o dużej powtarzalności geologicznej interpretacji, co podnosi ufność dla omawianej interpretacji zdjęć satelitarnych,

– mimo niewielkich różnic w przebiegu interpretacji między zdjęciami satelitarnymi, lotniczymi i radarowymi, ze względu na różny stopień generalizacji, zgodność histogramów dowodzi jednak wewnętrznej spójności i wskazuje, że fotolineamenty odzwierciedlają ten sam czynnik tektoniczny. Dwa główne kierunki fotolineamentów są najlepiej widoczne na zdjęciach satelitarnych. Potwierdza to spostrzeżenia innych fotogeologów doszukujących się związków fotolineamentów z podłożem na obszarach pokrytych utworami czwartorzędowymi, którzy przede wszystkim uznają celowość stosowania zdjęć małoskalowych. Wspomniane kierunki rozpoznał również na zdjęciach satelitarnych J. Bażyński (3) (ryc. 2) oraz P.H. Karnkowski (20). Autorzy Ci wymieniają dodatkowo kierunek N–S. Przeprowadzenie kompleksowej analizy fotogeologicznej, jak również wyniki innych opracowań pozwalają więc przyjąć kierunki NW–SE (130° – 150°) i ENE–WSW (50° – 70°) jako zdecydowanie dominujące na terenie Bełchatowskiego Obszaru Węglowego (ryc. 3).

W celu nadania treści geologicznej fotolineamentom wyniki fotointerpretacji zostały nawiązane do różnych opracowań geologicznych, jak również do materiałów podstawowych – wierceń (zebranych m.in. w „Dokumentacji powykonawczej odwodnienia złóż węgla brunatnego Bełchatów” – 1979) i danych geofizycznych (10, 28, 8, 17, 18).

Z ważniejszych opracowań rozpatrzono prace S. Biernata (5), A. Błaszkiwicza i in. (7), S. Cieślińskiego i Z. Dąbrow-

skiej (9), Z. Deczkowskiego (11), J. Głazka i T. Zapaśnika (14), L. Kossowskiego (21), K. Mrozka (26, 27). Wiele dodatkowych informacji uzupełniono również z Mapy geologicznej Polski w skali 1:200 000 (15, 16).

Na podstawie powyższych materiałów można stwierdzić, że w rejonie Bełchatowa występuje skomplikowany model budowy tektonicznej, a na końcowy kształt tego modelu miały sumaryczny wpływ procesy tektoniczne, neotektoniczne, tektonika salinarna oraz procesy krasowe. Równoleżnikowy rów Bełchatowa (zwany też przez niektórych autorów rowem Kleszczowa), tnący ukośnie struktury laramijskie o kierunku NW–SE, ma złożoną budowę wewnętrzną w postaci licznych bloków widocznych wzdłuż i w poprzek struktury. Wiadomo również, że przemieszczenia wzdłuż uskoku rozdziałających poszczególne bloki kontynuowały się od początku miocenu po holocen (1, 2, 6).

W celu porównania poszczególnych map tektonicznych sporządzonych przez różnych autorów wykonano histogramy kierunków uskoku (ryc. 2). Już pierwszy rzut oka na histogramy wykazuje bardzo dużą rozbieżność między dominującymi kierunkami uskoku wyznaczonymi przez różnych autorów. Można też wskazać miejsca o większej zgodności. I tak:

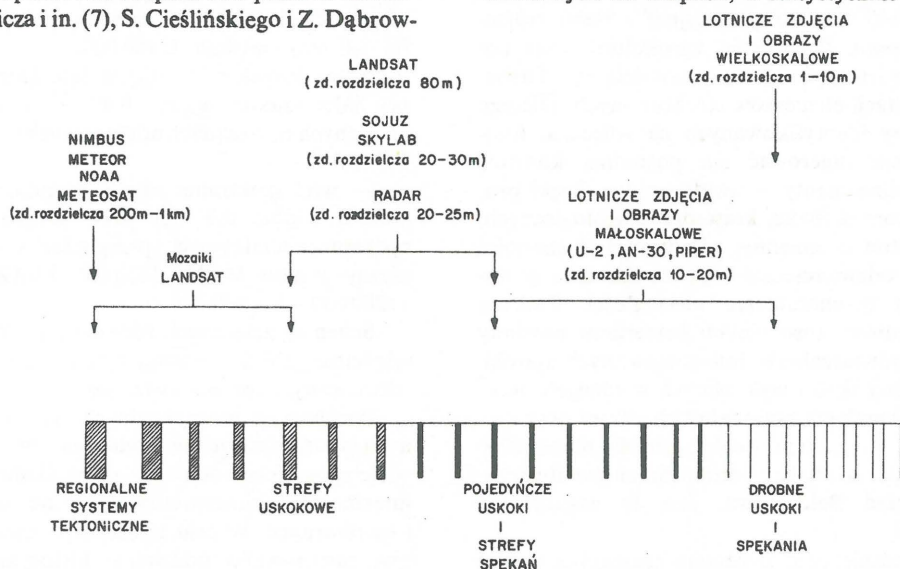
– równoleżnikowe kierunki uskoku o azymutach 80° – 90° i 90° – 110° dominujące na mapach A. Błaszkiwicza i in., L. Kossowskiego oraz K. Mrozka nie zaznaczają się na mapie S. Biernata,

– uskoki o azymutach 50° – 70° ENE–WSW i NE–SW występują przede wszystkim w opracowaniach K. Mrozka i S. Biernata,

– każdy z cytowanych autorów wyznacza jako jeden z głównych kierunków wartość nie powtarzaną przez pozostałych, np. 40° – 50° (NE–SW) – A. Błaszkiwicz i in., 20° – 30° (NNE–SSW) – L. Kossowski, 0° – 10° (N–S) – K. Mrozek, 130° – 150° (NW–SE) – S. Biernat.

