

JULIAN SOKOŁOWSKI

## Wgłębna budowa geologiczna struktury Uciechów-Bogdaj

### GEOLOGICAL DEEP STRUCTURE OF UCIECHÓW-BOGDAJ (FORESUDETIC MONOCLINE)

**STRESZCZENIE:** Na podstawie danych z około 50 otworów zlokalizowanych na obszarze o powierzchni około 80 km<sup>2</sup> wykonano szereg map strukturalnych, miąższościowych, porowatości i przepuszczalności, obrazujących wgłębna budowę geologiczną struktury Uciechów-Bogdaj. Stwierdzono, że przebieg i charakter kulminacji struktury w utworach triasu i cechsztyńskiego dolomitu głównego jest zdecydowanie inny niż w cechsztyńskim wapieniu podstawowym. Maksymalne podniesienia utworów triasu i dolomitu głównego znajdują się około 3,5 km na NE od kulminacji występującej w cechsztyńskim wapieniu podstawowym. Niezgodności planów strukturalnych są rezultatem specyfiki rozwoju struktury spowodowanego ruchami pionowymi podłoża, jego rzeźbą powaryscyjską oraz udziałem tektoniki solnej, mimo że występują tu sole tylko w cyklotemie Werra. Autor uważa, że dla struktur typu Uciechów-Bogdaj, w przypadku odkrycia złoża gazu, najbardziej optymalnym systemem jego rozpoznania jest zastosowanie siatki wierceń w układzie trójkątów równobocznych. Zapewnia to maksymalną ilość informacji o budowie struktury i złoża, zmniejsza do minimum ilość wierceń negatywnych i zwiększa możliwość szczypania większej ilości zasobów.

### WSTĘP

Wgłębna struktura geologiczna Uciechów-Bogdaj (Sokołowski 1965a, b; Sokołowska & Sokołowski 1965; Sokołowski & al. 1965, 1966) znajduje się w obrębie monokliny przedsudeckiej. Jest ona jedną z wielu nieregularnych brachyantyklin wykrytych nad powaryscyjską grzędą morfologiczną żarnowsko-rawicko-ostrzeszowska (Sokołowski 1966a, b 1967, 1974). Struktura zbudowana jest z osadów permu i triasu, przykrytych dyskordantnie utworami kenozoiku. W jej obrębie, w piaskowcach czerwonego spągowca i wapieniu podstawowym cechsztynu odkryte zostało w 1965 r. pierwsze na Niżu Polskim złożo gazu ziemnego (Sokołowski 1965a, b; Sokołowska & Sokołowski 1965; Sokołowski & al. 1965, 1966; Karnkowski & al. 1966).

Odkrycie to spowodowało intensyfikację badań geofizycznych i geologiczno-wiertniczych, które, prócz udokumentowania zasobów gazu w kilkunastu nowo od-

krytych złożach, dostarczyły także dużej ilości danych faktograficznych umożliwiających odtworzenie regionalnych zarysów wglębnej budowy geologicznej obszaru przed-sudeckiego (Sokołowski 1974a, 1975; Sokołowski & Czarnecki 1975) oraz budowy ponad 140 odkrytych obiektów lokalnych (Sokołowski 1974b).

Struktura Uciechów-Bogdaj, ze względu na bardzo duże zagęszczenie profiliów sejsmicznych i wierceń wykonanych dla udokumentowania złoża gazu, jak też na dalszą kontynuację badań niezbędnych dla eksploatacji zasobów, stanowi doskonały poligon doświadczalny dla wielu specjalistycznych zespołów badawczych i indywidualnych autorów.

Autor niniejszego, zdając sobie sprawę z niemożliwości przedstawienia całości kształtu problematyki, pragnie wykazać przynajmniej najbardziej specyficzne cechy budowy struktury Uciechów-Bogdaj i dynamiki jej rozwoju w permie, mezozoiku i kenozoiku.

Obraz wglębnej budowy geologicznej rejonu Uciechowa przyjmował w zależności od ilości danych i stosowanych metod ich interpretacji różne kształty. Od spokojnej monokliny zapadającej ku NE (Pożaryski & Rühle 1956) poprzez formy brachyantyklinalne (Sokołowski & Soja 1962; Sokołowski 1966a, b, d; Sokołowski & al. 1965, 1966; fig. 1) aż do form bardzo mocno skomplikowanych i pociętych licznymi dyslokacjami (Birecki & al. 1967; Kasprzak 1967a, b; Kasprzak & Binder 1967a, b; Krzysztofowicz 1967). Uzyskane ostatnio wyniki z wierceń rozpoznawczych i eksploatacyjnych zmuszają autora do interpretacji obrazu przestrzennego struktury Uciechów-Bogdaj jako brachyantykliny, być może pociętej uskokami, ale nie różnicującymi w sposób zauważalny warunków złożowych w utworach wapienia podstawowego i czerwonego spągowca.

Fakty te, jak też i duża ilość wierceń, były powodem przyjęcia metody konstrukcji map porowatości i przepuszczalności, strukturalnych i miąższościowych w

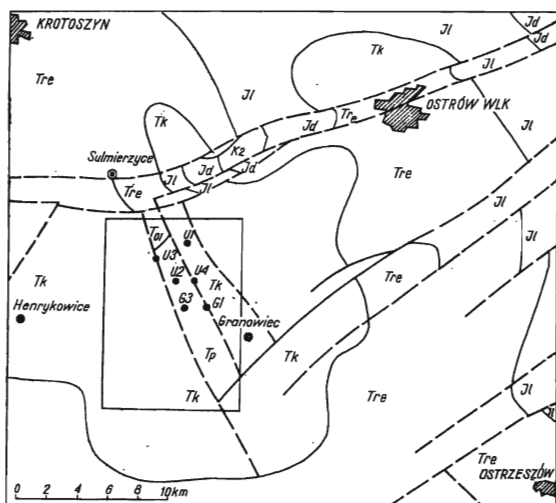


Fig. 1. Obraz podkenozoicznej budowy geologicznej w okresie dokumentowania zasobów gazu w obrębie struktury Uciechów-Bogdaj (wg *Mapy Strukturalno-Geologicznej Obszaru Przed-sudeckiego* opracowanej w 1968 r. przez Sokołowskiego i inn.) (The sub-Cenozoic geological picture in the period of records of gas resources within the Uciechów-Bogdaj structure — after *Structural Geological Map of the Fore-sudetic Monocline* elaborated in 1968 by Sokołowski & al.)

Tp — pstry piaskowiec (Buntsandstein), Tm — wapień muszlowy (Muschelkalk), Tk — kajper (Keuper), Tre — retyk (Rhaetium), Il — lias (Lias), Id — dogger (Dogger), Im — malm (Malm), K<sub>2</sub> — kreda górna (Upper Cretaceous), - - - - - uskoki (faults)

oparcie o geometryczną interpolację danych. Dla uzyskania maksymalnej wiarygodności konstruowanych obrazów dokonano korelacji istniejących na danym obszarze wierceń (fig. 2). Korelację tę oparto głównie na danych z kompleksu pomiarów geofizyki wiertniczej sprawdzonych i kontrolowanych analizą materiału rdzeniowego.

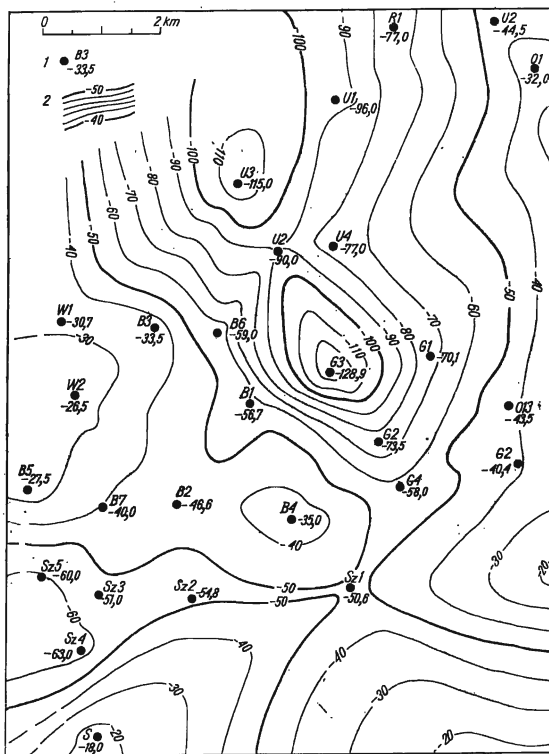


Fig. 2. Mapa morfologiczna powierzchni podkenozoicznej rejonu Uciechów-Bogdaj (Morphological map of the sub-Cenozoic surface of the Uciechów-Bogdaj area)

1 — otwory wiertnicze z rzędną głębokości spągu kenozoiku w m p.p.m. (boreholes with the depth ordinates of the Cenozoic bottom in m u.s.l.), 2 — izohipsy spągu kenozoiku co 10 i 50 m (isohypses of the Cenozoic bottom drawn every 10 or 50 m)

Stosowanie geometrycznej interpolacji danych z dość gęsto i prawie równomiernie rozmieszczonych w obrębie struktury Uciechów-Bogdaj wierceń pozwala przyjąć, że skonstruowany w ten sposób obraz zbliżony jest najbardziej do rzeczywistego, pod warunkiem że przez to zbliżenie rozumiemy zgodność kątów upadu czy głębokości występowania warstw, a nie drobne szczegóły budowy. Różnice między przedstawionym w ten sposób obrazem a rzeczywistością nie stwarzają niebezpieczeństw popełnienia większych błędów przy lokalizowaniu prac poszukiwawczych i doborze metodyki rozpoznawania struktury. Wiarygodność konstruowanego obrazu maleje w miarę zmniejszania się ilości i równomierności rozmieszczenia punktów wiertniczych. W takich przypadkach niewątpliwie bardzo pomocnymi są dane z pomiarów geofizyki powierzchniowej. W naszym przypadku świadomie zrezygnowano, przy konstrukcji map, z wyników geofizyki powierzchniowej, aby wykażać w jakim stopniu obrazy przestrzenne skonstruowane tylko na podstawie da-

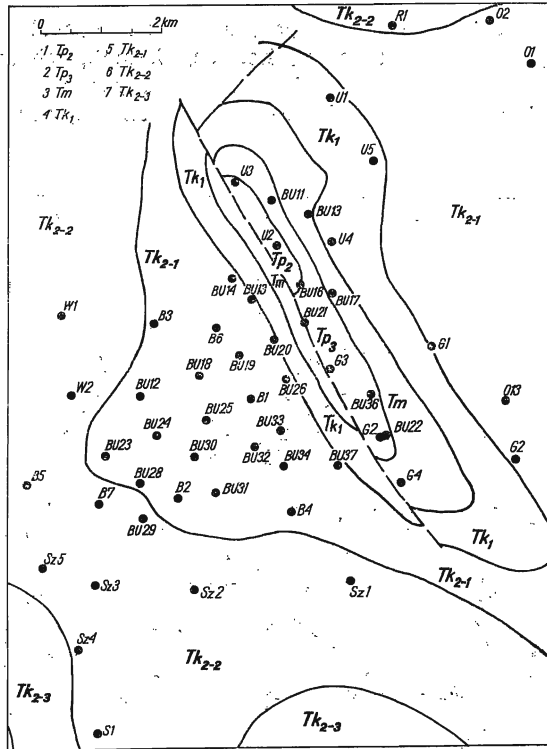


Fig. 3. — Mapa geologiczna powierzchni podkenozoicznej rejonu Uciechów-Bogdaj (Geological map of the sub-Cenozoic surface of the Uciechów-Bogdaj area)

1 — wychodnie podkenozoiczne środkowego pstręgo piaskowca reprezentowane przez piaskowce i ility, w środkowej części z wkładkami wapieni oolitowych (sub-Cenozoic occurrence zones of the Middle Buntsandstein composed of silty sandstones and clays, with oolite limestone intercalations in their middle parts); prędkość sejsmiczna (seismic velocity) 3060—3200 m/sec,

2 — wychodnie podkenozoiczne górnego pstręgo piaskowca reprezentowane przez margle z wkładkami wapieni i dolomitów, wapienie oolitowe oraz gipsy, anhydryty i ility (sub-Cenozoic occurrence zones of the Upper Buntsandstein composed of marlstones with limestone and dolomite intercalations, oolite limestones, gypsum, anhydrites and clays); prędkość sejsmiczna (seismic velocity) 3000—4960 m/sec,

3 — wychodnie podkenozoiczne wapienia muszlowego reprezentowane przez wapienie szare i margle wapienno-detrytyczne i oolitowe, wapienie faliste i margliste (sub-Cenozoic occurrence zones of the Muschelkalk composed of grey limestones and limy-detritus or oolite marlstones, and Wellenkalk or marly limestones); prędkość sejsmiczna (seismic velocity) 3400—5730 m/sec,

4 — wychodnie podkenozoiczne utworów kajpru dolnego reprezentowane przez łupki szare i piaskowce z wkładkami dolomitów w górnej części (sub-Cenozoic occurrence zones of the Lower Keuper composed of shales and sandstones with dolomite intercalations in their top parts); prędkość sejsmiczna (seismic velocity) 2500—3600 m/sec,

5 — wychodnie podkenozoiczne dolnej serii gipsowej kajpru górnego reprezentowane przez iltowce pstrę, miejscami dolomityczne, z oczkami i gniazdami gipsu (sub-Cenozoic occurrence zones of bottom gypsum series of the Upper Keuper composed of variegated claystones, locally dolomitic ones, with gypsum aggregates); prędkość sejsmiczna (seismic velocity) 2550—3040 m/sec,

6 — wychodnie podkenozoiczne tzw. piaskowca trzciniowego, kajpru górnego, reprezentowane przez piaskowce i mułowce (sub-Cenozoic occurrence zones of the so-called Schilfsandstein of the Upper Keuper composed of sandstones and siltstones); prędkość sejsmiczna (seismic velocity) 2170—2640 m/sec,

7 — wychodnie podkenozoiczne górnej serii gipsowej kajpru górnego reprezentowane przez iltowce pstrę z gniazdami i wkładkami gipsów i anhydrytów (sub-Cenozoic occurrence zones of the top gypsum series of the Upper Keuper composed of variegated claystones with gypsum and anhydrite aggregates); prędkość sejsmiczna (seismic velocity)  $\pm$  2200 m/sec.

