

EUGENIUSZ JAWOR, WANDA JAWOR, JÓZEF KRUCZEK

Przedsiębiorstwo Poszukiwań Naftowych w Krakowie

GEOLOGICZNE WARUNKI WYSTĘPOWANIA GAZU ZIEMNEGO POD KARPATAMI NA S OD BOCHNI

UKD 553.081:[551.763.31:552.513+551.762.3:552.543]:551.243.5:550.834(438—424.51)

Problem poszukiwań złóż ropy naftowej i gazu ziemnego w Karpatach Zachodnich nie jest nowym programem. Należy tu zaliczyć skąpy zakres prac poszukiwawczych realizowany do 1955 r., a rozwiązujący problemy ropo i gazonośności utworów fliszowych. Wykonano w tym celu nieznaczną ilość wierceń, w dzisiejszej nomenklaturze płytkich, w rejonie: Klęczan — Piszczowej, Skrzydłnej, Poręby Wielkiej, Rabki — Skomielnej Białej, Soli k. Zwardonia i in. Wiercenia te nie przebiegały nadkładu fliszowego i uzyskiwały jedynie pojedyncze ślady bituminów z wyjątkiem znanego z ubiegłego stulecia złoża białej ropy naftowej w Klęczanach.

Ten etap prac wiertniczych, a zwłaszcza jego wojenna część wiąże się z prowadzonymi tu pracami geofizycznymi. Do 1952 r. wykonano w Karpatach zdjęcia grawimetryczne. Wyniki tych prac dla rejonu zachodniego zestawiono na mapach, którymi udokumentowano istnienie szeregu anomalii lokalnych typu np. Rzeszotar, których znaczenie poszukiwawcze krystalizuje się obecnie. Dla całości Karpat na uwagę zasługuje strefa minimum grawimetrycznego, ciągnąca się od Chyrowa w ZSRR przez Sanok, Biecz w kierunku na Nowy Targ. Istnienie tego minimum, w tłumaczeniu różnych autorów, związane jest zawsze ze starszym podłożem. Prace magnetyczne w Karpatach prowadzono w pierwszych latach powojennych w ilości 400—1000 obserwacji na 1000 km². W zachodniej części Karpat stwierdzono kilka dużych anomalii nie wyjaśnionych jeszcze pochodzenia i dotychczas bez znaczenia w problematyce poszukiwawczej surowców bitumicznych. Zdjęcia sejsmiczne metodą refleksyjną rozpoczęto po 1950 r. i do 1953 r. przeprowadzono jedynie kilka przekrojów regionalnych przez Karpaty, praktycznie nie mających znaczenia dla poszukiwań bituminów.

Za prekursora szeroko realizowanego programu poszukiwawczego w Karpatach Środkowych i Zachodnich należy uznać K. Tołwińskiego (18, 19). Z szeregu jego wypowiedzi wypada zacytować „...można wnioskować, że neogen podkarpacki przykrywał układy mezozoiczne rozpościera się jeszcze daleko ku południowi pod nasuniętym brzegiem karpackim. Stan powyższy regionalnego dźwignia się całego systemu Karpat brzeżnych wraz z ich podłożem na południe od Krakowa — Wieliczki pozwala orzypuszczać, że w danej okolicy w neogenie pod Karpatami mogą znajdować się złoża gazowe przykryte izolującą warstwą Karpat nasuniętych...”. Dalej pisze K. Tołwiński: „...pasmo tego jurajskiego erzbietu... zanurza się w całej swojej masie pod osady neogenu Przedgórzia Karpat, a następnie rozpościera się wzdłużnie i dalej ku południowi pod Karpatami...”.

