

ZBIGNIEW KOTAŃSKI  
Instytut Geologiczny

## O KONIECZNOŚCI WPROWADZENIA NOWOCZESNYCH METOD BADAWCZYCH W GEOLOGII WGLĘBNEJ

(Cz. I)

UKD 650.8:528.94:551.31+551.36+551.8:551.24

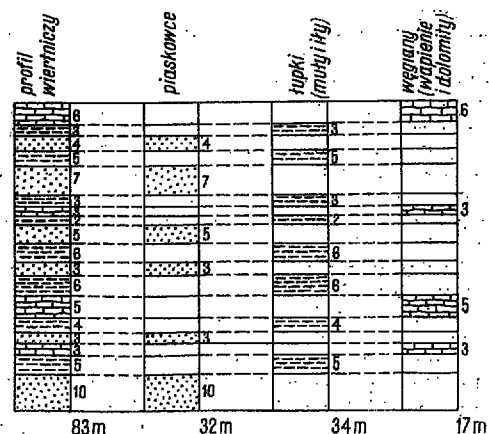
STOSOWANE DOTYCHCZAS METODY POSZUKIWANIA  
NAFTOWYCH

W szerokiej dyskusji o planie pięcioletnim badań geologicznych w zakresie geologii wglębnej w Polsce nie było właściwie dotychczas głosu w sprawach metodologicznych. Wszystkie dotychczasowe wytyczne oparte były na założeniu, że w ciągu najbliższych 5—10 lat stosować będziemy te same metody, które stosujemy obecnie. Dotychczasowe opinie w tej sprawie były raczej uspokajające i sprowadzały się do twierdzenia, że w dziedzinie metod stosowanych w geologii wglębnej na ogół nadążamy za przodującymi krajami. Opinie takie z pewnością są zbyt optymistyczne. Należy stwierdzić, że w stosunku do nowoczesnych metod stosowanych w kartografii wglębnej jesteśmy znacznie opóźnieni. Stan ten jest tym bardziej niepokojący, iż w dziedzinie metodyki badań geofizycznych osiągnięto ostatnio u nas wielki postęp, a planuje się dalsze udoskonalenia.

Udoskonalenie metodyki regionalnego kartowania podłoża jest możliwe nie tylko w stosunku do metod geofizycznych, lecz także w zakresie wglębnego kartowania geologicznego. O metodyce badań geofizycznych dyskutuje się u nas wiele, lecz o metodyce wglębnego kartowania geologicznego nie mówi się nic lub prawie nic. A tymczasem w tej właśnie dziedzinie osiągnięto ostatnio na świecie największy postęp.