KOREJWO K., 1975: The Lowermost Dinantian from the Babilon 1 column (Western Pomerania). *Acta Geol. Pol.*, 25, 4: 451—504.  
[Polish Academy of Sciences, Institute of Geological Sciences, Laboratory of Stratigraphy, Al. Żwirki i Wigury 93, 02-089 Warszawa, Poland]

A litho-stratigraphic sequence of pre-Zechstein sediments is presented. The stratigraphic value of the molluscan fauna encountered in the sequence is analysed and compared to brachiopods (Matyja 1975b) and microflora (Turnau 1975). Sediments of the uppermost Famennian (Fa2), Strunian (Tn1a) and possibly the lowermost portion of the Tournaisian (Tn1b) have been distinguished. It is suggested to put the Devonian-Carboniferous boundary at the bottom of the Strunian series. The sedimentary history of the Devonian-Dinantian time is described. The problem of the Devonian-Carboniferous boundary is dealt with in general.

TURNAU E., 1975: Microflora of the Famennian and Tournaisian deposits from boreholes of Northern Poland. *Acta Geol. Pol.*, 25, 4: 505—528.  
[Polish Academy of Sciences, Institute of Geological Sciences, Laboratory of Mineral Resources, Senacka 3, 31-002 Kraków, Poland]

Five successive spore assemblages are described from marine carbonate deposits discovered in two boreholes in northern Poland. Upper Famennian to early Tournaisian age of the section is suggested. Forty-nine spore species and a few acritarchs are recorded, of which five new spore species are described. Correlation is made between the spore zones described and those from the Ardenno-Rhine Basin.

MATYJA H., 1975: Brachiopods from the Devonian-Carboniferous passage beds in the Babilon 1 column (Western Pomerania) (Preliminary report). *Acta Geol. Pol.*, 25, 4: 529—536.  
[Polish Academy of Sciences, Institute of Geological Sciences, Laboratory of Stratigraphy, Al. Żwirki i Wigury 93, 02-089 Warszawa, Poland]

42 brachiopod species belonging to 29 genera have been determined from the higher members of the Famennian and the Devonian-Carboniferous passage beds of the Babilon 1 column. Their distribution in the profile is shown and two assemblages distinguished, namely assemblage "A" — of the Devonian brachiopods, and "B" — containing Devonian, Strunian and Carboniferous forms. Three subassemblages have been distinguished within the "B" assemblage.

BEDNARCZYK W. & TURNAU-MORAWSKA M., 1975: Cambrian formations in the Leba area (Northern Poland). *Acta Geol. Pol.*, 25, 4: 537—566.  
[Polish Academy of Sciences, Institute of Geological Sciences, Laboratory of Stratigraphy, and Warsaw University, Institute of Geochemistry, Mineralogy and Petrography, Al. Żwirki i Wigury 93, 02-089 Warszawa, Poland]

A lithostratigraphic subdivision of the Cambrian sediments in the area of Leba (Pomerania) is presented. Eight units of formation rank are distinguished among which two members. These units are correlated to local biostratigraphic subdivision and to those established in Scandinavia. A stratigraphic gap in the Upper Cambrian is ascertained comprising an interval between the *Homagnostus obesus* Zone and the *Peltura scarabeoides* one. The sediments of the *Acerocare* Zone have been partly eroded hence the Arenigian sediments rest on them unconformably.

TELLER L., 1975: Silurian biostratigraphy of the Bachus 1 borehole (Eastern Poland). *Acta Geol. Pol.*, 25, 4: 567—575.

[Polish Academy of Sciences, Institute of Geological Sciences, Laboratory of Stratigraphy, Al. Żwirki i Wigury 93, 02-089 Warszawa, Poland]

A column of Silurian series from the Bachus 1 borehole is described. On the ground of graptolites the Zones from the Wenlockian up to the Upper Postludlowian have been ascertained as well as a continuous passage in marine facies to the Lower Gedinian.

BAC-BOSZASZWILI M. & MORAWSKA A., 1975: Tectonic structures in the Cretaceous formations of the Warsaw Basin and their relation to the substratum dislocations. *Acta Geol. Pol.*, 25, 4: 577—586.

[Polish Academy of Sciences, Institute of Geological Sciences, Laboratory of Geological Mapping, Al. Żwirki i Wigury 93, 02-089 Warszawa, Poland]

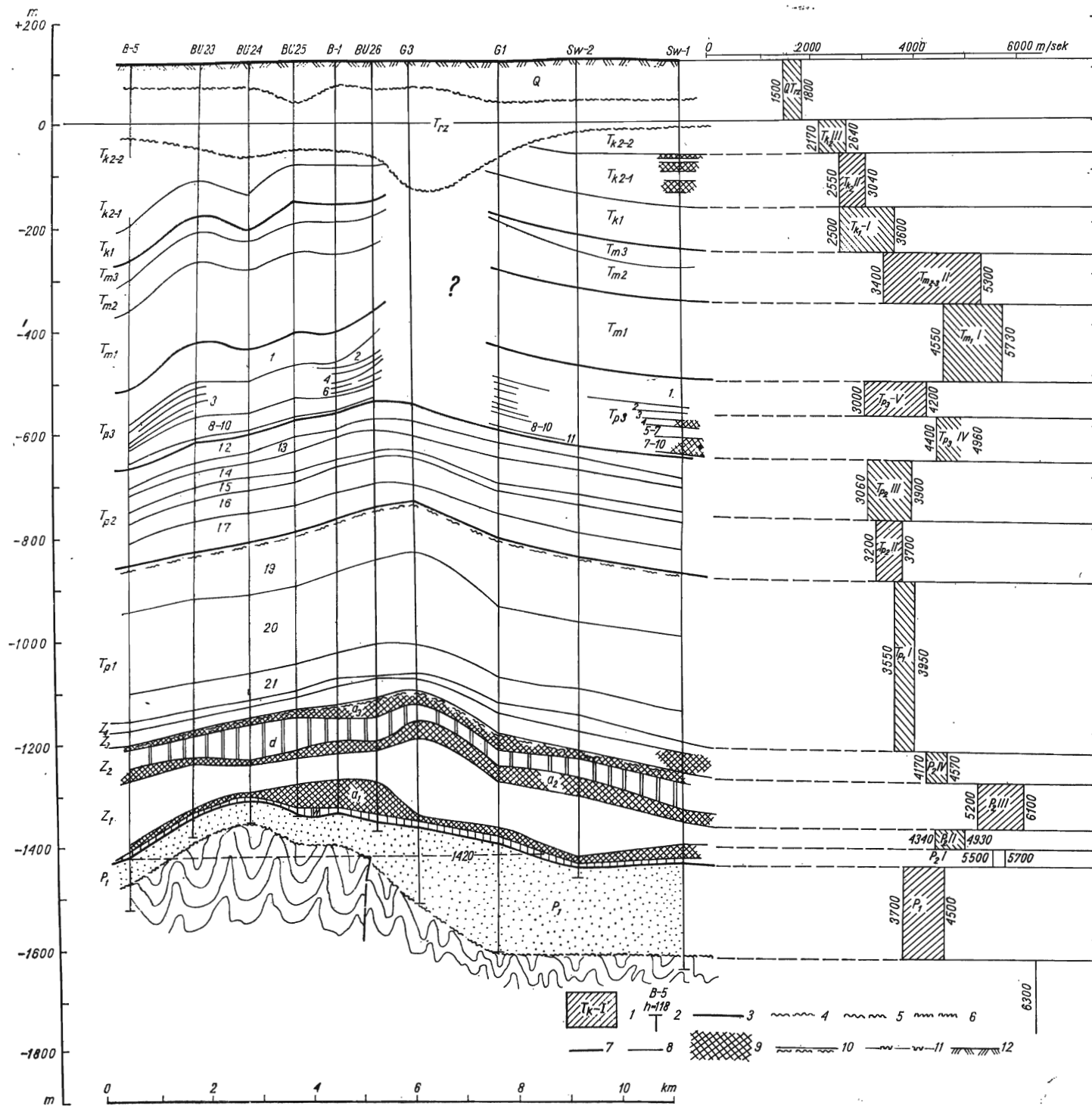
Structural map of the bottom of the Upper Cretaceous has been drawn on the basis of data obtained from boreholes and seismic measurements from the area of the Warsaw Basin. The structure of the Cretaceous stage is found to reflect structures of various age (deep fractures, faults and tectonic grabens) observed in the Palaeozoic and in the lower part of the Mesozoic. The deep fracture on the northern slope of the Podlasie depression has been established.

SOKOŁOWSKI J., 1975: Geological deep structure of Uciechów-Bogdaj (Foresudetic Monocline). *Acta Geol. Pol.*, 25, 4: 587—610.

[Geological Institute, Laboratory of Geodynamics and Geological Synopsis, Lwowska 5, 00-660 Warszawa, Poland]

Data obtained from about fifty boreholes drilled in the area of about 80 km<sup>2</sup> were the basis for drawing several geological, structural and thickness maps as well as those of the averaged porosity and permeability, showing the deep geological structure of Uciechów-Bogdaj. The course and character of the culmination of the structure in the Triassic and Zechstein Hauptdolomit were found to be quite different from those in the Zechstein basal limestone. This could result from specific development of the structure caused by vertical movements in the substratum and by salt tectonics. Suggestion is made that in case of gas discovery in similar structures the most economic procedure is equilateral-triangle network of boreholes.

Fig. 4. Przekrój sejsmiczno-geologiczny pokrywy permsko-mezozoicznej oblekającej powaryscyjską paleostrukturę Uciechów-Bogdaj  
 (Seismic geological section of the Permian-Mesozoic cover coating the Postvariscan Uciechów-Bogdaj paleostructure)



Objaśnienia na odwrocie (For explanations see reverse page).