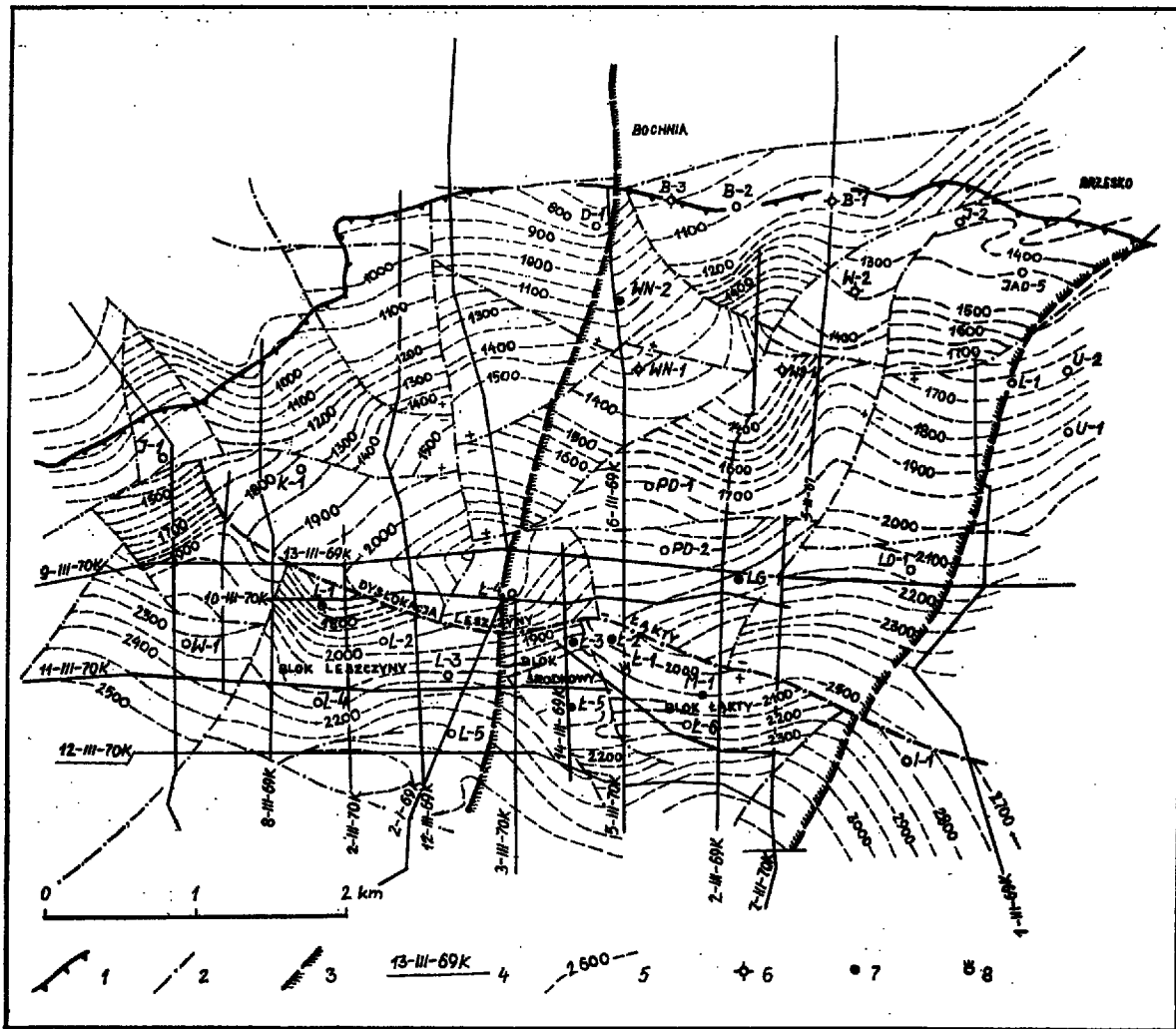
Taka była przewodnia myśl rozpoczęcia prac poszukiwawczych pod Karpatami i takie były cele po 1960 r. szeregu odwiertów sytuowanych jeszcze stosunkowo blisko od brzegu Karpat. Należą do nich Łęki Górne wiercone w 1962 r. w profilu Pilzna, a umieszczone w odległości 4 km od brzegu Karpat. W profilu Brzeska wykonano w latach 1963—1965 dwa odwierty Jadowniki 6¹ i Uszew 1. Z tych odwiertów Uszew 1 położony 8 km od brzegu nasunięcia, nie nawiercając już utworów miocenu pod Karpatami, stworzył podstawy pod poszukiwania tego miocenu w rejonie położonym na SE i SW. W profilu Dumajca odwiercono w 1966 r. odwiert Olszyny 1 z pozytywnymi wskazaniami pomiarów geofizyki wiertniczej w miocenie. Do pionierskich otworów w tej problematyce należy zaliczyć odwiert Wiśniowa IG 1 z lat 1961/62, wykonany w odległości 20 km od brzegu Karpat.