Rozpatrując przebieg fotolineamentów w nawiązaniu do cytowanych prac, należy uznać największą zbieżność ich kierunków z uskokiemi na mapach S. Biernata oraz częściowo K. Mrozka.

Porównanie histogramów, będących wynikiem fotointerpretacji, pozwoliło na określenie największej zbieżności z wynikami interpretacji materiałów geologicznych przedstawionych na mapach, a statystycznie ujętych na wykre-



Ryc. 1. Teoretyczny schemat zależności zdolności rozdzielczej materiałów teledetekcyjnych w stosunku do obserwowanych elementów tektonicznych

Fig. 1. Theoretical scheme of differences in resolution power of remote sensing materials in relation to the recorded tectonic elements

sach. Metoda ta wydaje się być przydatna do wyboru najbardziej prawdopodobnego modelu budowy geologicznej w omawianym rejonie.

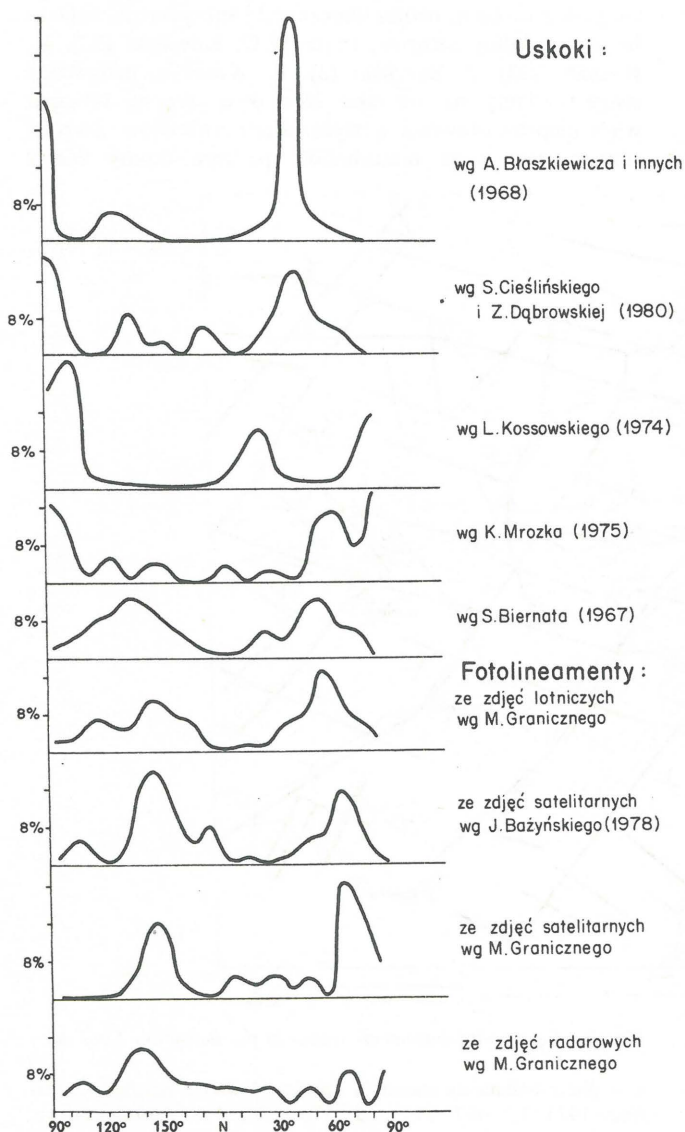
Bardzo interesujący materiał do niniejszych rozważań dostarczyły wyniki analizy spękań ciosowych w utworach mezozoicznych rejonu Bełchatowa, wykonane przez L. Mastellę, W. Mizerskiego (25). Badania te przeprowadzono również na podstawie materiałów z wierceń zlokalizowanych bezpośrednio na obszarze odkrywki, jak i odsłonięć powierzchniowych tego rejonu. L. Mastella i W. Mizerski stwierdzili, że na omawianym terenie dominują spękania ciosowe o powierzchniach prostopadłych do uławicenia (cios katetalny), rzadziej występują spękania o powierzchniach pochylonych. Sieć spękań ciosowych katetalnych na całym obszarze charakteryzuje duża stałość kierunków. Najliczniej i najwyraźniej są rozwinięte spękania ciosowe zespołu NW–SE (120–150°). Równie wyraźne, choć mniej licznie występują spękania ciosowe zespołu NE–SW (40–60°). Są to więc kierunki analogiczne do głównych fotolineamentów. Można na podstawie powyższego uznać, że fotolineamenty odpowiadające nieciągłościom oraz spękania ciosowe są wynikiem tego samego stanu naprężeń.