1 — Wydzielone przez Czarneckiego i Sokołowskiego (1971) kompleksy sejsmo-geologiczne, na granicy których istnieją kontrasty prędkości fal sprężystych stwarzające warunki do powstania refleksów sejsmicznych (the seismic geological complexes distinguished by Czarnecki & Sokołowski (1971); at their boundaries the velocities of elastic waves stand in contrast which makes conditions for origination of seismic reflexes). Liczby oznaczają: z lewej — minimalne, z prawej — maksymalne prędkości (m/sek) określone z hodografów pionowych V-śr. Litery i cyfry są nazwami wydzielonych kompleksów sejsmologicznych i odpowiadają oddziałom, piętom lub kompleksom geologicznym (Numbers express minimum (on the left) and maximum (on the right) velocities (in m/sec) estimated from vertical hodographs of mean velocities. Letters and figures denote names of the distinguished seismic geological complexes and correspond with geological series, stages or complexes),

2 — Otwory wiertnicze przewiercające pokrywę kenozoiczną i permisko-mezozoiczną z podaną wysokością powierzchni nad poziom morza, np. (boreholes passing through the Cenozoic and Permian-Mesozoic covers with given altitudes for the surface layers, e.g.) h = 118,

3 — Linia poziomu morza (line of sea level), 4 — granica dyskordantna między trzeciorzędem i czwartorzędem (discordance boundary between the Tertiary and Quaternary), 5 — granica dyskordantna między utworami pokrywmy kenozoicznej i permisko-mezozoicznej (discordance boundary between the Cenozoic and Permian-Mesozoic covers), 6 — granica dyskordantna między pokrywmy permisko-mezozoiczną i sfałdowanymi w orogenezie wartyjskiej utworami karbonu (discordance boundary between the Permian-Mesozoic cover and Carboniferous deposits folded in the Variscan orogeny), a — pewna (certain), b — prawdopodobna (probable), 7 — Granice między oddziałami i piętrami stratygraficznymi (boundaries between stratigraphic series and stages), a — pewne (certain), b — prawdopodobne (probable), 8 — granice między wydzielonymi geologicznymi kompleksami korelacyjnymi (boundaries between distinguished geological correlative complexes), 9 — warstwy geologiczne zbudowane z anhydrytów lub gipsów, względnie zawierające znaczne ilości wkładek tych utworów, charakteryzujące się dużymi prędkościami sejsmicznymi (geological layers composed of anhydrites or gypsum or abounding in intercalations of those deposits, with great seismic velocities), 10 — granica prawdopodobnej nieciągłości między utworami dolnego i środkowego pstręgo piaskowca (boundary of probable discontinuity between the Lower and Middle Buntsandstein), 11 — granica nieciągłości między utworami dolnej części cyklotemu Stassfurt (Z<sub>2</sub>) i szarym ilmem cyklotemu Leine (Z<sub>3</sub>) (boundary of discontinuity between the deposits of the lower part of the Stassfurt cyclotheme (Z<sub>2</sub>) and grey clays of the Leine cyclotheme (Z<sub>3</sub>)), 12 — Poziom -1420 odpowiadający strefie granicy między gazem i wodą podścielającą (-1420 level corresponding with the boundary zone between the gas and underlying water).

QTrz — Osady polodowcowe zbudowane z piasków, mułków, glin zwałowych i żwirków systemu czwartorzędowego oraz łąw, mułków, piasków, miejscami burzogli systemu trzeciorzędowego (Post-glacial deposits composed of the Quaternary sands, clays, tills and gravels, and the Tertiary loams, clays and sands with brown coals in some places),

Tk<sub>2</sub>-III — Piaskowce szare i różowe drobnziarniste z przekładkami mułków i łąłupków, tzw. piaskowiec trzciniały środkowej części kajpru górnego (Grey and pink fine-grained sandstones with inserts of clays and shales, i.e. so-called Schilfsandstein of the middle part of the Upper Keuper),

Tk<sub>2</sub>-II — łąłwce pstre, miejscami dolomityczne z oczkami i gniazdami gipsu, tzw. seria gipsowa dolna kajpru górnego (variegated loam-stones, locally dolomitic with gypsum aggregates, i.e. so-called lower series of the Upper Keuper),

Tk<sub>1</sub>-I — łąłupki, szare piaskowce z detrytusem roślinnym, niekiedy z glaukonitem, oraz wkładki dolomitu (głównie w części stropowej) — kajper dolny (Shales, grey sandstones with plant detritus or sometimes with glauconite, and dolomitic intercalations mainly in the top part; the Lower Keuper),

Tm<sub>2</sub>-II — Wapienne szare margle i dolomity górnego wapienia muszlowego oraz wapienie i anhydryty środkowego wapienia muszlowego (Lamy grey marlstones and dolomites of the Upper Muschelkalk and limestones and anhydrites of the Middle Muschelkalk),

Tm<sub>1</sub>-I — Wapienie detrytyczne z ooidami — odpowiednik wapieni karchowickich (e) dolny wapień muszlowy. Wapienie margliste z terebratulami — odpowiednik warstw terebratulowych (d). Wapienie detrytyczno-ooiditowe — odpowiednik warstw gorazdeckich (c). Wapienie faliste — odpowiednik warstw gogolińskich górnych (b). Wapienie szare zbite i margliste — odpowiednik warstw gogolińskich dolnych (a) (Detritic limestones with ooides — correspond with the Karchowice limestones (e) — Lower Muschelkalk. Marly limestones of terebratulane — correspond with the terebratulane beds (d). Detritic-oolitic limestones — correspond with the Gorazdke Beds (c). Wellenkalk — corresponds with the lower Gogolin Beds (b). Heavy or marly grey limestones correspond with the lower Gogolin Beds (a)),

Tp<sub>3</sub>-V — Margle z wkładkami wapieni (1) oraz wapienie, margle i dolomity (2) górnej części retu (Marlstones with limestone intercalations (1) and limestones, marlstones and dolomites (2) of the Upper part of the Rhaetian),

Tp<sub>3</sub>-IV — Anhydryty z wkładkami wapieni (3), anhydryty i gipsy z wkładkami wapieni (4), dolomity i margle z wkładkami anhydrytu (5). Wapienie margliste i ooiditowe (6), dolomity z wkładkami margli (7), anhydryty i gipsy (8, 9, 10), łąłwce czerwone z wkładkami mułowców i piaskowców (11) dolnej części retu (Anhydrites with limestone intercalations (3), anhydrites and gypsum with limestone intercalations (4), dolomites and marlstones with anhydrite intercalations (5). Marly and oolitic limestones (6), dolomites with marlstone intercalations (7), anhydrites and gypsum (8, 9, 10), red clays with siltstone and sandstone intercalations (11) of the lower part of the Rhaetian),

Tp<sub>2</sub>-III — Piaskowce i mułowce silnie mikowe (12), mułowce zielone i szare z mika (13), piaskowce szare, zielone i różowe z mika (14) górnej części środkowego pstręgo piaskowca (Sandstones and marlstones with abundant mica (12), green and grey siltstones with mica (13), grey, green and pink sandstones with mica (14) of the upper part of the Middle Buntsandstein),

Tp<sub>2</sub>-II — Wapienie ooiditowe i krystaliczne oraz piaskowce (15), piaskowce przekładane łąłupkami dolomitycznymi (16), piaskowce różowe o przekątnym warstwowaniu (17) dolnej części środkowego pstręgo piaskowca (Oolitic and crystalline limestones and sandstones (15), sandstones with inserts of dolomitic shales (16), pink sandstones with diagonal bedding (17) of the lower part of the Middle Buntsandstein),

Tp<sub>1</sub>-I — Piaskowce z wkładkami łąłupkowymi (19), piaskowce i mułowce z laminałami wapieni (20), łąłwce czerwone, mułowce i piaskowce szare z wkładkami wapieni (21) dolnego pstręgo piaskowca (Sandstones with shale intercalations (19), sandstones and siltstones with limestone laminae (20), red claystones, siltstones and grey sandstones with limestone intercalations (21) of the Lower Buntsandstein),

P<sub>2</sub>-IV — łąłwce czerwone pstre z gniazdami gipsów (cyklotemu Z<sub>4</sub>) oraz anhydryty szare w spągu z ok. 2 m warstwą szarego łąłu solnego cyklotemu Z<sub>3</sub> (Variegated red clays with gypsum aggregates of the cyclotheme Z<sub>4</sub> and grey anhydrites in the bottom with about 2 m thick layer of the salty grey clays of the cyclotheme Z<sub>3</sub>),

P<sub>2</sub>-III — Anhydryt podstawowy i dolomit główny cyklotemu Z<sub>2</sub> oraz anhydryt stropowy cyklotemu Z<sub>1</sub> (Basal anhydrite and Hauptdolomit of the cyclotheme Z<sub>2</sub> and top anhydrite of the cyclotheme Z<sub>1</sub>),

P<sub>2</sub>-II — Sole najstarsze, grubokrystaliczne szare cyklotemu Z<sub>1</sub> (The oldest, coarse-crystalline grey salts of the cyclotheme Z<sub>1</sub>),

P<sub>2</sub>-I — Anhydryt podstawowy, wapień podstawowy i łąłuki miedzionożne cyklotemu Z<sub>1</sub> (Basal anhydrite and limestone, and copper-bearing slates of the cyclotheme Z<sub>1</sub>),

P<sub>1</sub> — Piaskowce szare i czerwone, przeważnie drobnziarniste o lepszemu łąłastym, miejscami tylko węglanowym z wkładkami mułowców i łąłwców (Grey and red sandstones, mostly coarse-grained, with loamy cement or carbonate in some places, intercalated with siltstones and claystones),

C — Piaskowce i mułowce silnie zdiagenezowane, przeważnie o stromych kątach upadu — karbon górny (wizeń) (Strongly diagenetic sandstones and siltstones, mostly with steep inclination angles — Upper Carboniferous — Visean).



nych z wierceń różnią się od obrazów uwzględniających rezultaty geofizyczne i w ten sposób oceniać przydatność poszczególnych metod. Założono, że ostateczny najbardziej zbliżony do rzeczywistości obraz budowy badanego obszaru będzie mógł powstać dopiero po skonstruowaniu wiarygodnych wielowarstwowych modeli rozkładu prędkości przebiegu fal sejsmicznych, jak też modeli gęstościowych, umożliwiających łącznie zastosowanie poprawnej kompleksowej interpretacji wyników danych geofizycznych w wersji umożliwiającej bezpośrednią ich porównywalność z wynikami wierceń. Dla opracowania takich modeli konieczne jest aktualnie stosowanie kolejnych przybliżeń obrazów przestrzennych i sprawdzanie roli każdej z metod badawczych, w przybliżaniu tych obrazów do rzeczywistej przestrzeni geologicznej.

W opracowaniu, z uwagi na ograniczoną objętość, pominięto problemy dotyczące utworów czerwonego spągowca i jego podłoża, które stanowią przedmiot intensywnych badań. Dalszych szczegółowych studiów wymaga również problematyka wpływu dyslokacji podłoża i ruchów pionowych na rozwój strukturalny oraz akumulację węglowodorów — zagadnienia te są aktualnie analizowane przez autora.

Autor wyraża gorące podziękowania mgr inż. Elżbiecie Piekut i Jadwidze Tarnożek-Kopyrowej za wydatną pomoc w przygotowaniu materiałów graficznych. Gorące podziękowania składam też Dyrekcji Zjednoczenia Górnictwa Naftowego w Warszawie oraz Kolegom z Przedsiębiorstw Poszukiwań Naftowych w Pile i Zielonej Górze za możliwość wykorzystania danych wiertniczych.

## CHARAKTERYSTYKA OBRAZÓW PODKENOZOICZNEGO

W podkenozoicznym obrazie budowy geologicznej struktura Uciechów-Bogdaj zaznacza się wychodniami utworów pstrego piaskowca, wapienia muszlowego i kajpru (fig. 3) otoczonych od południa, wschodu i północy wychodniami utworów retu.

Można stąd wysnuć wnioszek, że struktura jako forma brachyantyklinalna istniała już przed trzeciorzędem. Usunięcie utworów młodszych od pstrego piaskowca, wapienia muszlowego lub kajpru z kulminacji struktury nastąpiło w wyniku erozji polaramijskiej, trwającej najprawdopodobniej od mastrychtu do oligocenu.

W wyniku tej erozji i prawdopodobnie zaznaczających się starszych stref tektonicznych ukształtowany został dość zróżnicowany obraz morfologiczny paleopowierzchni przedkenozoicznej. W obrębie struktury Uciechów-Bogdaj doszło do wyraźnej inwersji rzeźby polaramijskiej w stosunku do układu przestrzennego warstw mezozoicznych. Tam, gdzie w utworach mezozoicznych (rejon wierceń G. 3, 4, U. 2, 3) znajduje się ponad 400 m wysokości kulminacja lub horst (fig. 5), w morfologii podkenozoicznej (fig. 4) występuje wyraźna dolina o głębokości ponad 100 m w stosunku do obecnego poziomu morza i ponad 80 m w odniesieniu do zarysowujących się paleowzgórz w rejonie wierceń W.-1 i B.-4 (fig. 4).

Analiza paleorzeźby podkenozoicznej, niezależnie od jej dużej przydatności dla odtworzenia historii rozwoju geologicznego obszaru, jest niezbędna dla konstrukcji modelu rozkładu prędkości przebiegu fal sejsmicznych i modelu gęstościowego warstw. Rzeźba podkenozoiczna decydowała bowiem o charakterze i miąższościach utworów kenozoicznych, a te jako osady o małych prędkościach sejsmicznych wpływają w decydującym stopniu na ostateczny obraz głębokości występowania utworów mezozoicznych i permskich uzyskiwany z przeliczeń sejsmicznych map czasowych.