Jednocześnie z pracami wiertniczymi przy prowadzeniu badań sejsmicznych na Przedgórzu wchodzono poszczególnymi profilami pod Karpaty, ale pozytywne wyniki uzyskiwano jedynie na odległości kilku kilometrów od brzegu Karpat. Dopiero po zastosowaniu od 1968 r. aparatur sejsmicznych z magnetycznym zapisem uzyskano dobre wyniki „przy rozpoznawaniu układu przestrzennego warstw mezozoicznego podłoża, jak też utworów miocenu zalegających niezgodnie pod nasuniętymi i silnie sfałdowanymi elementami górnej pokrywy fliszowej. Wyniki te są obecnie podstawą zasadniczego przewartościowywania poglądów dotyczących możliwości kontynuowania działalności poszukiwawczej zarówno w głębszych częściach fliszu, jak i w utworach podłoża” (20).

Tak przedstawiało się teoretyczne przygotowanie do poszukiwań w Karpatach Środkowych i Zachodnich, gdy rozpoznanie tektoniczno-złożowe uzyskane na Przedgórzu (2, 3, 5, 6, 7, 9, 10) dało podstawy do opracowania szeregu projektów robót (4, 5, 16), których realizacja przyniosła odkrycie nowej przemysłowej akumulacji gazu ziemnego w Karpatach w warunkach tektoniczno-złożowych nieznanych dotychczas w Polsce.

BUDOWA GEOLOGICZNA STRUKTURY L-1

Nowo odkryte gazowo-kondensatowe złożo położone w profilu Bochni znajduje się około 12 km na S od północnego brzegu Karpat (ryc. 1). Związane jest ono z utworami mezozoicznymi, występującymi pod pokrywą osadów miocenijskich i nasuniętym płaszczem fliszowym. Odkryte zostało odwiertem L-1, którego wiercenie rozpoczęto pod koniec września 1970 r. na strukturze geologicznej udokumentowanej badaniami



Ryc. 1. Mapa strukturalna erozyjnej powierzchni jury w obszarze na S od Bochni (opracowana przez E. Jawora i W. Jaworową) na podstawie materiałów sejsmicznych PGGN Kraków i wyników wierceń.

1 — brzeg Karpat, 2 — dyslokacje, 3 — przypuszczalny zasięg piaskowców cenomanu, 4 — profile sejsmiczne, 5 — izolinia stropu utworów jury, 6 — odwierty zlikwidowane, 7 — otwory w wierceniu, 8 — odwierty z przemysłowym przyływem gazu ziemnego.

Fig. 1. Structural map of erosional surface of the Jurassic for the area to S of Bochnia (map elaborated by E. Jawor and W. Jaworowa) on the basis of seismic data from PGGN Kraków and borehole data.

1 — margin of the Carpathians, 2 — dislocations, 3 — inferred extent of Cenomanian sandstones, 4 — seismic profiles, 5 — isolines of top surface of Jurassic, 6 — boreholes finished, 7 — boreholes unfinished, 8 — boreholes penetrating industrialscale accumulations of natural gas.

sejsmicznymi¹. Zatrzymane ono zostało w maju 1971 r. przy głębokości 2374,4 m w górnej części utworów węglanowych malnu.