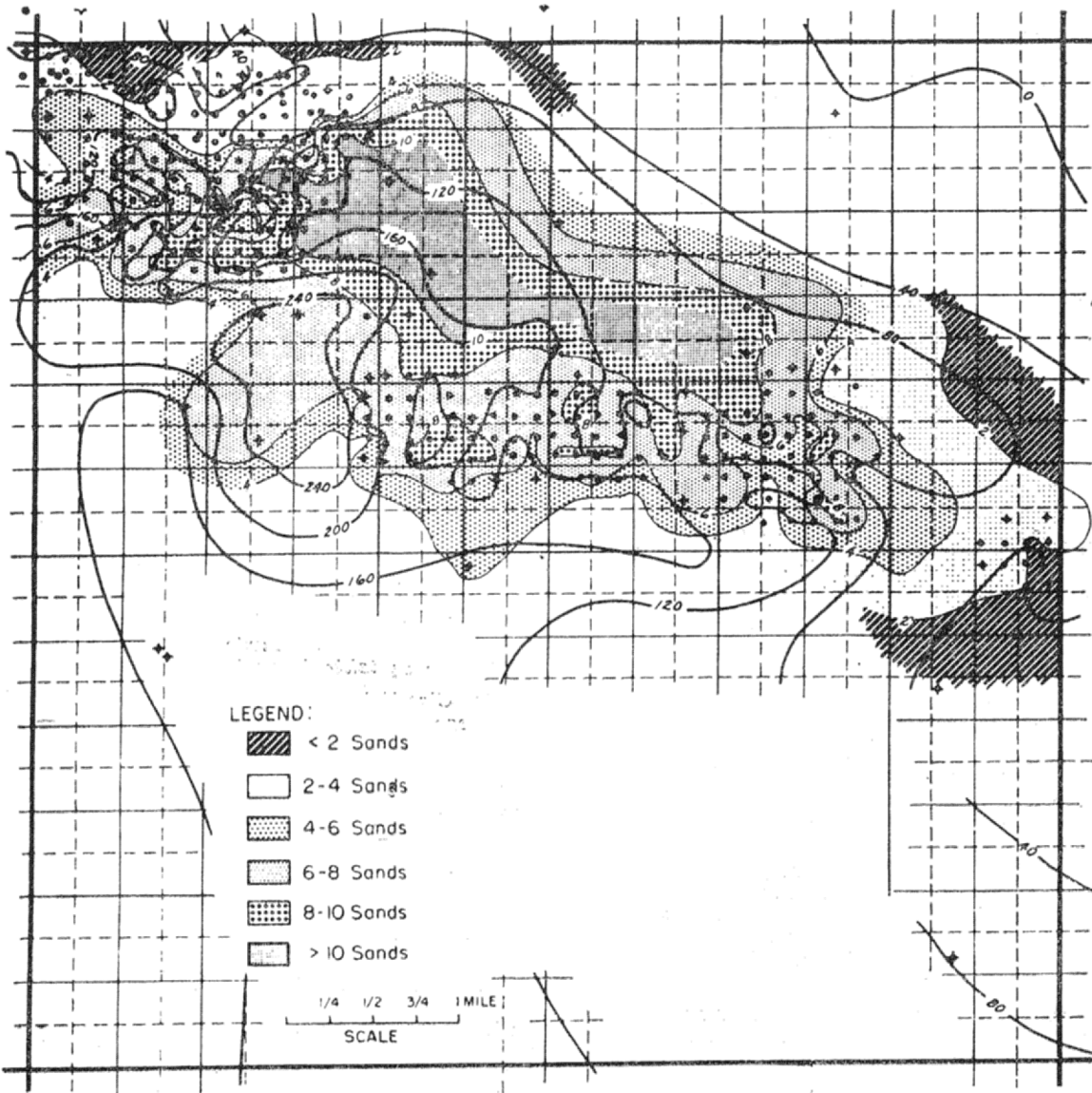
Musimy zdać sobie sprawę z tego, że właściwy postęp w badaniach geologicznych nie zostanie osiągnięty dzięki rozszerzeniu frontu badań, czy też uzyskaniu zwiększonych funduszy na badania w poszukiwaniu ropy, lecz zależy on przede wszystkim od wprowadzenia nowoczesnej metodyki badań i na koncentracji naszych wysiłków na ściśle określonych kierunkach. Wiąże się z tym nie tylko perspektywy nowych odkryć złóż ropy naftowej i gazu ziemnego w Polsce, lecz także i możliwości poczynienia wielkich oszczędności w środkach finansowych, przeznaczonych rokrocznie na poszukiwania węglowodorów. Jeśli zastosujemy nowe metody badawcze, to wówczas przy tych samych nakładach finansowych mamy szansę uzyskania znacznie lepszych niż dotychczas rezultatów, i to w o wiele krótszym czasie.

W poszukiwaniach naftowych prowadzonych przed wojną w St. Zj. i ZSRR przeważały badania strukturalne, polegające na szukaniu coraz to nowych wyniesień — struktur, z którymi wiązały się przemysło-



Ryc. 1. Rozbicie litologiczne profilu wiertniczego na trzy główne typy litologiczne. Zsumowane miąższości poszczególnych typów litologicznych są podstawą do konstrukcji map odpowiednich izolitów i mogą służyć do konstrukcji innych map litologicznych ilościowych. 83 m — ogólna miąższość jednostki stratygraficznej, 32 m — sumaryczna miąższość piaskowców, 34 m — sumaryczna miąższość łupków, 17 m — sumaryczna miąższość węglanów.

Fig. 1. Lithologic breakdown of a well log into three main rock types as a basis for construction of the isolith maps and other quantitative lithologic maps.



Ryc. 2. Mapa izolitów piaskowców (izolinie sumarycznej miąższości piaskowców) z nałożoną na nią mapą ilości warstw piaskowców (szrafura). Na jednej mapie jest tu przedstawiona zmienność pozioma i pio-

nowa piaskowców pensylwanu (górnny karbon) w Oklahomie. Wg Slossa i Dapplesa, 1952.

Fig. 2. Confederate Zone — net sand isopache and number of sands — Carter County, Oklahoma. (Sloss and Dapples, 1952).

we złoża ropy naftowej i gazu ziemnego. Struktury takie można było znaleźć, początkowo na podstawie powierzchniowych map geologicznych. Później, szczególnie w czasie wojny i po wojnie, rozwinęły się badania geofizyczne, z których dla celów strukturalnych największe znaczenie mają badania sejsmiczne.