Kolejny materiał do dyskusji nasuwa również zestawienie fotolineamentów z danymi geofizycznymi. Warto w tym miejscu „spojrzeć szerzej” i zwrócić uwagę na fakt, że na terenie Bełchatowskiego Obszaru Węglowego przecinają się dwa regionalne systemy fotolineamentów (4). Jeden z nich o kierunku NW–SE przebiega od Szczecina przez Poznań–Kalisz–Radomsko do Rzeszowa, drugi o kierunku ENE–WSW ciągnie się od Jeleniej Góry przez Wrocław–Piotrków Trybunalski do Brześcia. Oba systemy znajdują odzwierciedlenie w geofizyce. System fotolineamentów NW–SE jest wyraźnie widoczny w obrazie anomalii grawimetrycznych. Uskok Szczerców–Radomsko, wyznaczony na badanym terenie w obrębie utworów mezozoicznych, najprawdopodobniej wchodzi w skład wspomnianego systemu. Kierunek znajduje również odzwierciedlenie w materiałach magnetycznych. Na mapie morfologii podłoża czynnego magnetycznie (10) widać wyraźnie, że granica stopnia morfologicznego w podłożu czynnym magnetycznie między masywem Polski Południowej i zapadliskiem Polski Zachodniej charakteryzuje się tym właśnie kierunkiem.

Z kolei fotolineamenty o kierunkach ENE–WSW widocznie „zakłócają” przebieg izarytmów składowej pionowej „Z” na mapie magnetycznej 1:200 000. Zwraca również uwagę fakt, że wzdłuż kierunku ENE–WSW zaznaczyły się „schodowe” przemieszczenia strefy Szczecin–Rzeszów w okolicy Radomska, jak i Poznania. O kierunkach ENE–WSW wspomina również K. Mrozek (26), podkreślając znaczenie uskoku o tym przebiegu w procesie formowania się synklinorium łódzkiego.

Ciągła zbyt mała ilość danych o procesach tektonicznych zachodzących w podłożu Bełchatowa ujawniła się ponownie w związku z wystąpieniem tam wstrząsów sejsmicznych. W latach 1978–1980 w rejonie Bełchatowa odbyło się 6 wstrząsów podziemnych o magnitudzie 3,0, z czego największy wystąpił 29.11.80 (magnituda 4,5 w skali Richtera). S.J. Gibowicz, J. Głazek, L. Wysokiński (12) przedstawili trzy hipotezy, które mogą tłumaczyć stwierdzone zjawiska sejsmiczne. Pierwsza z nich zakłada płytkie wstrząsy z odciążenia, druga przemieszczenia plastycznych i rozpuszczalnych mas soli cechsztyńskich, trzecia natomiast umiejscawia ognisko w obrębie podpermskiego podłoża „w strefie rozłamów Rzeszów–Poznań lub świętokrzyskiego, albo na ich skrzyżowaniu”. Cytowani autorzy wspominają również o możliwości łącznego oddziaływania obu wariantów (drugiego i trzeciego), co może spowodować zagrożenia w skali regionalnej na znacznym obszarze. Analizując dane instrumentalne wstrząsu z 29.11.1980 r. S.J. Gibowicz i współautorzy (13) prezentują dwa warianty modelu ogniska sejsmicznego. Jedno z nich podaje przebieg płaszczyzn uskoku o azymutach 126° (SE–NW) i 72° (WSW–ENE). Kierunki te nawiązują do zinterpretowanych na obszarze Bełchatowa fotolineamentów.

W. Karaszewski (19), zajmując się problematyką wstrząsów sejsmicznych w Polsce i ich związków z budową głębokiego podłoża, zwraca uwagę na zagęszczenie punktów sejsmicznych miejscami o dość znacznym, jak na nasze warunki, nasileniu wstrząsów wzdłuż prostej o azymucie 135–140°. W. Karaszewski proponuje dla tej strefy nazwę linii sejsmicznej Raclawice–Szczekociny–Kalisz, uważa również, że – nie uwzględniona dotychczas w dostatecznym stopniu – odgrywa ona niewątpliwie poważną rolę w budowie geologicznej tego obszaru, a zwłaszcza jego głębszego podłoża. Linia sejsmiczna W. Karaszewskiego w pełni pokrywa się ze strefą fotolineamentów Szczecin–Poznań–Kalisz–Radomsko–Rzeszów. Wykazana zbieżność stanowi dodatkowy dowód na to, że fotolineamenty stanowią odzwierciedlenie obecnie czynnej sieci głębokich



Ryc. 2. Histogramy kierunków uskoku i fotolineamentów według różnych autorów

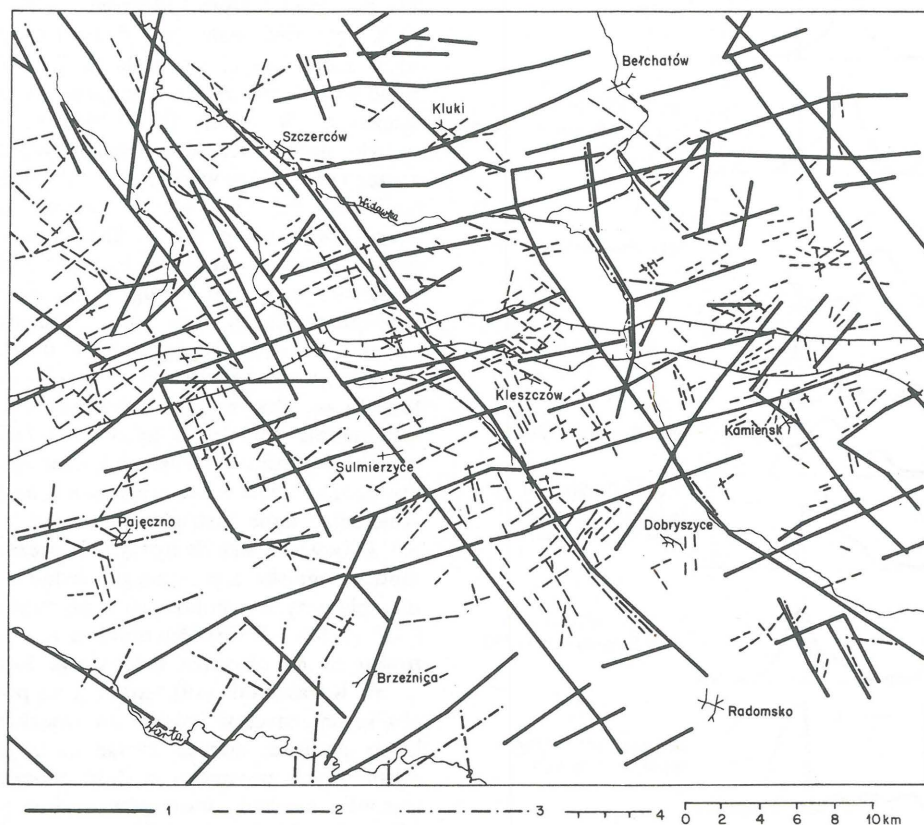
Fig. 2. Histograms of directions of faults and photolineaments after various authors.