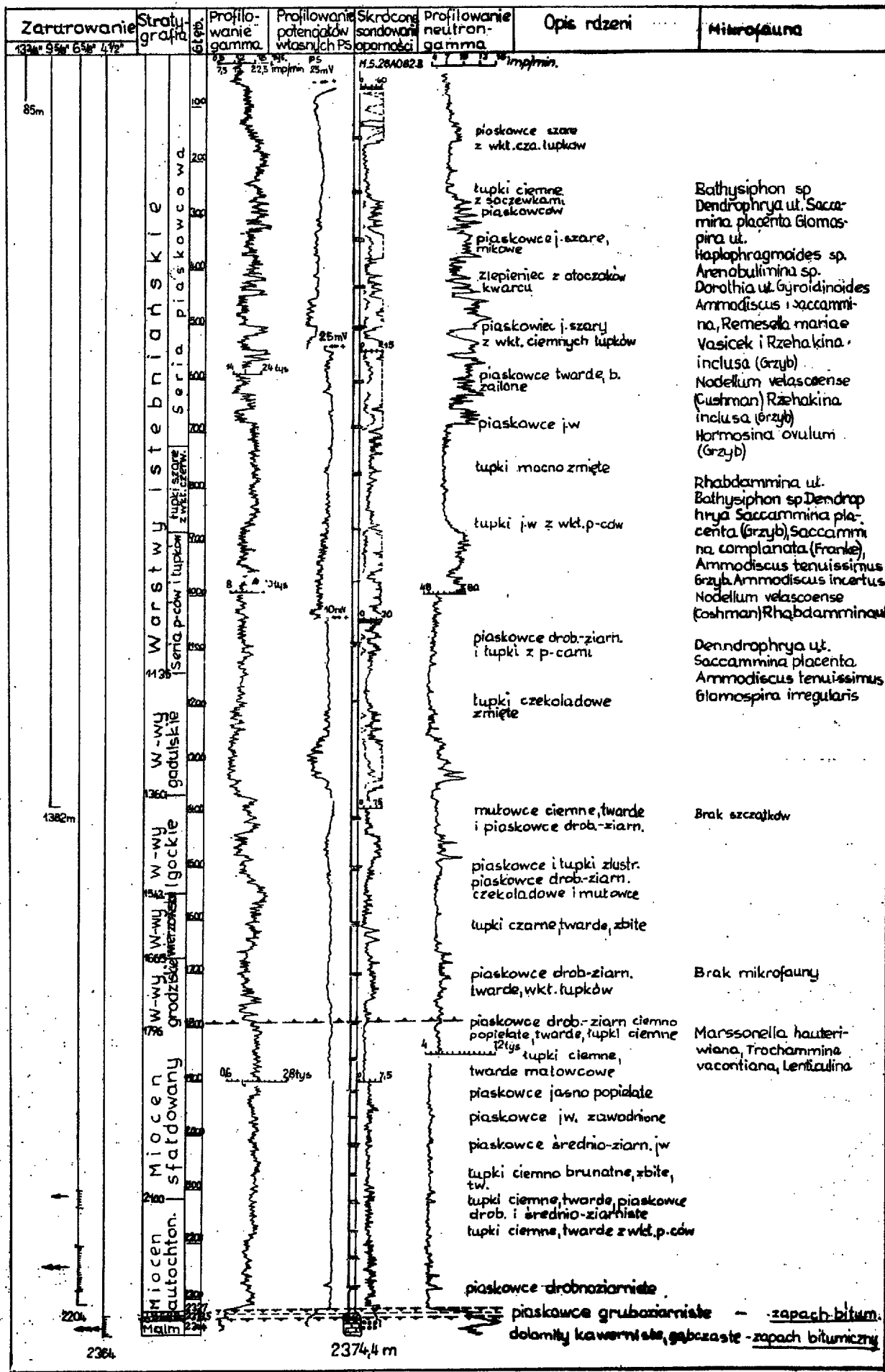
W profilu geologicznym tego wiercenia (ryc. 2) do głębokości 1796 m występują utwory fliszu karpackiego jednostki śląskiej. Składają się na nie piaskowcowo-lupkowe warstwy istebniańskie, goduńskie i dolnej kredy (Igoćkie-wierzowskie). Nachylenie warstw fliszowych rozpoznane na punktoowo pobranych rdzeniach jest zmienne i mieści się w granicach od 20 do 40°.