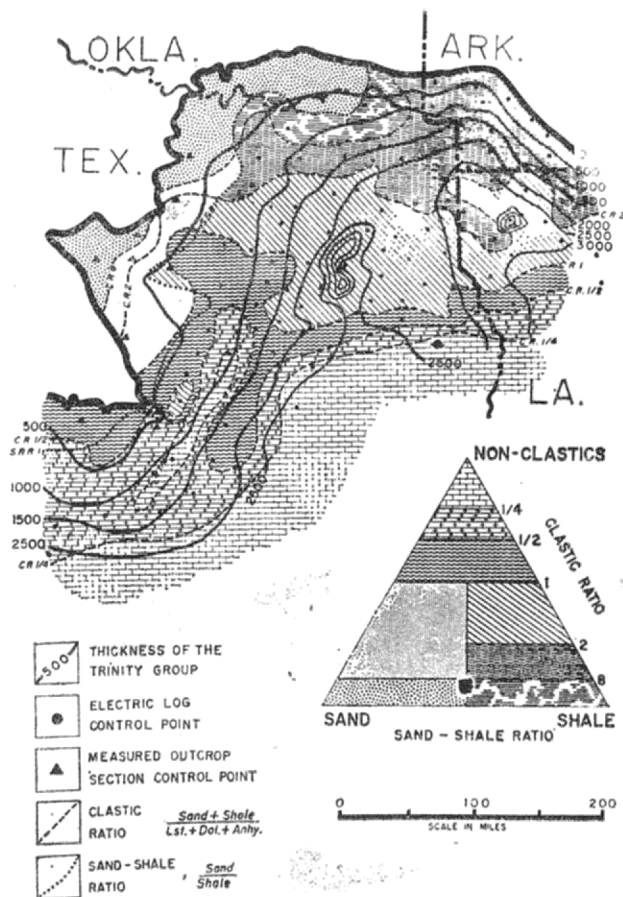
Stosowana u nas obecnie podstawowa metodyka poszukiwania struktur wglębnych polega na powszechnym używaniu ilościowych map, przedstawiających ukształtowanie jakiejś powierzchni za pomocą linii jednakowego wyniesienia, czyli izohips. Na tych mapach zaznaczają się struktury, będące potencjalnymi pułapkami, w których mogły powstać złoża ropy i gazu.

Mapy strukturalne, znane u nas głównie jako tzw. mapy powierzchni spągowej i stropowej, są powszechnie stosowane w poszukiwaniach naftowych w Polsce i łącznie z mapami odkrytymi są mapami stosowanymi w opracowaniach regionalnych, takich jak monoklina przedsudecka, region lubelski i parasyklinorium warszawskie. Obok nich, szczególnie w Górno-

śląskim Zagłębiu Węglowym, wykonywane są mapy stratoizohips, będące mapami strukturalnymi jakiejś wybranej warstwy.

Coraz częściej opracowywane są u nas także mapy miąższościowe (izopachytowe), choć praktyka, a szczególnie metodyka ich stosowania nie jest jeszcze upowszechniona, nie mówiąc o tym, że wnioski płynące z tej analizy są najczęściej niepełne bądź niezbyt prawidłowe. Przykład prawidłowo pojętej analizy miąższościowej stanowi opracowanie monokliny przedsudeckiej przez J. Sokołowskiego i wału kujawsko-pomorskiego przez R. Dadleza i S. Marka (z uwzględnieniem danych z przekrojów sejsmicznych).

Mniejszą uwagę przywiązywano dotychczas w Polsce do map litofacjalnych, zwłaszcza do przedstawiających zmienność litologiczną w sposób ilościowy. Istnieje co prawda kilka prób tego rodzaju (A. Czekał, J. Królicka, A. Żelichowski), mapy litologiczne ilościowe nie stały się jednak u nas dotychczas jednym z podstawowych narzędzi w poszukiwaniach naftowych, tak jak na to zasługują i jak to ma miejsce w Stanach Zjednoczonych i Związku Radzieckim.

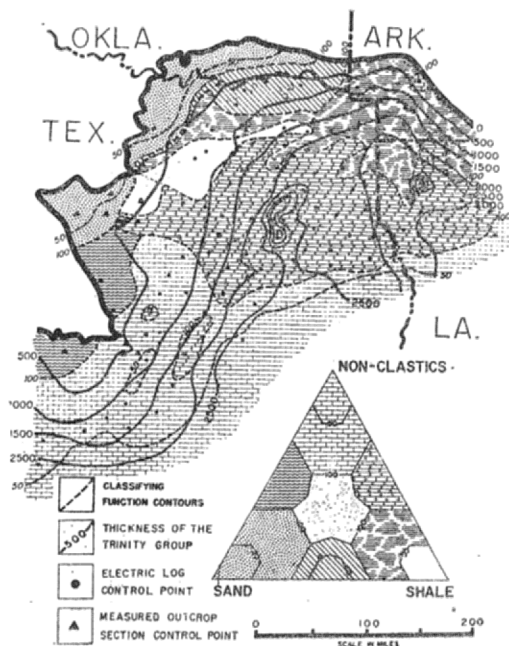


Ryc. 3. Mapa litofacjalna grupy Trinity (kreda Teksasu) opracowana na podstawie empirycznego podziału trójkąta klasyfikacyjnego z uwzględnieniem współczynnika klastyczności i współczynnika piaskowcowo-lupkowego. Naniesione są także izopachyty. Wg Forgotsona, 1960.