## POWIERZCHNIA SPĄGOWA RETU

Struktura Uciechów-Bogdaj w obrazie powierzchni spągowej retu (fig. 5) jest asymetryczną formą brychyantyklinalną z kulminacją w rejonie otworu G-3. Na przestrzeni około 750 m między otworami G-3 i BU-23 różnica wysokości nawiercenia spągu retu wynosi około 350 m z czego wynika, że maksymalny kąt upadu warstw wynosi tu ok.  $24^\circ$ . W strefie kulminacyjnej wyznaczonej izobata —500, między otworami G-4 na południu, BU-26 na zachodzie, U-4 na północy i G-1 na wschodzie kąty upadów wynoszą  $13\text{--}24^\circ$ , natomiast w pozostałym obszarze struktury kąty są przeważnie rzędu  $1,5\text{--}3^\circ$ . Kierunek głównej osi wspomnianej struktury ku otworowi BU-28 jest zbliżony do NE-SW. Izolinie zamykające strukturę od strony południowej mają kierunki prawie równoleżnikowe, a od zachodu i wschodu zbliżone są do południkowych.

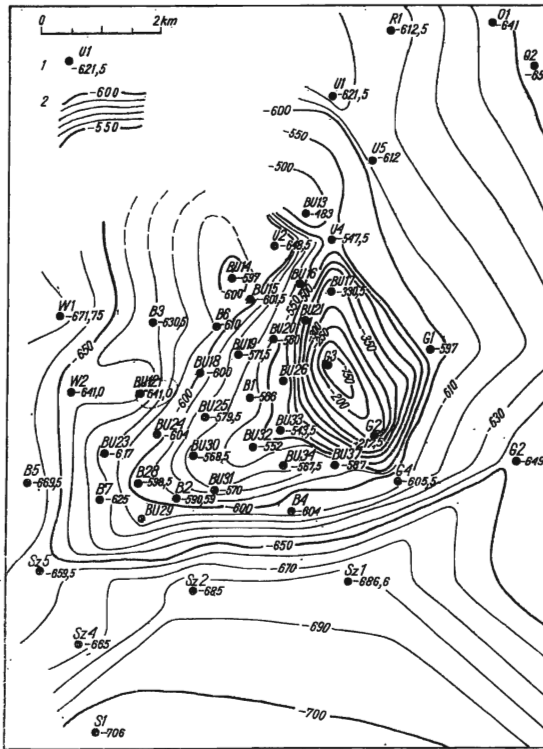


Fig. 5. Mapa strukturalna spągu utworów retu rejonu Uciechów-Bogdaj (Structural map of the bottom Rhaetian deposits of the Uciechów-Bogdaj area)

1 — otwory wiertnicze z rzędnią głębokości spągu utworów retu w m p.p.m. (boreholes with depth ordinates of the Rhaetian in m u.s.l.), 2 — izohipsy spągu utworów retu co 10 i 50 m (isohypses of the Rhaetian bottom drawn every 10 or 50 m)

Charakterystycznym jest odmienny obraz przebiegu izolinii wyznaczających strukturę w utworach retu (fig. 5) w stosunku do przebiegu izolinii spągu dolomitu głównego (fig. 6) i wapienia podstawowego (fig. 7). Opisana kulminacja południkowa zaznacza się w zmienionej formie na mapie strukturalnej spągu dolomitu

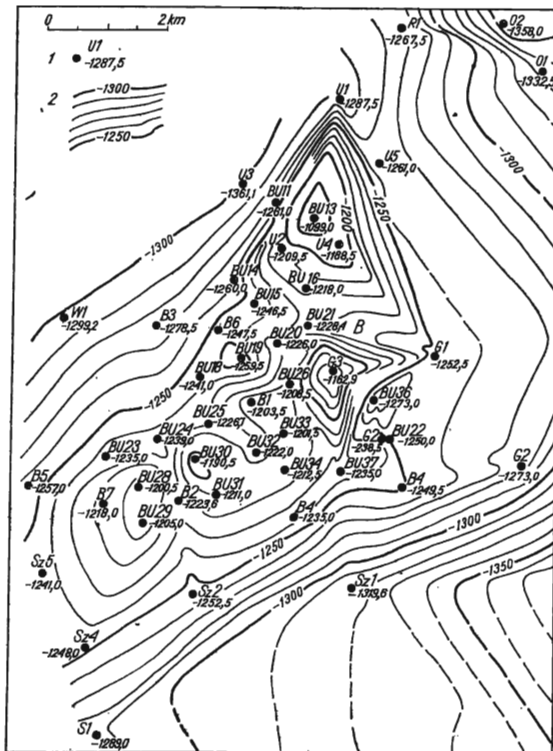


Fig. 6. Mapa strukturalna spągu cechsztyńskiego dolomitu głównego rejonu Uciechów-Bogdaj (wersja uwzględniająca wszystkie otwory) (Structural map of the bottom of the Zechstein Hauptdolomit of the Uciechów-Bogdaj area (the version with all the boreholes considered))

1 — otwory wiertnicze z rzędną głębokości spągu dolomitu głównego w m p.p.m. (boreholes with depth ordinates of the Hauptdolomit in m u.s.l.), 2 — izohipsy spągu dolomitu głównego co 10 i 50 m (isohypses of the Hauptdolomit bottom drawn every 10 or 50 m)

głównego (fig. 6), a brak jest jej w obrazie strukturalnym wapienia podstawowego (fig. 7). Pod kulminacyjnym wyniesieniem utworów retu (fig. 5) w powierzchni spągowej wapienia podstawowego (fig. 7) zaznacza się obniżenie mające swoje minimum w rejonie otworu BU-16.

Z porównania powyższego można wysnuć wniosek, że obraz przestrzenny utworów wapienia podstawowego (fig. 7) naśladuje głównie rzeźbę powierzchni morfologicznej powaryscyjskiej, natomiast struktury zarysowujące się w utworach dolomitu głównego i retu są dodatkowo modelowane przez plastyczne sole cyklotemu Werra, o czym wyraźnie świadczą zwiększone jego miąższości w strefie otworów BU-13, BU-16, G-3 (fig. 8). Kulminacyjne podniesienie utworów wapienia podstawowego (fig. 7) w rejonie wierceń Bu-2 i Bu-24 znajduje się w odległości ponad 3,5 km na SW od stwierdzonej kulminacji w utworach pstrego piaskowca. Prrowadzenie zatem poszukiwań złóż gazu w utworach wapienia podstawowego w oparciu o konstruowane mapy sejsmiczne pstrego piaskowca, nawet przy założeniu, że będą one idealnie poprawne, nie powinno mieć miejsca.

Skomplikowany obraz budowy struktury w rejonie otworów G-3 i U-4, znaczne kąty upadów w pstryym piaskowcu i ich występowanie bezpośrednio pod powierzchnią

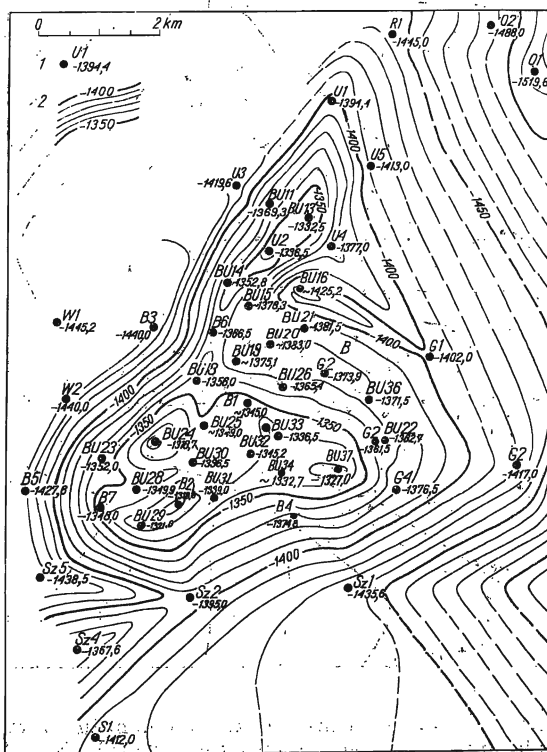


Fig. 7. Mapa strukturalna spągu cechsztyńskiego wapienia podstawowego rejonu Uciechów-Bogdaj (Structural map of the bottom of the Zechstein basal limestone of the Uciechów-Bogdaj area).

1 — otwory wiertnicze z rzędną głębokości spągu wapienia podstawowego w m p.p.m. (boreholes with depth ordinates of the basal limestone bottom in m u.s.l.), 2 — izohipsy spągu wapienia podstawowego co 10 i 50 m (isohypes of the basal limestone drawn every 10 or 50 m)

kenozoiczną w strefie głęboko wyrzeźbionej paleodoliny polaramijskiej, to główne przyczyny pogorszenia się warunków sejsmogeologicznych i związane z tym trudności w uzyskiwaniu poprawnych rejestracji sejsmicznych.

#### POWIERZCHNIA SPĄGOWA CECHSZTYŃSKIEGO DOLOMITU GŁÓWNEGO

W związku z założeniem, że siły powodujące deformacje dolomitu działały głównie od dołu ku górze, obraz przestrzenny dolomitu wyrażono powierzchnią spągową, a nie stropową. Takie potraktowanie zagadnienia wynika również ze znacznych różnic w miąższościach dolomitu w obrębie struktury, jak też w jej otoczeniu.

Dla określenia, w jakim stopniu na przedstawiony obraz powierzchni spągowej dolomitu wpływa stopień zagęszczenia otworów, wykonano dwie wersje map.

Pierwszą opartą tylko na otworach poszukiwawczych (fig. 9) i drugą uwzględniającą także wyniki wierceń eksploatacyjnych (fig. 6).

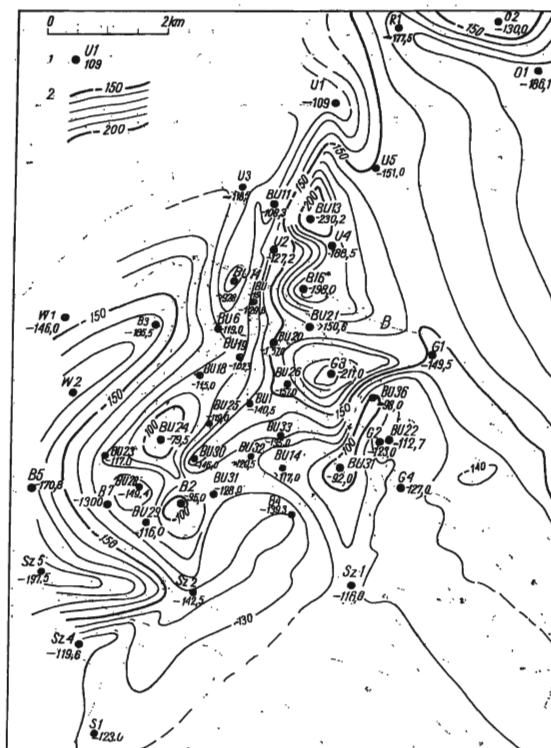


Fig. 8. Mapa miąższości utworów cechsztyńskiego cyklotemu Werra rejonu Uciechów-Bogdaj (Thickness map of the Zechstein deposits of the Werra cyclothem of the Uciechów-Bogdaj area)

1 — otwory wiertnicze z rzędną miąższości utworów cyklotemu Werra w m (boreholes with thickness ordinates of deposits of the Werra cyclothem in m), 2 — izopachyty utworów cyklotemu Werra w m (isopachytes of deposits of the Werra cyclothem in m)

Na obu tych mapach kontur struktury Uciechów-Bogdaj wyznaczony izobata —1250 m jest podobny, z tym że na fig. 6 jest on bardziej urozmaicony niż na fig. 9. Maksymalna kulminacja (fig. 9) stwierdzona otworem BU-13 (—1099,0 m), tworząca wspólną formę z udokumentowaną otworem G-3 (—1162,9 m), rozdziela się na dwie odrębne brachyantykliny (fig. 6). Na południowy wschód od tej kulminacji pojawiła się mała forma brachyantyklinalna stwierdzona otworem BU-30 (—1190,5 m). Udokumentowanie otworami eksploatacyjnymi także szeregu innych małych form brachyantyklinalnych w dolomicie głównym wskazuje na większe jego zaangażowanie tektoniczne aniżeli osadów pstręgo piaskowca, czy też wapienia podstawowego. Maksymalne wartości upadów otworów dolomitu głównego na skłonach kulminacji dochodzą do 10–12°, podczas gdy w pozostałych obszarach struktury są one zaledwie kilkustopniowe.