stref osłabienia lub nieciągłości podłoża. Biorąc powyższe pod uwagę, strefę NW–SE przecinającą Bełchatowski Obszar Węglowy należy uznać za aktywną tektonicznie, a wzmogoną aktywność sejsmiczną w tym rejonie można wiązać z węzłem przecięcia się dwóch regionalnych systemów NW–SE i ENE–WSW.

Interesujące wydaje się również spojrzenie na rozmieszczenie i kierunki fotolineamentów z punktu widzenia rozważań dotyczących współczesnego pola naprężeń. Sporo nowych informacji w tym zakresie wnosi opracowanie J. Liszkowskiego (24). Autor ten podaje dla współczesnego pola naprężeń w skorupie w Polsce następujące kierunki działania naprężeń poziomych: maksymalne naprężenie o kierunku $350^\circ \pm 10^\circ$ i odpowiednie minimalne o kierunku $80^\circ \pm 10^\circ$ (NNW–SSE i ENE–WSW). J. Liszkowski podaje dalej, że w okresie całego kenozoiku pole naprężenia w skorupie w Polsce uległo sinistralnemu obrotowi o ok. 60° . Dla struktur laramijskich odpowiednie kierunki naprężeń poziomych wynosiły: maksymalne $50^\circ \pm 15^\circ$ oraz minimalne $140^\circ \pm 15^\circ$ (NE–SW i NW–SE). Jak prezentuje się obraz fotolineamentów w świetle przedstawionych wyników? Ogólnie nawiązuje do planu laramijskiego, zwłaszcza osi NW–SE oraz wykazuje częściową zgodność z współczesną osią naprężeń ENE–WSW, przy niemal całkowitym braku kierunku NNW–SSE. Z powyższego wynika więc, że fotolineamenty nie w pełni odzwierciedlają obecny stan naprężeń skorupy i podobne stwierdzenia spotykane w literaturze należy raczej uznać za uproszczone i odnosić do konkretnych warunków budowy geologicznej.

Przy omawianiu fotolineamentów i ich związków z geologią na badanym terenie nie sposób nie wspomnieć o słabej czytelności równoleżnikowego przebiegu rowu Bełchatowa na materiałach teledetekcyjnych. Kierunki fotolineamentów wydzielone w obrębie rowu są nieregularne i charakteryzują się miejscami „schodkowym” ułożeniem. Rów stanowi formę ogólnie niezależną od sieci głównych fotolineamentów i zarazem głównych uskoków regionu. Sugeruje to poligeniczny charakter struktury i jej powstanie w wyniku nałożenia się wielu odmiennych kierunków tektonicznych. Ogólny przebieg rowu nie wydaje się więc być zdeterminowany żadną generalną strefą dyslokacyjną, a raczej stanowi wypadkową kierunków wszystkich starszych uskoków. Potwierdza to poglądy S. Biernata (5), J. Głazka, T. Zapaśnika (14) i tych wszystkich badaczy, którzy sądzą, że jego tektonika jest wynikiem nałożenia się na dominujące struktury fałdowo-blokowe – właściwe strefie wału metakarpackiego – procesów halokinetycznych typowych dla obszaru położonego dalej na północ.

Interpretacja zdjęć satelitarnych badanego obszaru ujawniła również możliwości pośredniej obserwacji pionowych procesów neotektonicznych na podstawie analizy den dolinnych. Na zjawisko rozszerzenia den dolinnych i jego związek z ruchami neotektonicznymi i subsydencją zwracało uwagę kilku autorów, m.in. W.C. Kowalski (22), K. Krauzlis (23), J. Bażyński (3). K. Krauzlis, prowadząc swoje badania na odcinku środkowej Warty, wykazał wiele nieprawidłowości w wykształceniu aluwii. Zwrócił również uwagę na niestabilność podłoża doliny Warty



Ryc. 3. Mapa fotolineamentów Bełchatowskiego Obszaru Węglowego

1 – fotolineamenty wydzielone na zdjęciach satelitarnych Landsat 1 i 3 wykonanych 1973.11.2, 1973.06.2 i 1978.10.24, 2 – fotolineamenty wydzielone na zdjęciach lotniczych panchromatycznych, w bliskiej podczerwieni oraz w podczerwieni termalnej, 3 – fotolineamenty wydzielone na zdjęciach radarowych, 4 – rów Bełchatowa