Fig. 3. Isopach and ratio-type lithofacies map of Comanchean Trinity group. (Forgotson, 1960).

Zagadnienie to jest o tyle ważne, że większość złóż ropy naftowej i gazu ziemnego, odkrytych po wojnie zarówno w ZSRR, jak i w St. Zj., Kanadzie, na Saharze i Bliskim Wschodzie pochodzi z zamknięć złożowych typu litologiczno-stratygraficznego.

Jeśliby chcieć jak najogólniej scharakteryzować mapy geologiczne, stosowane dotychczas w Polsce w dziedzinie geologii wglębnej i w poszukiwaniach naftowych, to trzeba stwierdzić, że dominowała w tym zakresie przede wszystkim tendencja do konstrukcji wyłącznie „map faktów”, za jakie uznano geologiczne mapy odkryte (mapy dzisiejszych zasięgów), mapy dzisiejszych miąższości i mapy zasięgów facjalnych (nie precyzując najczęściej, czy chodzi o pierwotne, czy o dzisiejsze zasięgi). Takie mapy stanowią wprawdzie rejestrację znanych już faktów, przedstawiając ich obraz statyczny, lecz nie mogą być pomocą w wykrywaniu struktur pogrzebanych, zamknięć złożowych typu litologiczno-stratygraficznego i dróg migracji węglowodorów w innych układach strukturalnych i w odmiennych planach strukturalnych. Rekonstrukcja tych planów, ich zmiany i dynamiczne przedstawienie — oto cel, stawiany przed nowoczesnymi poszukiwaniami naftowymi. Dla potrzeb poszukiwawczych dane dostarczone w wyniku analizy paleotektonicznej, paleogeologicznej, paleogeograficznej i paleohydrogeologicznej są takimi samymi lub nawet ważniejszymi faktami, niż stosunki geologiczne obecnie stwierdzone. Równie ważny jest np. fakt, iż utwory sylurskie były



Ryc. 4. Mapa litofacjalna grupy Trinity (kreda Teksasu) opracowana na podstawie klasyfikującej funkcji D. Naniesione są także izopachyty. Wg Forgotsona, 1960.

Fig. 4. Classifying-function D lithofacies map of Comanchean Cretaceous Trinity group. (Forgotson, 1960).

niegdyś na wyniesieniu mazurskim, niż stwierdzony obecnie fakt, że ich tam nie ma. Potwierdza się tu znany paradoks, że w profilu geologicznym o wiele bardziej interesujące jest to, czego nie ma, niż to co jest.

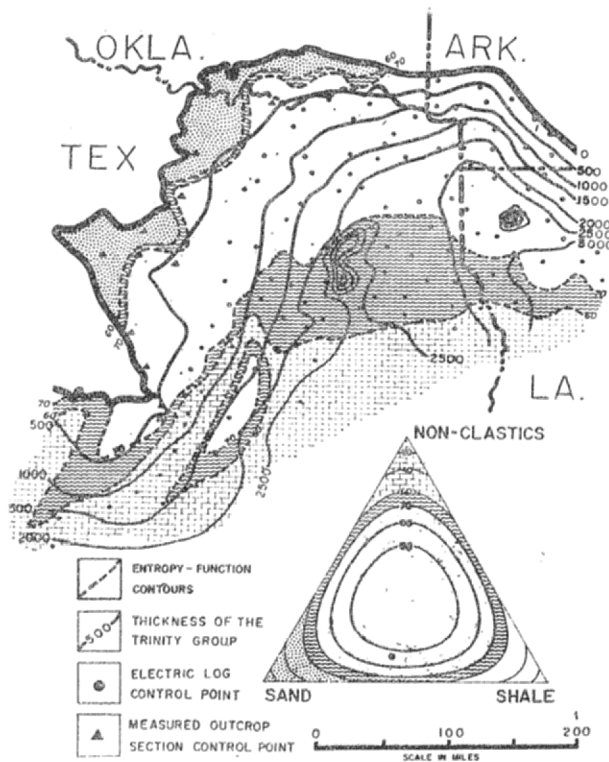
#### NOWOCZESNE METODY POSZUKIWAŃ NAFTOWYCH

Nowoczesne metody poszukiwań naftowych, wypracowane po wojnie w Związku Radzieckim i Stanach Zjednoczonych, polegają na zastosowaniu dwóch nowych metod. Do znanych u nas nowoczesnych metod geofizyczno-strukturalnych dochodzi mianowicie jeszcze metoda ilościowej analizy litofacjalnej oraz ilościowa metoda analizy paleotektonicznej.