Kulminację zaznaczające się dużym zagęszczeniem izolacji na ich skłonie można by interpretować jako linie dyslokacji, gdyby układały się wzdłuż jakiegoś określonego kierunku. Z geometrycznej interpolacji istniejących danych z wierceń takie kierunki jednak nie wynikają. Nie jest więc wykluczone, że rejestrowane na profilach sejsmicznych przerwy w śledzeniu poziomów sejsmicznych wywołane są

większymi upadami warstw. Możliwym jest także, że znaczne na mapie małe formy brachyantyklinalne (fig. 6 i 9) są w rzeczywistości blokami ograniczonymi ze wszystkich stron dyslokacjami. Gdyby przyjąć taką wersję interpretacji dla dwóch kulminacyjnych wyniesień w rejonie BU-13 i G-3 (fig. 6), uzyskalibyśmy wymiary bloków wyniesionych o powierzchni rzędu 1 km<sup>2</sup> i przesunięciu pionowym około

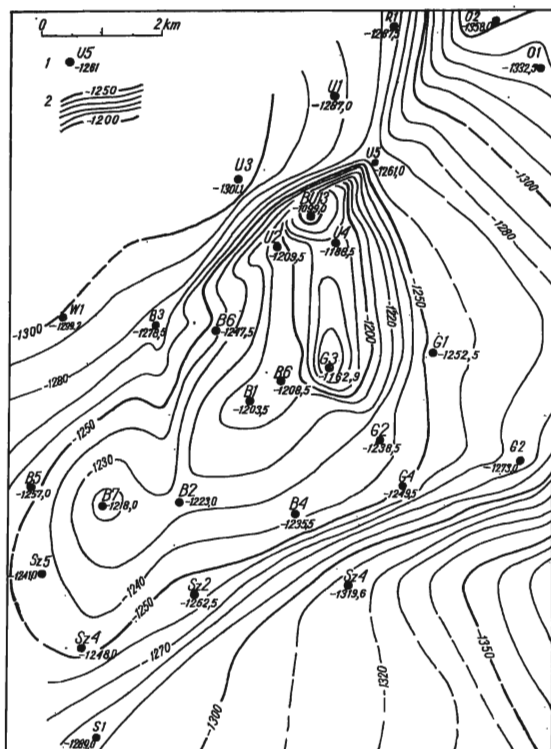


Fig. 9. Mapa strukturalna spągu cechsztyńskiego dolomitu głównego rejonu Uciechów-Bogdaj (wersja nie uwzględniająca danych z otworów eksploatacyjnych) (Structural map of the bottom of the Zechstein Hauptdolomit of the Uciechów-Bogdaj area (the version without exploited boreholes))

1 — otwory wiertnicze z rzędną głębokości spągu dolomitu głównego w m p.p.m. (boreholes with depth ordinates of the Hauptdolomit bottom in m u.s.l.), 2 — izohipsy spągu dolomitu głównego co 10 i 50 m (isohypes of the Hauptdolomit bottom drawn every 10 or 50 m)

100 m, co zapewniałoby całkowitą ich izolację od otaczających warstw dolomitu. Interpretacja taka, choć nie pozbawiona podstaw, wydaje się mniej realna niż przyjęta na mapie (fig. 6).

#### POWIERZCHNIA SPĄGOWA I STROPOWA CECHSZTYŃSKIEGO WAPIENIA PODSTAWOWEGO

Przestrzenny układ cechsztyńskiego wapienia podstawowego przedstawiony został przy pomocy trzech map:

a) mapy stropu wapienia, wykonanej przez Surmiaka i Wróblową, metodą interpolacji danych z wierzeń, uwzględniającą również wyniki geologicznej interpretacji profili sejsmicznych (fig. 10);

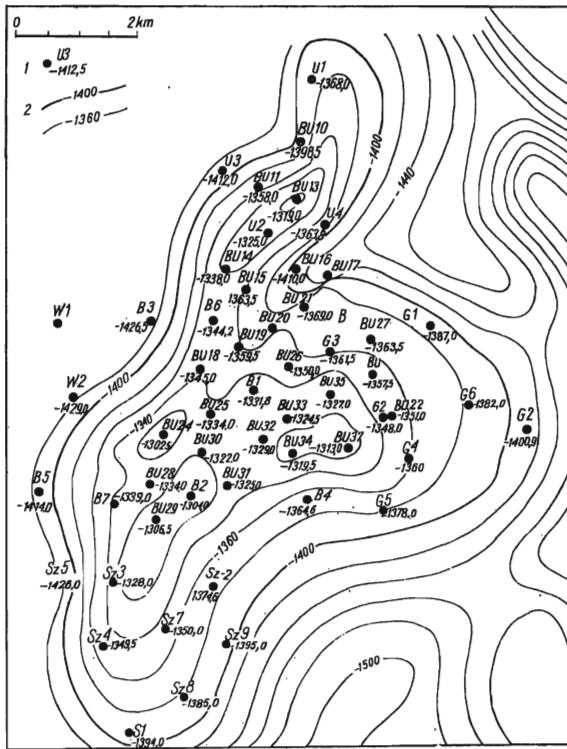


Fig. 10. Mapa strukturalna stropu cechsztyńskiego wapienia podstawowego rejonu Uciechów-Bogdaj wg Surmiaka i Wróblowej (Structural map of the top of the Zechstein basal limestone of the Uciechów-Bogdaj area)

1 — otwory wiertnicze z rzędną głębokości stropu wapienia podstawowego w m p.p.m. (boreholes with depth ordinates of the top of the basal limestone in m u.s.l.), 2 — izohipsy stropu wapienia podstawowego co 20 m (isohypes of the top of the basal limestone drawn every 20 m)

b) mapy spągu cechsztyńskiego wapienia podstawowego wykonanej metodą interpolacji danych z wierceń poszukiwawczych i rozpoznawczych (fig. 11);

c) mapy spągu cechsztyńskiego wapienia podstawowego wykonanej metodą interpolacji danych z wierceń poszukiwawczych, rozpoznawczych i eksploatacyjnych (fig. 7).

Generalnie zarysy i forma struktury wykazują podobieństwo na wszystkich trzech mapach. Struktura ograniczona izobata — 1400 m (fig. 10 i 11) ma kształt zdeformowanej brachyantykliny z kilkoma różnej wielkości kulminacjami. Kierunek dłuższej osi silnie zniekształconej brachyantykliny jest zbliżony do SSW—NNE. Na osi tej występują dwie kulminacje w rejonie otworu BU-13 oraz BU-2. Kierunek rozciągłości tych kulminacji zbliżony jest do kierunku dłuższej osi struktury. Na mapie spągu wapienia podstawowego natomiast, uwzględniającej także wyniki wierceń eksploatacyjnych (fig. 7), kulminacja południowa zmienia kierunek prawie na równoleżnikowy wykazując szereg mniejszych podniesień. Zarysowujące się (fig. 10 i 11) poprzeczne obniżenie w rejonie otworów G-1, G-3 i BU-16, o kierunku zbliżonym do równoleżnikowego, znajduje się w rejonie, w którym na mapach dolomitu głównego (fig. 6 i 9) i pstręgo piaskowca (fig. 5) występują kulminacje dodatnie o kierunku południowym. Kierunki tektoniczne struktury wapienia podstawowego krzyżują się prawie pod kątem prostym z kierunkami brachyantykliny występującej w dolomicie głównym i pstręgu piaskowca. Tektonika struktur tego typu może

wynikać z dużego zróżnicowania właściwości fizycznych utworów pokrywy permsko-mezozoicznej oraz pionowych przemieszczeń bloków podłoża wzdłuż uskoków. Świadomość istnienia i oddziaływania tak skomplikowanych procesów zmusza do bardzo ostrożnej interpretacji wyników badań sejsmicznych. Nieuwzględnienie heterogenicznych deformacji tektonicznych przy interpretacji wyników sejsmicznych może w znacznym stopniu zmniejszyć efektywność poszukiwań, a w skrajnych przypadkach doprowadzić nawet do nie wykrycia istniejącego złoża w danym rejonie.

Na dwóch wersjach mapy spągu utworów wapienia podstawowego (fig. 7 i 11) zilustrowano także możliwość różnej interpretacji tych samych danych geologicznych, gdy punkty wiertnicze nie są rozmieszczone w siatce optymalnej (trójkątów równobocznych) i tym samym pozwalają na rysowanie różnych wariantów obrazu powierzchni. Na pierwszej wersji mapy (fig. 11) dane z otworów U-3, U-1, U-5 i BU-13 zinterpretowano w sposób uwzględniający podział odcinka między U-3 a U-5, natomiast na drugiej wersji (fig. 7) przez interpolację odcinka między otworami U-1 i BU-13. Uzyskane obrazy izarytm zdecydowanie różnią się od siebie.

Takiego samego eksperymentu dokonano przy interpretacji danych otworów Sz-5, B-7, Sz-2 i Sz-4.

Przykłady te wskazują, że niewłaściwy dobór systemu rozmieszczenia wierceń spowodować może wieloznaczność interpretacji tych samych danych geologicznych.

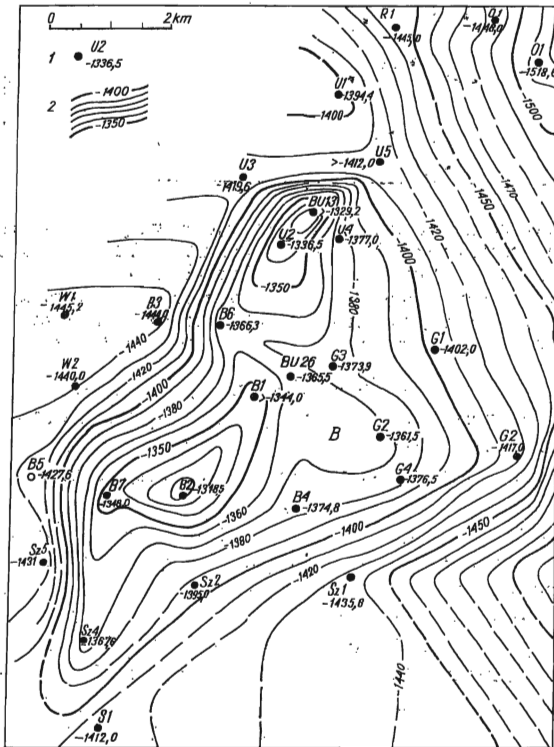


Fig. 11. Mapa strukturalna spągu cechsztyńskiego wapienia podstawowego rejonu Uciechów-Bogdaj (wersja nie uwzględniająca danych z wierceń eksploatacyjnych) (Structural map of the bottom of the Zechstein basal limestone of the Uciechów-Bogdaj area (the version without exploited boreholes))

1 — otwory wiertnicze z rzędną głębokości spągu wapienia podstawowego w m p.p.m. (boreholes with depth ordinates of the basal limestone in m u.s.l.), 2 — izohipsy spągu wapienia podstawowego co 10 i 50 m (isohypses of the bottom of the basal limestone drawn every 10 or 50 m)



## NIEZGODNOŚCI MIĘDZY OBRAZEM PRZESTRZENNYM WAPIENIA PODSTAWOWEGO I DOLOMITU GŁÓWNEGO

Niezgodności istniejące między planami strukturalnymi dwóch perspektywicznych, węglanowych poziomów zbiornikowych cechsztynu wyrażono dwoma wersjami mapy miąższości utworów cechsztyńskich zawartych pomiędzy powierzchnią spągową dolomitu głównego i powierzchnią spągową wapienia podstawowego (fig. 12 i 8). Na pierwszej (fig. 12) pokazano rozkład miąższości cyklotemu Werra jaki można było stwierdzić w czasie dokumentowania złoża, na drugiej (fig. 8) rozkład miąższości jakki stwierdzono po wykonaniu wierceń eksploatacyjnych.