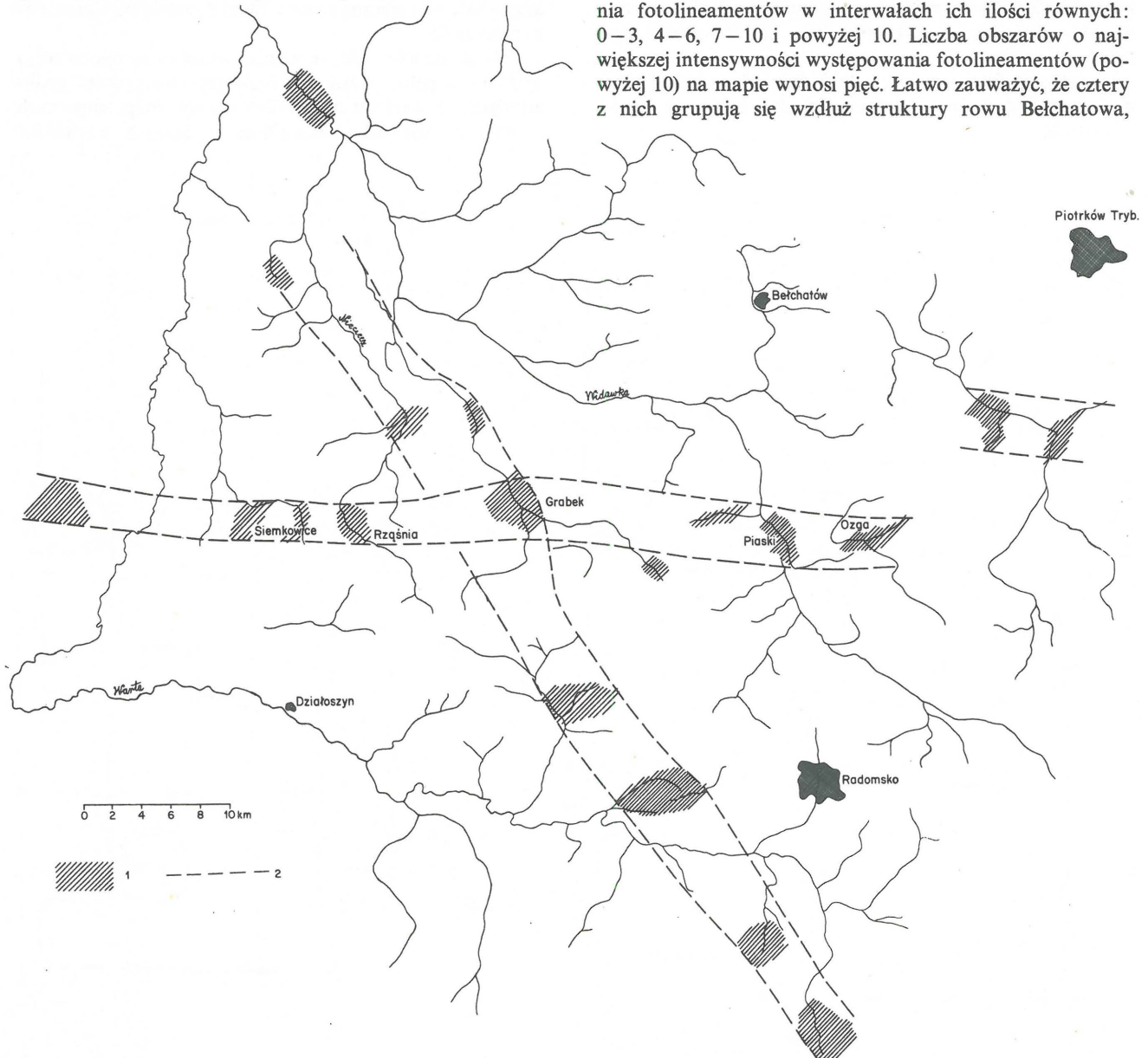
Fig. 3. Map of photolineaments traced in the Bełchatów Coal Area

1 – photolineaments traced in Landsat 1 and 3 satellite photos from 1973.11.2, 1973.06.2 and 1978.10.24, 2 – photolineaments traced in panchromatic air photos (close infrared and thermal infrared), 3 – photolineaments traced in radar photos, 4 – Bełchatów trough

w okresie czwartorzędowym oraz doszedł do wniosku że wykształcenie aluwiów w dolinie było zależne – poza klimatem – także od ruchów neotektonicznych. J. Bażyński (3) zwrócił uwagę na dużą przydatność zdjęć satelitarnych do analizy ruchów neotektonicznych i współczesnych, przez porównanie szerokości równi zalewowych, wskazując na szczególną użyteczność zdjęć Landsata uzyskanych jesienią lub zimą przy braku pokrywy śnieżnej. Szczególnie dobrze widoczne są obszary den dolinnych na barwnych kompozycjach Landsata w kolorach umownych, na których łąki zaznaczają się jako jaskrawo czerwone pasma. Jest to spowodowane ok. 3 razy wyższą wartością odbicia promieniowania słonecznego w zakresie bliskiej podczerwieni dla żywej zieleni w stosunku do zielonego zakresu widma. Obserwacja na zdjęciach satelitarnych przebiegu den dolinnych Niecieczy, Widawki, Wierchnicy i Krasówki zwraca uwagę na ich wyraźne anomalne rozszerzenia. Układają się one w postaci dwóch krzyżujących się stref. Jedna z nich wynika z połączenia rozszerzeń

dolinnych w pobliżu Siemkowiec, Rząśni, Grabka, Piasków, Ozgi i Sieniec (ryc. 4). Przebiega ona niemal dokładnie wzdłuż rowu Bełchatowa. Druga wyraźna strefa zarysowuje się na odcinku Radomsko – Chabielice o kierunku NW – SE. Część zinterpretowanej strefy pokrywa się z wyznaczonym przez S. Biernata (5) obniżeniem Chabielic. Obie strefy można uznać za obszary podlegające subsydencji.