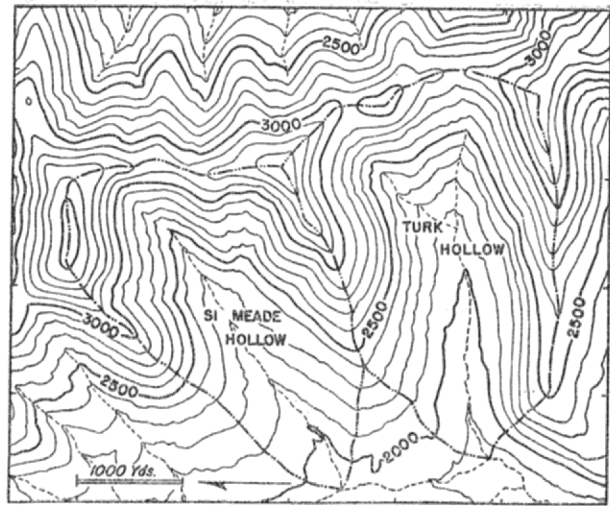
#### IŁOŚCIOWE MAPY LITOFACJALNE

Zasada konstrukcji ilościowych map litologicznych (litofacjalnych), opracowana w szczególności wszechstronny sposób w St. Zj. polega na przedstawianiu litologii w odniesieniu do miąższości, jaką mają w profilu wiertniczym poszczególne składniki litologiczne. Można się przy tym oprzeć zarówno na bezpośrednich danych z badania rdzeni wiertniczych, jak i profilowaniu karotażowego. Wynika to z faktu, że wyróżnia się tylko najprostsze składniki — terygeniczne, ilaste i węglanowe. W miarę potrzeby można oczywiście wyróżnić i inne, bardziej dostosowane do aktualnie istniejącego profilu składniki, takie jak: węgiel, różne odmiany piaskowców i wapieni oraz ewaporaty. Można w ten sposób przedstawić zarówno udział jednego składnika (ryc. 1, system jednoskładnikowy), jak i proporcje dwóch i trzech składników (system dwu i trójskładnikowy), a także stosunki systemu wieloskładnikowego.

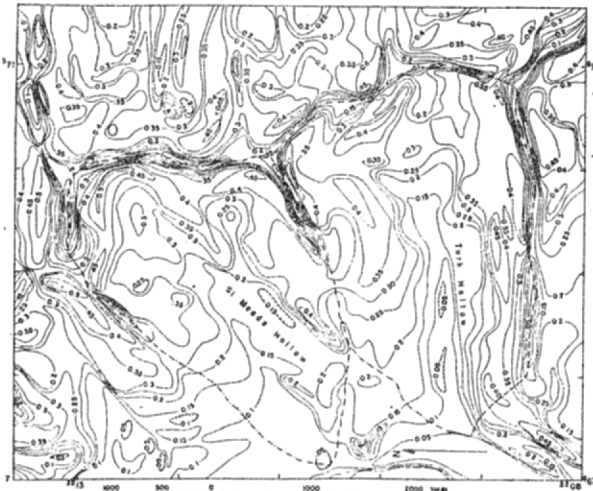
Opierając się na tych prostych danych, które może zebrać każdy odpowiednio przeszkolony i operujący się na określonej instrukcji technik geologiczny, można skonstruować różnego rodzaju mapy litologiczne, takie jak mapy izolitów (ryc. 2 i 8), mapy procentowe, różnorodne mapy współczynników (stosunków, np.



Ryc. 5. Mapa litofacjalna grupy Trinity (kreda Teksasu) opracowana na podstawie funkcji izoentropii. Naniesione są również izopachyty. Wg Forgotsona, 1960.  
 Fig. 5. Entropy-function lithofacial map of Comanchean Cretaceous Trinity group. (Forgotson, 1960).