Z pierwszej i drugiej wersji mapy wynika, że różnice w odległościach między dwiema perspektywicznymi warstwami wynoszą w obrębie struktury Uciechów-Bogdaj od 95 do 230 m. Maksymalne odległości (fig. 8) między dwiema powierzchniami występują w rejonie wierceń BU-13—G-3, a minimalne w rejonie otworu B-2 (95 m). Rozkład miąższości będący wynikiem istnienia zarówno paleostruktur w czasie sedymentacji utworów cechsztynu (w części południowej), jak też późniejszej działalności tektonicznej modelowanej w północnej i wschodniej części struktury plastyczną tektoniką solną (Sokołowski 1966c, 1972, 1975), nie jest możliwy do określenia przed wykonaniem wierceń. Należy jednak żywić nadzieję, że dalsze szczegó-

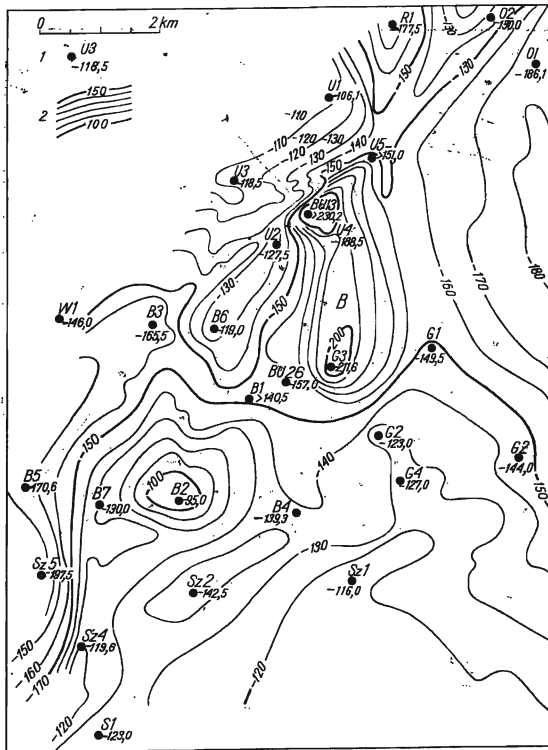


Fig. 12. Mapa miąższości utworów cechsztyńskiego cyklotemu Werra rejonu Uciechów-Bogdaj (wersja nie uwzględniająca danych z wierceń eksploatacyjnych) (Thickness map of the Zechstein deposits of the Werra cyclothem of the Uciechów-Bogdaj area (the version without exploited boreholes))

1 — otwory wiertnicze z rzędną miąższości utworów cyklotemu Werra w m (boreholes with thickness ordinates of deposits of the Werra cyclothem in m), 2 — izopachyty utworów cyklotemu Werra (isopachytes of deposits of the Werra cyclothem)

lowe badania struktur lokalnych monokliny przedsudeckiej umożliwią wykrycie istniejących prawidłowości i ustalenie zasad pozwalających na rekonstrukcję obrazu przestrzennego głębszego poziomu perspektywicznego w oparciu o rozpoznany poziom płytszy. Należy wyrazić nadzieję, że również postęp w metodyce badań sejsmicznych zapewni, nawet w tak skomplikowanych rejonach, bezpośrednie śledzenie obu tych horyzontów i odtwarzanie ich przestrzennego obrazu głębokościowego przed rozpoczęciem wiertniczych prac poszukiwawczych i rozpoznawczych na określonej strukturze.

### CHARAKTERYSTYKA ZBIORNIKA GAZU W CECHSZTYŃSKIM WAPIENIU PODSTAWOWYM

Złoże gazu ziemnego Uciechów-Bogdaj występuje w utworach piaszczystych czerwonego spągowca oraz w cechsztyńskim wapieniu podstawowym.

Naturalny zbiornik gazu ziemnego w cechsztyńskim wapieniu podstawowym charakteryzują mapy miąższości (fig. 13), porowatości (fig. 14) i przepuszczalności (fig. 15). Zmiany miąższości wynoszące (fig. 13) w obrębie struktury od 7 do 20 m nie wykazują wyraźnego związku z obecnym obrazem przestrzennym spągu wapienia

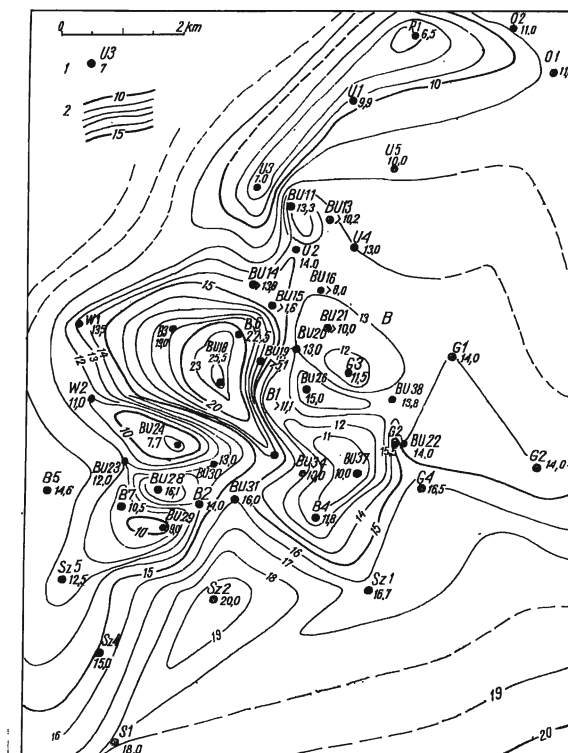


Fig. 13. Mapa miąższości cechsztyńskiego wapienia podstawowego rejonu Uciechów-Bogdaj (Thickness map of the Zechstein basal limestone of the Uciechów-Bogdaj area)

1 — otwory wiertnicze z rzędną miąższości wapienia podstawowego w m (boreholes with thickness ordinates of the basal limestone in m), 2 — izopachyty wapienia podstawowego w m (isopachytes of the basal limestone in m)

podstawowego (fig. 7). Szczegółowsze porównanie tych dwóch map pozwala na stwierdzenie, że mniejsze miąższości wapienia występują na kulminacjach (BU-24, BU-29, BU-37, U-3) natomiast maksymalne (w skali lokalnej) w strefie siodłowej między tymi dwiema kulminacjami, tj. w rejonie otworów B-6, BU-18, BU-26.

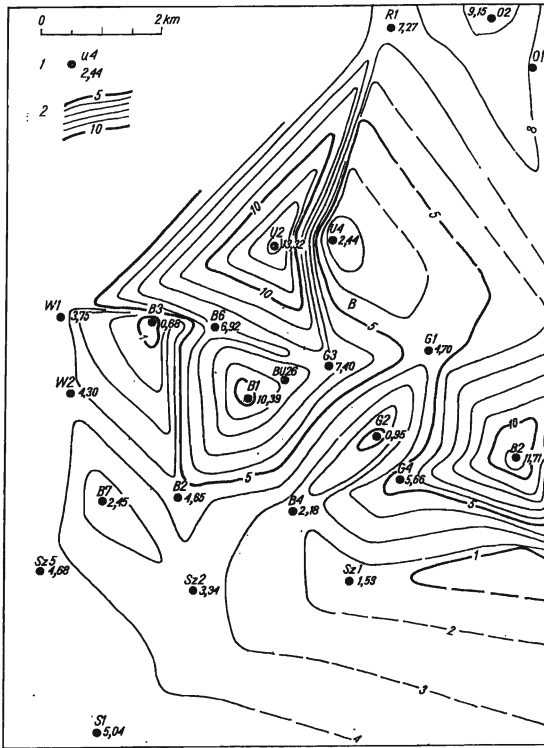


Fig. 14. Mapa porowatości cechsztyńskiego wapienia podstawowego rejonu Uciechów-Bogdaj (Map of porosity of the Zechstein basal limestone of the Uciechów-Bogdaj area)

1 — otwory wiertnicze z rzędną średniej porowatości wapienia podstawowego w procentach wg wyników pomiarów laboratoryjnych próbek rdzeniowych (boreholes with averaged porosity ordinates of the basal limestone in per cent, according to laboratory measurement data of core samples), 2 — izolinie uśrednionej porowatości wapienia podstawowego co 1 i 5% (isolines of averaged porosity of the basal limestone drawn every 1 or 5%)

Obraz izarytmu porowatości (fig. 14) wapienia podstawowego, skonstruowany tylko na podstawie analiz laboratoryjnych rdzeni z wierceń poszukiwawczych, wskazuje na istnienie strefy maksymalnych porowatości w rejonie wierceń U-2 (13,2%) i B-1 (10,39%). Obraz ten wykazuje mniejsze podobieństwo do mapy miąższości wapienia (fig. 13) niż do mapy strukturalnej jego spągu (fig. 7 i 11). Na tej podstawie można przypuszczać, że wzrost porowatości i przepuszczalność wapienia zależą w większym stopniu od warunków strukturalnych niż od jego miąższości. W szczytowych partiach brachyantyklin, gdzie niewątpliwie na skutek różnych procesów tektonicznych dochodziło do tensyjnych spekań względnie skawernienia utworów wapienia podstawowego, jego cechy zbiornikowe są znacznie lepsze. Ciekawym jest fakt, że minimalne porowatości w wapieniu podstawowym występują w rejonie otworów U-4 (2,44%) i G-2 (0,95%), a więc tam, gdzie w utworach dolomitu i reflu zarysowuje się kulminacyjne wzniesienie, a w wapieniu obniżenie (o nieco innym kierunku). Stwierdzono tam również największe miąższości utworów cechsztynu za-

wartych między spągami wapienia podstawowego i spągami dolomitu głównego (fig. 12). Istnienie małych porowatości wapienia podstawowego w tej strefie można więc tłumaczyć warunkami sedymentacji w strefie depresyjnej, późniejszym rosna-

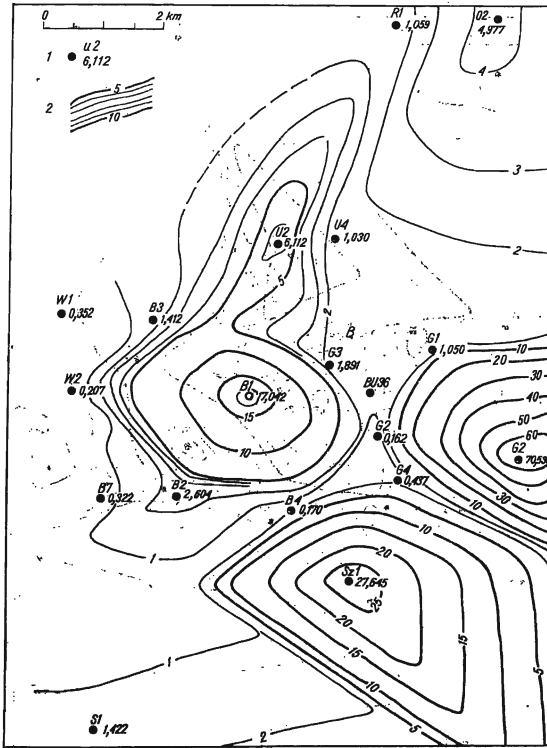


Fig. 15. Mapa przepuszczalności cechsztyńskiego wapienia podstawowego rejonu Uciechów-Bogdaj (Map of permeability of the Zechstein basal limestone of the Uciechów-Bogdaj area)

1 — otwory wiertnicze z rzędną średniej przepuszczalności wapienia podstawowego w procentach wg wyników pomiarów laboratoryjnych próbek rdzeniowych (boreholes with averaged permeability ordinates of the basal limestone in per cent, according to the laboratory measurement data of core samples), 2 — izolinie średniej przepuszczalności wapienia podstawowego co 1 i 5 mDcy (isolines of the averaged permeability of the basal limestone drawn every 1 or 5 mDcy)

czym ciśnieniem warstw nadkładu, jak też względnym obniżeniem się utworów wapienia podstawowego w stosunku do jego stref kulminacyjnych, wykazujących większe porowatości.

Istnienie maksymalnych przepuszczalności (fig. 15) rzędu od 5–17 mDcy w rejonie wierceń U-2 (6,1 mDcy) i B-1 (17,04 mDcy), a więc w kulminacji struktury charakteryzującej się też maksymalnymi porowatościami, wskazuje na związek tych trzech parametrów. Również maksymalny wzrost przepuszczalności zarejestrowany w otworze G-2 (70,5 mDcy) pokrywa się z maksymalną porowatością. Być może jest to rezultat istnienia w podłożu krzyżujących się uskoków. Natomiast duże przepuszczalności (27,6 mDcy), stwierdzone w otworze Sz-1 (fig. 15), przypadają na strefę minimalnych porowatości (1,53% — fig. 14).

Przyczyn takiego rozkładu przepuszczalności i porowatości w tym rejonie nie da się ustalić z uwagi na małą ilość przebadanych rdzeni, jak też nie zawsze jednokową wiarygodność wyników badań.

Z uwagi jednak na fakt, że zarówno porowatości jak i przepuszczalności wapienia decydują o poprawności oceny zasobów gazu, jak i wyborze racjonalnego systemu eksploatacji, zachodzi potrzeba przeprowadzenia tych badań na materiale uzyskanym z wierceń eksploatacyjnych i wkomponowania wyników w ogólny obraz porowatości i przepuszczalności. Zagadnienie to jest bardzo ważne, gdyż przy dobrej znajomości rozkładu porowatości i przepuszczalności można prawidłowiej sterować eksploatacją gazu i zapobiegać wdzieraniu się języków wodnych w obręb złoża, strefami zwiększonej przepuszczalności, jak np. w rejonie otworów G-2 i Sz-1.

### CHARAKTERYSTYKA ZBIORNIKA GAZU W CECHSZTYŃSKIM DOLOMICIE GŁÓWNYM

Złoże gazu w utworach dolomitu głównego stwierdzono w obrębie sąsiedniej struktury Tarchały. Wykonana analiza nie wyklucza możliwości istnienia także niedużych rozmiarów złóż w niektórych kulminacjach struktury (fig. 6) Uciechów-Bogdaj, i z tych właśnie względów omówione zostaną warunki zbiornikowe dolomitu głównego. Scharakteryzowane zostały one graficznie mapami: miąższości (fig. 16), porowatości (fig. 17) i przepuszczalności (fig. 18).