W niniejszym opracowaniu podjęto także próbę statystycznej analizy wyników fotointerpretacji. Zastosowano dość prostą metodę, polegającą na obliczeniu gęstości występowania fotolineamentów na jednostkę powierzchni. Za jednostkę powierzchni, w obrębie której zliczono fotolineamenty, przyjęto kwadrat o boku 3 km. Celem obliczeń było wskazanie stref o największej koncentracji występowania fotolineamentów, które mogą świadczyć o miejscach maksymalnego tektonicznego zaangażowania i potencjalnego osłabienia podłoża w danym rejonie a jednocześnie największej aktywności tektonicznej. Na mapie gęstości fotolineamentów (ryc. 5) wydzielono obszary występowania fotolineamentów w interwałach ich ilości równych: 0–3, 4–6, 7–10 i powyżej 10. Liczba obszarów o największej intensywności występowania fotolineamentów (powyżej 10) na mapie wynosi pięć. Łatwo zauważyć, że cztery z nich grupują się wzdłuż struktury rowu Bełchatowa,



Ryc. 4. Fotoszkic rozmieszczenia poszerzonych dolin rzecznych (na podstawie Landsata)

Fig. 4. Photosketch of distribution of the widened river valleys (based on Landsat imagery)

1 – rozszerzone odcinki den dolinnych, 2 – przypuszczalny zarys obszarów subsydencji

1 – widened sections of river valleys, 2 – inferred outline of subsidence areas

m.in. w rejonie wysadu solnego Dębina, Rogowca, Rząśni i Danielowa. Piąty obszar jest położony wzdłuż odcinka dyslokacji Szczerców – Radomsko w rejonie Lgoty Wielkiej, w obrębie występowania w podłożu utworów kredy górnej – margli, opok i gez.

Rów Bełchatowa, który nie odwzorował się w postaci wyraźnej strefy fotolineamentów (co omówiono już poprzednio), „ujawnił” się natomiast jako obszar podlegający subsydencji, co jest czytelne dzięki anomalnym rozszerzeniom den dolinnych oraz podwyższonej koncentracji fotolineamentów. Obie te cechy potwierdzają więc dużą aktywność tektoniczną rowu i oddziaływanie subsydencji współcześnie.

W podsumowaniu fotogeologicznej analizy Bełchatowskiego Obszaru Węglowego należy stwierdzić, że:

- główne fotolineamenty odznaczają się znaczną prawidłowością kierunkową.

- dwa powtarzające się główne kierunki: NW–SE (130–150°) i ENE–WSW (50–70°) wykazują zbieżność z przebiegiem dyslokacji wyznaczonych przez S. Biernata (5) oraz częściowo K. Mrozka (26) i Z. Deczkowskiego (11),

- główne fotolineamenty dokładnie odpowiadają azyutomom spółek ciosowych pomierzonych w utworach mezozoicznych,

- fotolineamenty nawiązują do laramijskich osi pola naprężeń w skorupie, jak również częściowo do współczesnej osi naprężeń ENE–WSW,

- na obszarze Bełchatowa przecinają się dwa regionalne systemy fotolineamentów: Szczecin–Poznań–Kalisz–Radomsko–Rzeszów (NW–SE) oraz Jelenia Góra–Wrocław–Piotrków T.–Brześć.