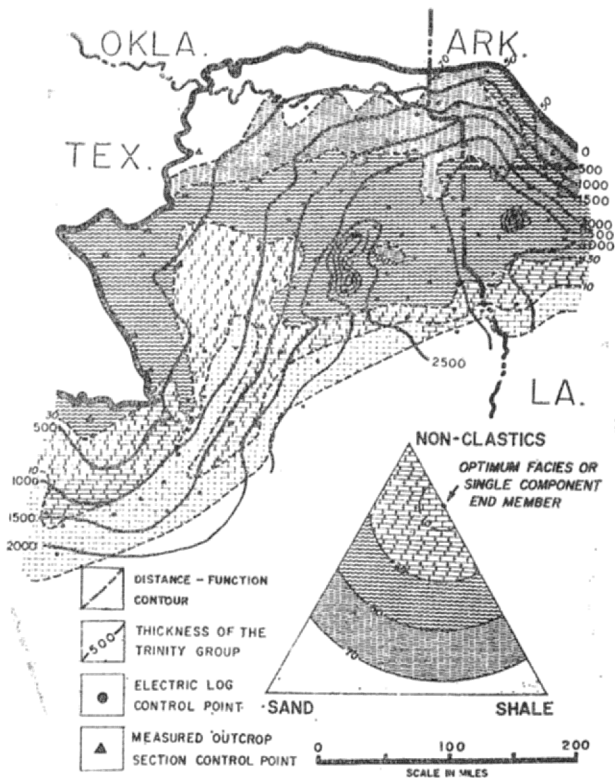
A



B

Ryc. 7. Izosinusowa mapa gradientów wzgórz Si Meade i Turk Hollows w stanie New York (B), powyżej mapa topograficzna tych wzgórz (A). W analogiczny sposób mogą być analizowane wszelkie mapy izarytmów (np. mapy strukturalne, miąższościowe i ilościowe mapy litologiczne). Wg Strahlera, 1956.

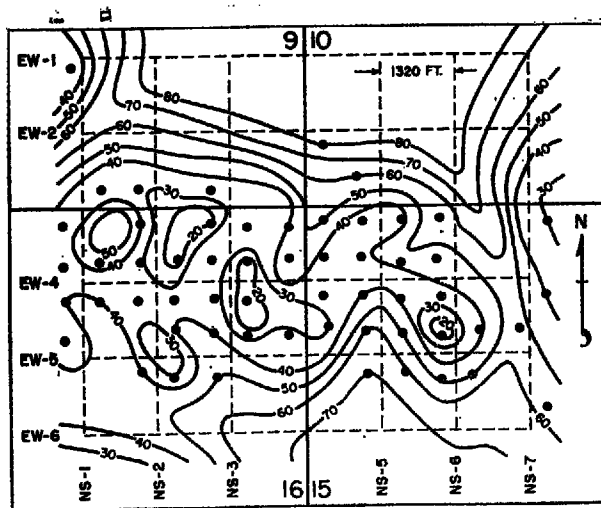
Fig. 7. Contour topographic (A) and isosinal map (B) of Si Meade and Turk Hollows. (Strahler, 1956).



Ryc. 6. Mapa litofacjalna grupy Trinity (kreda Teksasu) przedstawiająca odchylenia od optymalnej facji. Naniesione są także izopachyty. Wg Forgotsona, 1960.  
 Fig. 6. Facies-departure map of Comanchean Cretaceous Trinity group. (Forgotson, 1960).

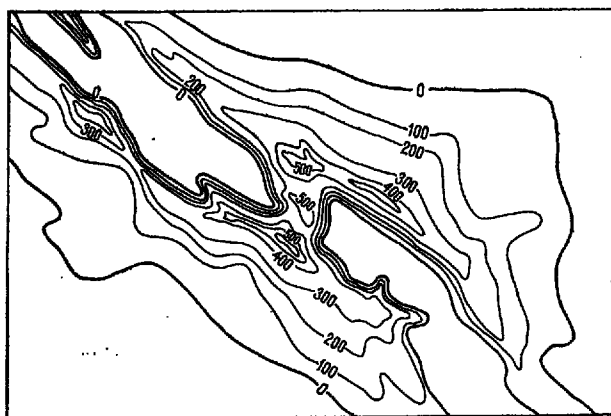
współczynnik klastyczności i współczynnik piaskowcowo-lupkowy) i wreszcie różnorodne mapy uśrednionego składu litologicznego. Z tych ostatnich można wymienić takie jak mapę opartą o empiryczny podział trójkąta klasyfikacyjnego w systemie trójskładnikowym (ryc. 3), mapy oparte o funkcję klasyfikującą D (ryc. 4), mapy izoentropii, mapy odchylenia od optymalnej facji i wreszcie różnego rodzaju mapy, przedstawiające zmienność pionową w profilu, ilość i miąższość określonego typu warstw (por. ryc. 2), kolejność następstwa itp. Każda z tych map opiera się na określonym wzorze definiującym i służy określonym celom. Należy umieć dobrać odpowiednie rodzaje map litologicznych (a jest ich około 50) do rozwiązywania konkretnych zadań. Często ważne wnioski wynikają z nakładania jednych map na drugie (por. ryc. 2-6).

Wszystkie te mapy składają się z izolinii (izarytm), które mogą być następnie analizowane i przetwarzane (podobnie jak izolinie na mapach strukturalnych oraz geofizycznych) metodami statystycznymi, biorąc pod uwagę gradienty (ryc. 7), stopień zagęszczenia i wiarygodności danych oraz regionalne trendy i lokalne



Ryc. 8. Mapa izoltów piaskowców poziomu Reynolds w Oklahomie. Wg Dapplessa i Slossa, z Krumbeina, 1956.

Fig. 8. Net sand thickness, Reynolds zone, West Brock area, Carter County, Oklahoma. (Krumbein, 1956, after Dapples and Sloss).