Różnice w miąższościach dolomitu głównego w obrębie struktury Uciechów-Bogdaj są bardzo znaczne (fig. 16). Minimalne są rzędu 20 m, a maksymalne osią-

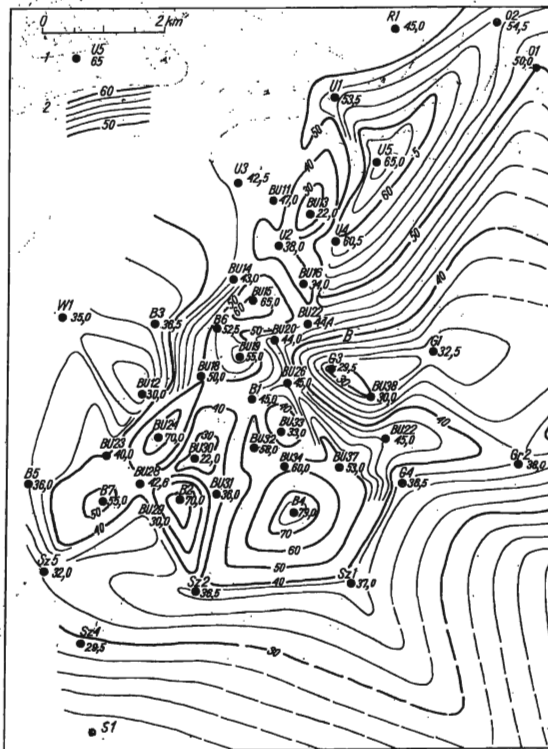


Fig. 16. Mapa miąższości cechsztyńskiego dolomitu głównego rejonu Uciechów-Bogdaj (Thickness map of the Zechstein Hauptdolomit of the Uciechów-Bogdaj area)  
1 — otwory wiertnicze z rzędną miąższości dolomitu głównego w m (boreholes with thickness ordinates of the Hauptdolomit in m), 2 — izopachyty dolomitu głównego co 2 i 10 m (isopachytes of the Hauptdolomit drawn every 2 or 10 m)

gają 79 m (otwór B-4). Jeśli te różnice są prawdziwe<sup>1</sup>, to są one wynikiem bądź warunków sedimentacji dolomitu głównego, bądź też okresowego oddziaływania erozji. Układ izopachyt nie wykazuje widocznego związku z izohipsami występowania dolomitu. Wskazuje to, że późniejsze zmiany w układzie warstw dolomitu głównego były niezależne od pierwotnych warunków jego sedimentacji.

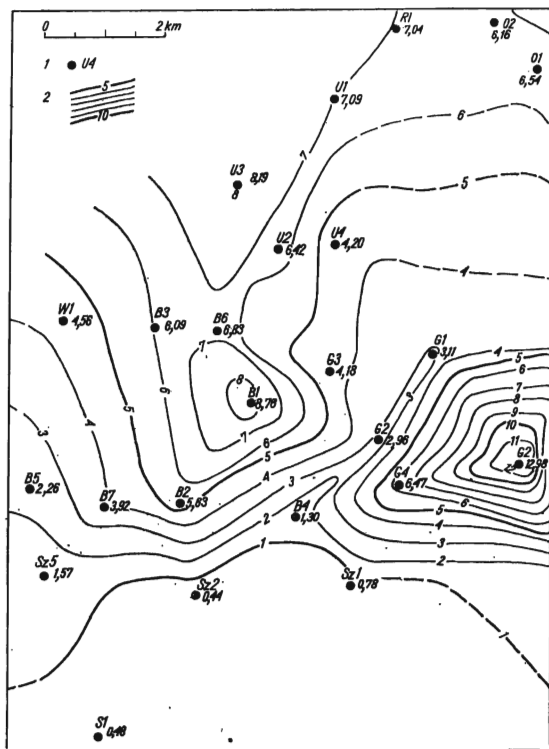


Fig. 17. Mapa porowatości cechsztyńskiego dolomitu głównego rejonu Uciechów-Bogdaj (Map of porosity of the Zechstein Hauptdolomit of the Uciechów-Bogdaj area)

1 — otwory wiertnicze z rzędną średniej porowatości wg wyników badań laboratoryjnych próbek rdzeniowych (boreholes with averaged porosity ordinates according to the laboratory measurement data of core samples), 2 — izolinie średniej porowatości dolomitu głównego co 1 i 5% (isolines of the averaged porosity of the Hauptdolomit drawn every 1 or 5%)

Porowatości dolomitu w obrębie struktury Uciechów-Bogdaj (fig. 17) wahają się w granicach od 1% do 8,76%. Maksymalne występują w rejonie otworu B-1, a minimalne na południowym skrzydle struktury w rejonie otworów Sz-1 i 2 oraz S-1. Układ izarytm porowatości wyznaczających wartości powyżej 5% jest południkowy, a więc w pewnym sensie analogiczny do kulminacyjnego wzniesienia struktury w dolomicie (fig. 6) z tym, że maksymalne wartości porowatości (fig. 17) są nieco przesunięte na południe od maksymalnych wzniesień w dolomicie głównym (fig. 6).

<sup>1</sup> Autor nie miał możliwości sprawdzenia poprawności danych z wierceń eksploatacyjnych.

Maksymalne przepuszczalności (fig. 18) rzędu 16,5 mDcy stwierdzono na obszarze struktury w otworze B-6 i B-1 (10,5 mDcy). Układ izolinii przepuszczalności w obrębie struktury Uciechów-Bogdaj wskazuje na pewne analogie z układem izolinii porowatości (fig. 17).

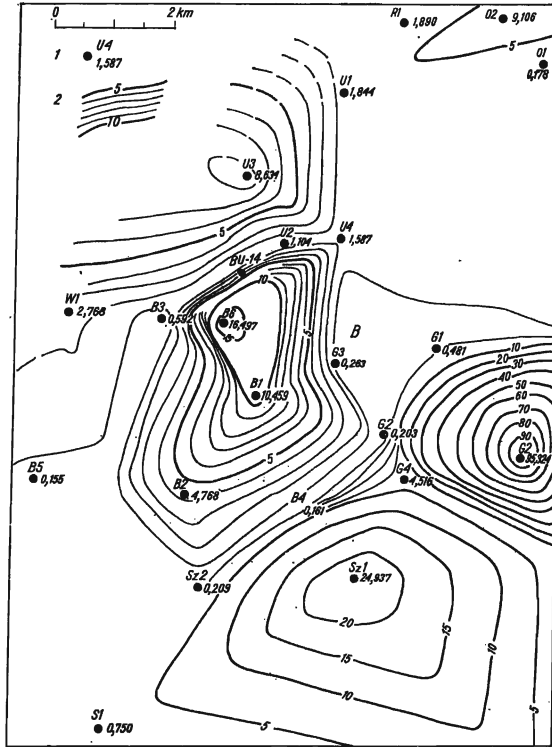


Fig. 18. Mapa przepuszczalności cechsztyńskiego dolomitu głównego rejonu Uciechów-Bogdaj (Map of permeability of the Zechstein Hauptdolomit of the Uciechów-Bogdaj area)

1 — otwory wiertnicze z rzędną średniej przepuszczalności dolomitu głównego wg wyników badań laboratoryjnych próbek rdzeniowych (boreholes with averaged permeability ordinates of the Hauptdolomit according to laboratory measurement data of the core samples), 2 — izolinie przepuszczalności dolomitu głównego co 1 i 5 mDcy (isolines of permeability of the Hauptdolomit drawn every 1 or 5 mDcy)

Poza obrębem struktury (złoża) maksymalne przepuszczalności (rzędu 95 mDcy) i duże porowatości (12,9%) stwierdzono w otworze Gr-1. W otworze Sz-1 przepuszczalność wynosi 24,9 mDcy, a porowatości jedynie 0,78%.

Różnice te być może świadczą o istnieniu także przepuszczalności szczelinowej. W każdym bądź razie nawet tak pobieżna analiza uśrednionych porowatości i przepuszczalności pomierzonych metodami laboratoryjnymi, jak też bardzo duże zmiany miąższości wskazują, że warunki zbiornikowe w dolomicie głównym są bardzo zróżnicowane i niejednorodne, co należy mieć na uwadze szczególnie przy dowiercaniu otworów, jak też ocenie zasobów i ich eksploatacji.

## WNIOSKI

Omówiony obraz rozpoznania wgłębnej budowy geologicznej struktury Uciechów-Bogdaj wskazuje, że:

1. Istnieje wyraźna niezgodność między planami strukturalnymi pstręgo piaskowca oraz cechsztyńskiego dolomitu głównego i wapienia podstawowego. Wyraża się ona w nierównoległości poszczególnych poziomów perspektywicznych, a niekiedy nawet w ich inwersji. Różnice w położeniu kulminacyjnych wzniesień w utworach pstręgo piaskowca i dolomitu głównego w stosunku do kulminacji w wapieniu podstawowym wynoszą około 3,5 km. Wynika z tego, że przy badaniu struktur typu Uciechów-Bogdaj otwór poszukiwawczy usytuowany w kulminacji zarysowującej się w utworach pstręgo piaskowca może wejść w depresję w utworach wapienia podstawowego, a więc może uzyskać rezultat negatywny pod względem złożowym.

2. Dla tego typu struktur dotychczasowa dokładność metod sejsmicznych jest niewystarczająca do poprawnego odtwarzania obrazu przestrzennego wapienia podstawowego i dolomitu głównego.

3. Zaobserwowane zjawisko tzw. „przemieszczania” się kulminacji struktur sejsmicznych, w miarę zagęszczania prac i doskonalenia modelu prędkościowego, stwarza ciągle niebezpieczeństwo, że otwory poszukiwawcze lub rozpoznawcze lokalizowane na tego typu kulminacjach mogą dać wyniki negatywne złożowo.

4. Istnieje potrzeba doboru optymalnego systemu rozmieszczenia wierceń i innych punktów badawczych w sposób gwarantujący jednoznaczność interpolacji danych. Najbardziej optymalnym systemem, zdaniem autora, jest lokalizowanie profilów sejsmicznych w siatce romboedrycznej, a wierceń w siatce trójkątnej, równobocznej w odległościach wynikających z potrzeb eksploatacyjnych.

System taki (Berestka & Sokołowski 1975; Sokołowski & Berestka 1975a,b) daje możliwość jednoznacznej interpolacji rzędnych pomiędzy poszczególnymi punktami, jak też pozwala na konstrukcję map nie obciążonych subiektywizmem wykonawcy. Rozmieszczenie wierceń eksploatacyjnych w siatce trójkątnej równobocznej gwarantuje maksymalne szczypanie zasobów, a także zabezpiecza przed tworzeniem się niekontrolowanych języków wodnych, szczególnie niebezpiecznych w przypadku kolektorów o niejednolitej porowatości i przepuszczalności.

System taki zapewnia ograniczenie do minimum wierceń negatywnych i umożliwia takie rozpoznanie struktury, które gwarantuje dobór optymalnego sposobu eksploatacji.

Dla udowodnienia powyższej tezy na przykładzie struktury Uciechów-Bogdaj sprawdzono teoretycznie ile należałoby wykonać wierceń, gdyby od razu po stwierdzeniu złoża otworami *U-1*, *U-2* i *B-1* przystąpiono do rozwiercania struktury „odśrodkowo” siatką wierceń eksploata-



cyjnych usytuowanych w odległościach 1 km otwór od otworu, w układzie równobocznym.

Z przeliczeń wynika, że dla pełnego rozpoznania i racjonalnej eksploatacji wystarczyłoby 48 otworów, z których 42 nawierciłyby złoża, a 6 znalazłoby się poza jego konturem.

W zastosowanym natomiast systemie opierającym się na ciągłym dostosowywaniu lokalizacji wierceń rozpoznawczych do rejestrowanych sejsmicznie i zmieniających swoje położenie kulminacji wykonano 47 otworów, z których 10 znalazło się poza konturem złoża, a aktualnie dla potrzeb eksploatacji wiercone są jeszcze dalsze otwory. Zastosowanie systemu siatki trójkątnej, prócz zaoszczędzenia przynajmniej 5 otworów, które weszły poza kontur złoża, pozwoliłoby na udokumentowanie zasobów złoża z większą dokładnością gwarantującą korzystniejsze warunki eksploatacji. Pozwoliłoby to również na zmniejszenie ilości badań sejsmicznych i skrócenie terminu zagospodarowania złoża przynajmniej o 4 lata. Oczywiście, udowodnienie powyższej tezy stało się możliwe dopiero w momencie, kiedy struktura została rozpoznana. Wcześniej, wbrew opinii autora, panował pogląd, że korzystniejszy jest system bieżącego dostosowania lokalizacji wierceń rozpoznawczych do nowo powstających obrazów sejsmicznych. Obecnie, gdy wiemy, że określone sejsmiczne obrazy strukturalne dla poziomów podsolnych nie są identyczne z rzeczywistymi obrazami struktury, i że przyczyna takiego stanu rzeczy tkwi w bardzo skomplikowanym obrazie budowy geologicznej i modelu rozkładu szybkości, powinno się, zdaniem autora, zwracać większą uwagę na dobór poprawnego systemu rozmieszczenia wierceń rozpoznawczych. Oczywiście sejsmika powinna być zawsze w pełni wykorzystywana, a szczególnie w pracach poszukiwawczych, gdzie oddaje nieocenione usługi.