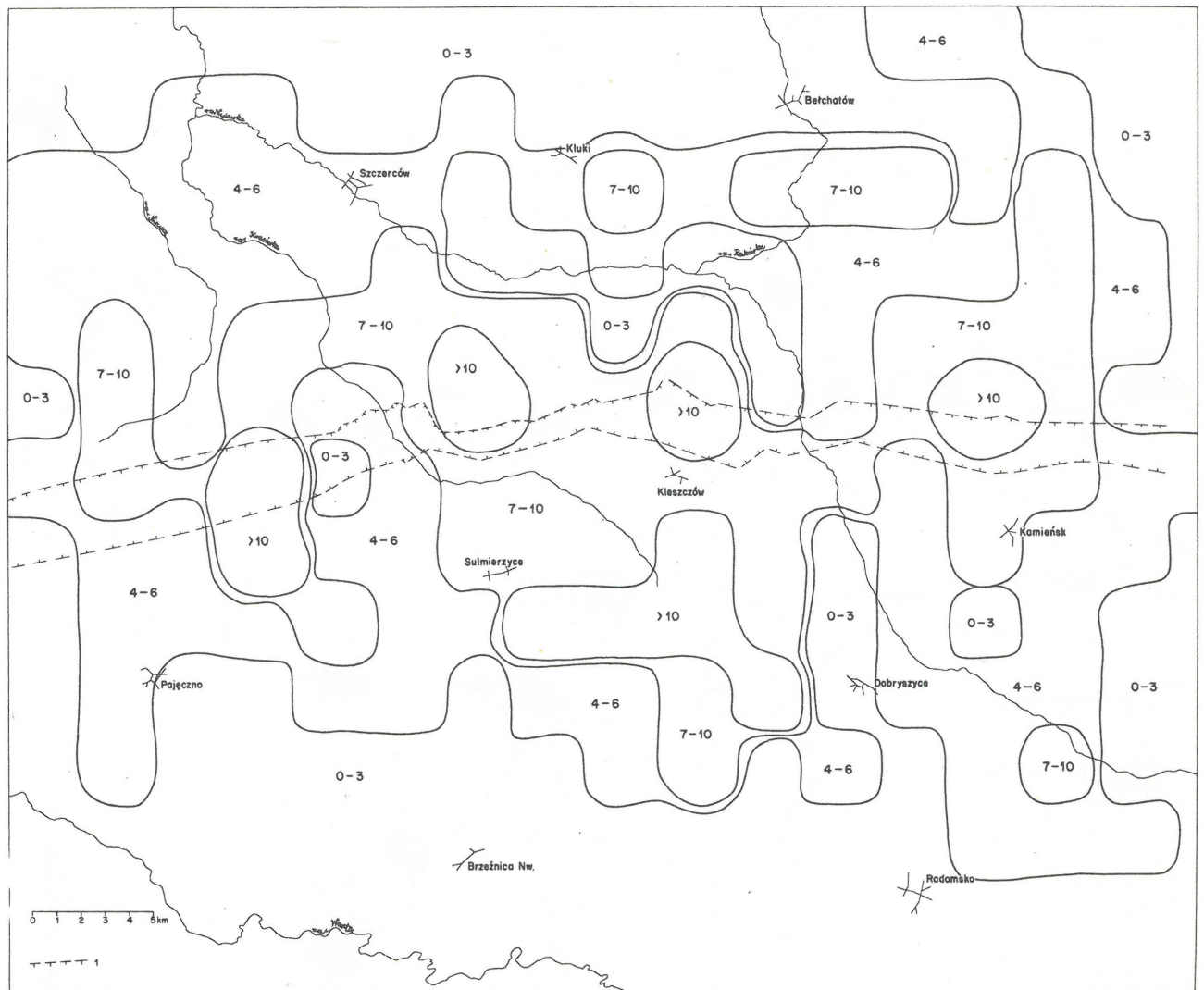
- związek niektórych fotolineamentów z anomaliami grawimetrycznymi i magnetycznymi wskazuje na ich głębokie założenia,

- wzmożona aktywność sejsmiczna w rejonie Bełchatowa może mieć związek z systemem NW–SE lub węzłem przecięcia się dwóch regionalnych systemów NW–SE i ENE–WSW,

- rów Bełchatowa nie odwzorował się w postaci wyraźnej strefy fotolineamentów, co sugeruje poligeniczny charakter struktury i jej powstanie w wyniku nałożenia się wielu odmiennych kierunków tektonicznych,

- analiza danych fotointerpretacyjnych wykazała dużą aktywność tektoniczną rowu i oddziaływanie tych procesów współcześnie.

Mając świadomość, że analiza materiałów teledetekcyjnych nie w pełni gwarantuje rozwiązanie zagadnień geologicznych, ze względu na szczupłość cech rozpoznawczych, jakimi na zdjęciach (szczególnie w naszych warunkach



Ryc. 5. Mapa gęstości występowania fotolineamentów na jednostkę powierzchni 3 × 3 km

Fig. 5. Map of frequency of photolineaments per surface unit 3 × 3 km

1 – Rów Bełchatowa

1 – Bełchatów trough

środowiskowych) wyraża się budowa geologiczna danego obszaru, należy uznać, że zasób informacji uzyskanych tą drogą pozwolił na pełniejsze poznanie prawidłowości tektonicznych zachodzących w rejonie Bełchatowa. Problem genezy i ważności fotolineamentów pozostaje – w świetle analizy porównawczej materiałów – nadal otwarty, wydaje się jednak, że pomijanie lub pomniejszanie tego zagadnienia w rozważaniach tektonicznych nie znajduje uzasadnienia.