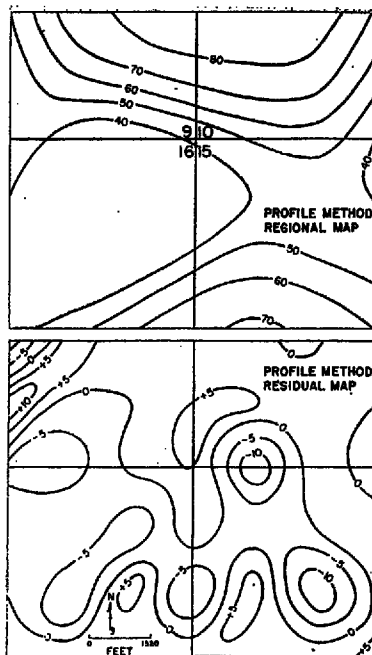
Ryc. 10. Mapa dzisiejszych miąższości jako podstawa do rozważań nie tylko o subsydencji, lecz także o późniejszym wyniesieniu. Posłużyła ona do konstrukcji mapy pierwotnych miąższości (paleoizopachyt); por. ryc. 11 i 12. Mapa inspirowana na stosunkach stwierdzonych na Niżu Polskim.

Fig. 10. Map of present thickness, as a basis to construction of the map primary thickness (paleoisopach) — compare figs. 11 and 12. Diagrammatic map inspired by the situation known in the Polish Lowland.

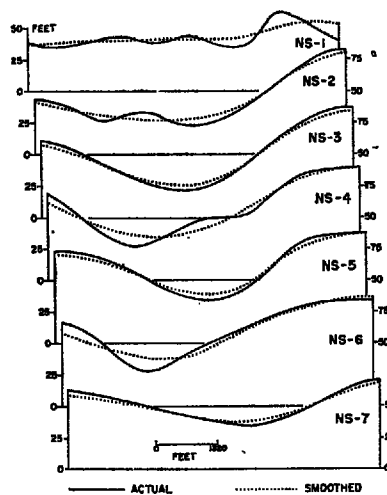
odchylenia od tych trendów (tzw. statystyczne mapy rezydualne — ryc. 8 i 9).

Konstrukcja różnego rodzaju ilościowych map litologicznych ma przede wszystkim na celu wytypowanie miejsc, gdzie z punktu widzenia litologiczno-facjalnego istnieją największe szanse natrafienia na kolektor o optymalnej facji. Powiązanie takich map z mapami strukturalnymi, z mapami szczególnych cech kolektora i z mapami płynów towarzyszących musi dać efekty produkcyjne.

Jedną z zalet ilościowych map litologicznych polega na tym, że uzyskuje się na nich przebieg facji, zupełnie niezależny od przypuszczeń i intencji wykonującego je geologa. Jest to szczególnie ważne wobec istnienia licznych przykładów dostosowywania map facjalnych i paleogeograficznych do młodszych pla-



A



B

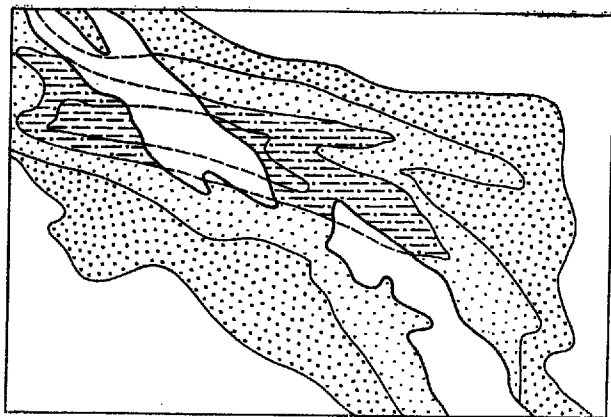
Ryc. 9. Mapy regionalnych i lokalnych trendów w zmianach miąższości piaskowców poziomu Reynolds w Oklahomie (A), wykonane metodą profili wygładzonych (B). Wg Krumbeina, 1956.

Fig. 9. Regional and local effects maps of West Brock area obtained by profile method. (Krumbein, 1956).

nów strukturalnych — do wyniesień, które powstały znacznie później i nie miały żadnego wpływu na uprzednio istniejącą paleogeografię (ryc. 10—12). Przykłady tego rodzaju ujęć można przytoczyć także i z Polski — choćby przyjmowanie istnienia w paleogeografii takich dzisiejszych lub stosunkowo młodych wyniesień, jak: Góry Świętokrzyskie, blok przedsudecki, wyniesienie mazursko-suwalskie i wyniesienie łukowskie. Obiektywizm w przedstawianiu przebiegu facji — oto zasadnicza zaleta ilościowych map litologicznych.