*Institut Geologiczny  
Pracownia Geodynamiki i Synoptyki Geologicznej  
ul. Lwowska 5, 00-660 Warszawa  
Warszawa, w listopadzie 1974 r.*

#### LITERATURA CYTOWANA

- BERESTKA A. & SOKOŁOWSKI J. 1975. Wpływ geometrii rozmieszczenia wierceń na dokładność rozpoznawania struktur [Praca w druku]. *Technika Poszukiwań*. Warszawa.
- BIRECKI T., BOJARSKA J., CIRA H., MAKOJNIK Z. & WÓJCIKIEWICZ S. 1967. Aneks nr 3 do projektu robót opracowanego pod kierunkiem J. Sokołowskiego. Archiwum CUG i Geonafy. Warszawa.
- KARNKOWSKI P., SOKOŁOWSKI J. & STEMULAK J. 1966. Odkrycie pierwszego w Polsce złoża gazu w utworach czerwonego spagowca. *Geof. i Geol. Naft.*, 1/2. Kraków.
- KASPRZAK T. 1967a. Aneks nr 2 do projektu robót geologicznych opracowanego pod kierunkiem J. Sokołowskiego w styczniu 1965 r. Archiwum CUG i Geonafy. Warszawa.

- 1967b. Aneks nr 5 do projektu robót geologicznych opracowanego w styczniu 1965 r. pod kierunkiem J. Sokołowskiego. Archiwum CUG i Geonafy. Warszawa.
  - & BIDNER J. 1967a. Aneks nr 4 do projektu robót geologicznych z 1965 r. opracowanego pod kierunkiem J. Sokołowskiego. Archiwum CUG i Geonafy. Warszawa.
  - & — 1967b. Aneks nr 6 do projektu robót geologicznych opracowanego w styczniu 1965 pod kierunkiem J. Sokołowskiego. Archiwum CUG i Geonafy. Warszawa.
- KRZYSZTOFOWICZ Z. 1967. Aneks nr 8 do projektu robót geologicznych opracowanego w styczniu 1965 r. pod kierunkiem J. Sokołowskiego. Archiwum CUG i Geonafy. Warszawa.
- POŻARYSKI W. & RÜHLE E. 1956. *Mapa Geologiczna Polski*. Inst. Geol. Warszawa.
- SOKOŁOWSKA J. & SOKOŁOWSKI J. 1965. Perspektywy odkrycia złóż gazu w utworach czerwonego spągowca w Polsce. *Geof. i Geol. Naft.*, 10–12. Kraków.
- SOKOŁOWSKI J. 1965a. Odkrycie pierwszego w Polsce złoża gazu ziemnego w utworach czerwonego spągowca. Archiwum BDiPG. Warszawa.
- 1965b. Meldunek o odkryciu pierwszego w Polsce złoża gazu ziemnego w utworach czerwonego spągowca w rejonie Ostrowa Wlkp. [*Maszynopis*]. Archiwum ZGN. Warszawa.
  - 1966a. Znaczenie depresji oleśnicko-kepnowskiej dla oceny perspektyw poszukiwawczych wschodniej części monokliny przedsudeckiej. *Przegląd Geol.*, 1. Warszawa.
  - 1966b. Tektonika i charakterystyka strukturalno-złożowa obszaru przedsudeckiego. *Przegląd Geol.*, 5/6. Warszawa.
  - 1966c. Rola halokinezy w rozwoju osadów mezozoicznych i kenozoicznych struktury Mogilna i synklinorium mogileńsko-łódzkiego. *Prace Inst. Geol.*, 5 (50). Warszawa.
  - 1966d. Mapa strukturalno-geologiczna Polski (w rejonach pozakarpaccich bez utworów kenozoicznych), skala 1 : 500 000. Min. Górn. i Energ. Warszawa.
  - 1967. Charakterystyka geologiczna i strukturalna obszaru przedsudeckiego. *Geologia Sudetica*, 3. Warszawa.
  - 1968. Geologiczna i strukturalna charakterystyka jednostek regionalnych Polski pod kątem poszukiwań bituminów. *Surowce Mineralne*, 1. Warszawa.
  - 1972. Rola tektoniki salinarnej cechsztynu w modelowaniu pokrywy mezo-kenozoicznej. *Biul. Inst. Geol.*, 252. Warszawa.
  - 1974a. Geodynamika rozwoju oraz prawidłowości rozmieszczenia węglowodórów obszaru przedsudeckiego. *Acta Geol. Pol.*, 24 (4). Warszawa.
  - 1974b. Analiza wybranych struktur perspektywicznych obszaru przedsudeckiego pod kątem optymalizacji systemów ich rozwiercania. Archiwum IG. Warszawa.
  - 1975. Role of Permo-Mesozoic and Cainozoic vertical movements in the development of the present-day geological structure of Poland. *Materiały i Prace Inst. Geof. PAN*, 82. Warszawa.
  - & SOJA Z. 1962. Projekt robót geologicznych dla rejonu Rawicza. Archiwum CUG i Geonafy. Warszawa.
  - , BOJARSKA J., BOGUSZ W., JAMROZIK J., KASPRZAK T., MAKOJNIK Z., MIESZTAŁSKI A., MROZEK K. & WÓJCIKIEWICZ S. 1965. Projekt robót geologicznych za ropą naftową i gazem ziemnym dla obszaru monokliny przedsudeckiej. Archiwum CUG i Geonafy. Warszawa.

- , BOGUSZ W., BOJARSKA J., JAMROZIK J., KASPRZAK T., MAKOJNIK Z. & WÓJCIKIEWICZ S. 1966. Aneks nr 1 do projektu robót geologicznych opracowanego w styczniu 1965 r. pod kierunkiem J. Sokołowskiego. Archiwum CUG i Geonafty. Warszawa.
- & CZARNECKI M. 1975. Possibilities in utilizing available geophysical and geological data for reconstruction of geodynamics in the development of the Fore-Sudetic Area. *Materiały i Prace Inst. Geof. PAN*, **82**. Warszawa.
- & BERESTKA A. 1975a. Wprowadzenie do problematyki optymalizacji poszukiwań złóż ropy i gazu [*Praca w druku*]. *Technika Poszukiwań*. Warszawa.
- & — 1975b. System rozmieszczenia wierceń jako czynnik decydujący o wielkości współczynnika szczypania zasobów ropy [*Praca w druku*]. *Technika Poszukiwań*. Warszawa.
- TRUSHEIM F. 1957. Über Halokinese und ihre Bedeutung für die Strukturelle Entwicklung Norddeutschlands. *Z. Deutsch. Geol. Ges.*, **109** (1).

### SUMMARY

In 1965 a deep geological structure of Uciechów-Bogdaj was found (Sokołowski 1965a, b; Sokołowska & Sokołowski 1965; Karnkowski, Sokołowski & Stemulak 1966) in the middle part of the Foresudetic monocline termed the Ostrzeszów-Wieluń Ridge (Sokołowski 1968).

As more and more data from boreholes and geophysical investigations were obtained, the opinions on geology of the deep structure of the region evolved; at first it was taken to be a calm monocline falling towards NE (Pożaryski & Rühle 1956), later on — the brachyanticlinal forms (Sokołowski & Soja 1962; Sokołowski 1956a, b, 1966a, b, d, 1967), and lastly it seemed to be block-anticlinal structures dissected by numerous faults (Birecki & al. 1967; Kasprzak 1967a, b; Kasprzak & Binder 1967a, b; Krzysztofowicz 1967; Sokołowski 1968 and others).

Data obtained from about fifty boreholes drilled in the area of about 80 km<sup>2</sup> were the basis for drawing several geological, structural and thickness maps as well as those of the averaged porosity and permeability of carbonate layers constituting main perspective series in the Zechstein deposits.

Characteristics of the sub-Cenozoic picture based on the maps (Figs 1, 2, 3, 5, 6) and the section (Fig. 4) suggest existence of an erosional postflaramidian palaeo-valley situated above the culmination of the Mesozoic structure (Figs 3, 5, 6); it cuts through the Keuper and Muschelkalk deposits and reaches those of the Buntsandstein (Fig. 3). The palaeovalley, most probably of fluvial origin, is directed towards SSE-NNW, thus parallel to the axis of the culmination of the structure traced in the Buntsandstein (Fig. 5) and Hauptdolomit (Fig. 4).

The analysis of the shape of the structure in under-salt deposits (Fig. 7) shows that its culmination is situated at about 3.5 km towards SW of the culmination of the structure in the Hauptdolomit (Fig. 6) and Buntsandstein (Fig. 5).

Thus the structural plans of the above-salt deposits distinctly differ from those of under-salt ones although the only salts occurring here are those of the Werra cyclothene, not thicker than 145 m (BU-13), while its total thickness never exceeds 230 m. It clearly suggests that the salt deposits were subjected to plastic deformations, initiated most probably by block movements in the substratum. Consequently, such deformations may be produced in considerably thinner salt deposits than it was earlier presumed (Trusheim 1957; Sokołowski 1966c).

The maximum amplitude of the culmination in the basal Zechstein limestone (Fig. 7) amounts to 82 m as compared with 1400 m for the isoline surrounding the structure (borehole *B-2* in Fig. 7), while that of the depression in the basal limestone, under the culmination in the Hauptdolomit and Buntsandstein (borehole *BU-15* in Fig. 7) is more than 25 m or 75 m as compared with 1400 or 1350 m, respectively, for the isolines surrounding the local culminations within the structure of Uciechów-Bogdaj (Fig. 7).

In the Hauptdolomit (borehole *BU-13* in Fig. 6), the amplitude of the structure amounts to more than 100 m as compared with 1250 m for the surrounding isoline. In the bottom part of the Rhaetic deposits (borehole *G-3* in Fig. 5), it is about 450 m. However, this over fourfold increase in the amplitude of the structure in the Buntsandstein as compared with that in the Hauptdolomit is not quite real. When constructing the map, dislocations of the blocks along probable faults have not been considered, and this may, in part, account for this difference. Nevertheless, even when taking account of the greatest correction for such dislocations, still we have to accept at least twice as much value of the amplitude of the structure of the Buntsandstein as that of the Hauptdolomit.

One of the possible explanations of this phenomenon may be an assumption that in the depression zone, above the syncline in the basal limestone, the Zechstein salts and lower and middle Buntsandstein deposits developed in greater thicknesses; they were then elevated and turned into the brachyanticline with greater inclination angles in younger layers.

The other explanation considers compression which had resulted in the apparent increase in thickness of the deformed deposits.

Considerable heterogeneity in both porosity (Figs 14 and 17) and permeability (Figs 15 and 18) of the Zechstein carbonates as well as significant differences in their thicknesses (Figs 13 and 16) are very interesting questions.

In basal limestone (Fig. 13), which tends to increase its thickness towards south in this region (Sokolowski 1974, p. 606), there are some local maxima of thickness which amount to about 10 m on the average and reach over 25 m (*BU-18* in Fig. 15). However, no visible correlation between the increase in the limestone thickness (Fig. 13) and distribution of averaged porosity (Fig. 15) can be observed. The maximum porosity has been recorded in borehole *B-1* (Fig. 15) thus in the zone of middle thickness. It may well be that the increased porosity in this zone results from tectonic processes which have produced the increased fissuring of the Zechstein carbonates above the lines of faults which caused dislocation of the blocks in the hard substratum.

Considerable differences in thickness of the Zechstein Hauptdolomit (Fig. 16) seem to be independent of the porosity which shows rather regular increase towards N from 1 to 8% (Fig 17). The maximum permeability in these deposits, similarly as in the basal limestones, was recorded in the vicinity of boreholes *B-1* and *Sz-1* (the latter being outside the structure).

According to the present author, the specific nature of the Uciechów-Bogdaj structure, expressed in inconsistency of the above-salt and under-salt structural plans as well as in different distributions of thickness, porosity and permeability, needs special research methods. The optimal one seems to be the covering of the investigated region with the equilateral-triangle network of boreholes to be made immediately after ore deposits are discovered (Sokolowski & Berestka 1975); it is the most economic procedure as it saves a number of unproductive drillings.