LITERATURA

1. Baraniecka M.D. – Staroczwartorzędowe rowy tektoniczne i ich osady. *Kwart. Geol.* 1971 nr 2.
2. Baraniecka M.D. – Fazy tektoniczne w czwartorzędzie w środkowej części Niżu Polskiego. Współczesne i neotektoniczne ruchy skorupy ziemskiej w Polsce. T. 1. I Krajowe Sympozjum Warszawa 1975.
3. Bazyński J. – Satelitarna mapa fotolineamentów 1:500 000. *Arch. Inst. Geol.* 1978.
4. Bazyński J. et al. – Fotogeologiczna mapa Polski 1:1 000 000. *Wyd. Geol.* (w druku).
5. Biernat S. – Geologiczne opracowanie regionalne Bełchatowskiego Okręgu Przemysłowego. Rozdz. II – Historia badań. Utwory mezozoiku. Tektonika i paleomorfologia. *Arch. Inst. Geol.* 1967.
6. Biernat S. – Zagadnienia neotektoniki w rejonie Bełchatowa. Współczesne i neotektoniczne ruchy skorupy ziemskiej w Polsce T. 1. I Krajowe Sympozjum Warszawa 1975.
7. Błaszkiwicz A. et al. – Zarys stratygrafii i tektoniki południowej części niecki łódzkiej (rejon Bełchatowa). *Kwart. Geol.* 1968 nr 2.
8. Bujnowski W. et al. – Mapa grawimetryczna 1:200 000. Atlas strukturalny i naftowy. *Wyd. Geol.* 1968.
9. Cieśliński S., Dąbrowska Z. – Budowa podłoża trzeciorzędu oraz stratygrafia permu i mezozoiku w rowie bełchatowskim. *Przew. 52 Zjazdu Pol. Tow. Geol. Wyd. Geol.* 1980.
10. Dąbrowski A., Karaczun K. – Mapa magnetyczna Polski 1:200 000. *Wyd. Geol.* 1958.
11. Deczkowski Z. et al. – Mapa geologiczna bez utworów kenozoiku (obszar przedsudecki). *Arch. Inst. Geol.* 1978.
12. Gibowicz S.J., Głazek J., Wysokiński L. – Zjawiska sejsmiczne w rejonie kopalni węgla brunatnego Bełchatów. *Prz. Geol.* 1981 nr 5.
13. Gibowicz S.J. et al. – Seismicity induced by surface mining: the Bełchatów, Poland earthquake of 29 November 1980. *Acta Geoph. Pol.* 1982 vol. 30 no. 3.
14. Głazek J., Zapaśnik T. – Uwagi o tektonice rowu Kleszczowa. *Prz. Geol.* 1980 nr 7.
15. Haisig J. et al. – Mapa geologiczna Polski 1:200 000, wyd. B ark. Kluczborg. *Wyd. Geol.* 1979.
16. Haisig J., Biernat S. – Mapa geologiczna Polski 1:200 000, wyd. B, ark. Częstochowa. *Wyd. Geol.* 1980.
17. Karaczun M., Karaczun K. – Mapa magnetyczna Polski 1:200 000, ark. Łódź, Kalisz, *Wyd. Geol.* 1977.
18. Karaczun M., Karaczun K. – Mapa magnetyczna Polski 1:200 000, ark. Kluczborg i Częstochowa. *Wyd. Geol.* 1978.
19. Karaszewski W. – Wstrząsy sejsmiczne w Polsce (bez Karpat i Sudetów) i ich związek z budową głębszego podłoża. *Kwart. Geol.* 1981 nr 3.
20. Karnkowski P.H. – Elewacja radomszczańska w świetle geologicznej interpretacji zdjęć satelitarnych. *Prz. Geol.* 1980 nr 7.
21. Kossowski L. – Budowa geologiczna złoża węgla brunatnego Bełchatów ze szczególnym uwzględnieniem tektoniki podłoża. *Gór. Odkr.* 1974 nr 10–11.
22. Kowalski W.C. – Ruchy neotektoniczne jako czynnik kształtujący środowisko inżyniersko-geologiczne. *Prz. Geol.* 1968 nr 11.
23. Krauzlis K. – Holoceniński rozwój doliny Warty na odcinku Konopnica–Uniejów. *Arch. UW* 1977.
24. Liszkowski J. – Geneza pola współczesnych pionowych ruchów skorupy ziemskiej na obszarze Polski. *Rozpr. UW* 1982.
25. Mastella L., Mizerski W. – Ogólna charakterystyka spękań ciosowych w utworach mezozoicznych rejonu Bełchatowa. *Prz. Geol.* 1980 nr 7.
26. Mrozek K. – Budowa geologiczna struktur wgłębnych w południowej części synklinorium łódzkiego. *Wyd. Geol.* 1975.
27. Mrozek K. – Prace przemysłu naftowego związane z heterogenicznym rowem Bełchatowa. *Przew. 52 Zjazdu Pol. Tow. Geol. Wyd. Geol.* 1980.
28. Zaucha S. – Opracowanie badań sejsmicznych wykonanych w rejonie Bełchatów–Radomsko. *Arch. Przed. Geof. Gór. Naft. w Krakowie* 1967.

SUMMARY

The paper presents results of complex analysis of various remote sensing materials for the Bełchatów area. Comparisons of results of photointerpretation showed that the same major photolineaments are traceable in satellite, aerial and radar photos. Two major directions found in the Bełchatów area, NW–SE (130°–150°) and ENE–WSW (50°–70°), are consistent with the course of dislocations as shown in some geological maps. The major photolineaments also correspond to the azimuths of joint measured in Mesozoic strata. The increased seismic activity in the Bełchatów area may be related to the NW–SE system or a crossing of the two regional systems: NW–SE and ENE–WSW. The Bełchatów trough is not reflected by any clearly marked zone of photolineaments which suggests that this structure is of a polygenic nature and its origin resulting from an overlap of a number of various tectonic directions. The analysis of photointerpretation data shows marked tectonic activity of the trough as well as a continuation of these processes nowadays.

РЕЗЮМЕ

В районе Белхатова был проведен комплексный анализ разнородных материалов по теледетектированию. В результате сравнения результатов фотоинтерпретации оказалось, что главные фотолінеаменты повторяются на космических и радиолокационных съемках, а также на аэросъемках. Два главные направления в районе Белхатова это СЗ–ЮВ (130–150°) и ВСВ–ЗЮЗ (50–70°). Они сходны с направлением дислокации определенных на некоторых геологических картах. Главные фотолінеаменты соответствуют также азимутам трещин отдельности измеренным в мезозойских отложениях. Увеличенная сейсмическая активность в районе Белхатова может быть связана с системой СЗ–ЮВ или с узлом пересечения двух региональных систем СЗ–ЮВ и ВСВ–ЗЮЗ. Впадина Белхатова не