Nie należy się przy tym obawiać, by ten obiektywizm przerodził się w mechaniczne wykonywanie map ilościowych, gdyż jak zwykle w geologii, tak i w tym przypadku zawsze pozostanie jeszcze spora doza dowolności w wykreślaniu izarytm, co pozwala na wykorzystanie wszystkich wiadomości, nawet tych, które nie wynikają bezpośrednio z podstawowych danych i mają charakter hipotetyczny. W wykreślaniu





Ryc. 11. Sumaryczna mapa litofacjalna opracowana na podstawie danych litologicznych. Widać tu, iż wyniesienie o kierunku NW—SE jest młodsze od sedymentacji i nie miało na nią wpływu. Mapa inspirowana na stosunkach stwierdzonych na Niżu Polskim.

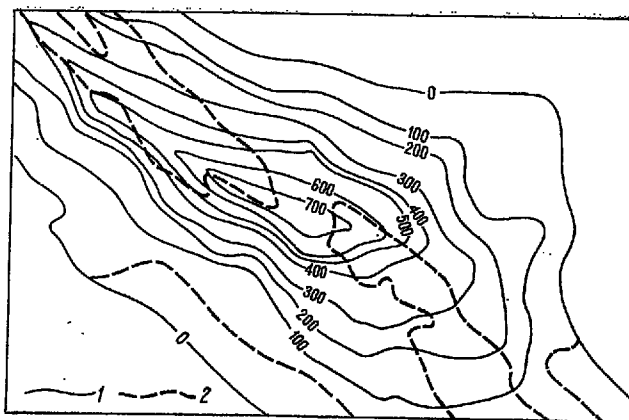
Fig. 11. Generalized lithofacial map, based on the quantitative data. It is evident, that the NW—SE swell is younger than sedimentation and did not influence them. Diagrammatic map inspired by the situation known in the Polish Lowland.

izarym wszystkich typów map ilościowych, nie tylko litologicznych, dobrze jest znać charakter powierzchni lub warunków paleogeograficznych odcinka czasu, do którego się one odnoszą, co pozwoli na nadanie im przebiegowi odpowiedniego charakteru. Jak dotąd, to nie zagraża nam zbytnia mechanizacja w sporządzaniu map ilościowych, lecz raczej niedopracowania metodologiczne.

Istniejące u nas mapy paleogeograficzne czy mapy facjalne nie były wykonywane na podstawie metod obiektywnych, co spowodowało, że straciły one znacznie na aktualności. Należy dążyć do tego, by wykonywane obecnie w Instytucie Geologicznym mapy litologiczno-paleogeograficzne w ramach RWPG przedstawiały litologiczne dane ilościowe w oparciu o obiektywne mapy litologiczno-ilościowe i by przebieg stref facjalnych był na nich wrysowywany na podstawie przebiegu izolinii uśrednionych map litologicznych i nie był dostosowywany do marzuczonych z góry ram tektonicznych, których istnienie w owym czasie trzeba dopiero udowodnić.

Zadania stawiane przed Instytutem Geologicznym w związku ze współpracą krajów socjalistycznych w ramach RWPG należy uznać za dogodną szansę opar-

(Summary will be inserted with the second part of the paper, in the next number)



Ryc. 12. Mapa pierwotnych miąższości (paleoizopachytowa), odtworzonych na podstawie zachowanych miąższości i analizy sumarycznej ilościowej mapy litofacjalnej. Dopiero taka mapa miąższościowa może stać podstawą do rekonstrukcji paleogeograficznych, paleotektonicznych, paleohydrogeologicznych i do konstrukcji map strukturalnych.

1 — paleoizopachyty, 2 — izopachyta zerowa na obszarach podległych późniejszej erozji.

Fig. 12. Paleoisopach map, constructed on the basis of the isopach map of present thickness and in result of the analysis of the generalized lithofacial map. This map may be the suitable basis for the paleogeographic, paleotectonic, paleohydrodynamic and paleostructural analysis. Map inspired by the situation known in the Polish Lowland.

1 — paleoisopachs, 2 — zero isopachs on the territories subjected by subsequent erosion.

nowania nowoczesnych metod stosowanych w geologii węgłowej w przodujących krajach świata i za doskonałą okazję dokonania nowej syntezy litologiczno-paleogeograficznej, mającej pierwszoplanowe znaczenie dla poszukiwań naftowych w Polsce.

Należy doprowadzić do tego, żeby ilościowe mapy litologiczne spełniały dwa podstawowe zadania:

- 1) powinny się one stać takim niezbędnym narzędziem w bieżących pracach poszukiwawczych, jakim są obecnie mapy geofizyczne i strukturalne;
- 2) w oparciu o te właśnie mapy powinny być tworzone nowe syntezy paleogeograficzne, paleotektoniczne i strukturalne.

Obiektywne mapy litofacjalne i biofacjalne są także podstawą konstrukcji map formacyjnych, jednego z zasadniczych narzędzi analizy paleotektonicznej.

(Резюме будет помещено после второй части в следующем номере журнала)