Pod utworami nasuniętego fliszu karpackiego, do głębokości 2827 m, przewiercono osady ilasto-mułowcowo-piaskowcowe miocenu zarówno sfałdowanego, jak i autochtonicznego. Utwory miocenu sfałdowanego występują do głębokości około 2100 m i są rozwinięte w postaci lupków i mułowców z warstewkami piaskowców o miąższości od kilku milimetrów do

paru metrów. Nachylenie warstw miocenu sfałdowanego jest zmienne, maksymalnie dochodzi do 50°. Osady miocenu autochtonicznego o miąższości 281 m wykształcone są jako szare i szarozielone mułowce i lupki laminowane piaskowcami drobno i średnioziarnistymi. W mułowcach i lupkach oprócz cienkich lamini występują ławice piaskowców o grubości kilku do kilkunastu metrów. Osady miocenu autochtonicznego w porównaniu z utworami sfałdowanymi wykazują większe zapieczenie, wzrastające systematycznie ku dołowi. W najniższej części profilu, bezpośrednio nad utworami kredy górnej, występuje około 30 m pakiet charakterystycznych osadów ilasto-marglistych. Warstwy miocenu autochtonicznego ułożone są prawie płasko, nachylenie warstw maksymalnie dochodzi do 15°.

Utwory miocenu autochtonicznego zalegają niezgodnie na osadach wapienno-marglistych kredy górnej, których miąższość w profilu odwiertu L-1 wynosi 6,5 m. Poniżej osadów węglanowych górnej kredy występują piaskowce cenomańskie. Miąższość ich

¹ Badania sejsmiczne metodą refleksyjną wykonały grupy PGGN Kraków pod kierownictwem mgr inż. B. Czumy.



Zarządzenie
133° 55' 6" 47"

Stratygrafia
Miocen sfałdowany
Miocen górzysto-wierzbicki

Profilowanie gamma
75 22.5 25mV

Profilowanie potencjałów własnych Ps
25mV 26 24 20 15 10 5

Skroścane sondowanie oporności
M.5.28A0828

Profilowanie neutron-gamma
1mprim.

Opis rdzeni

Mikrofauna

Warstwy listebniańskie
Seria piaskowcowa
W-wy gadulskie
W-wy igockie
W-wy werzobickie
W-wy grodziskie

85m
1382m
220m
2364m
2374.4m

piaskowce szare z wkt. cza. łupków
tupki ciemne z soczewkami piaskowców
piaskowce j. szare, młode
zlepienieć z otoczków kwarcu
piaskowce j. szary z wkt. ciemnych łupków
piaskowce twarde, b. załone
piaskowce j.w
tupki mocno zmięte
tupki j.w z wkt. p.ców
piaskowce drob. ziarn. i tupki z p.cami
tupki czekoladowe zmięte
mutowce ciemne, twarde i piaskowce drob. ziarn.
piaskowce i tupki zlustr. piaskowce drob. ziarn. czekoladowe i mutowce
tupki czarne, twarde, zbite
piaskowce drob. ziarn. twarde, wkt. łupków
piaskowce drob. ziarn. ciemno popielate, twarde, tupki ciemne
tupki ciemne, twarde matowcowe
piaskowce jasno popielate
piaskowce j.w. zawadnione
piaskowce średnio-ziarn. j.w
tupki ciemno brunatne, zbite, tw.
tupki ciemne, twarde, piaskowce drob. i średnio-ziarniste
tupki ciemne, twarde z wkt. p.ców
piaskowce drobnoziarniste
piaskowce gruboziarniste - zapach bitum.
dolomity kaverniste, gąbczaste - zapach bitumiczny

Bathysiphon sp.
Dendrophrya ut. Saccammina placenta Glomospira ut.
Haplophragmoides sp.
Arenobulimina sp.
Dorothia ut. Gyroidinoides
Ammodiscus i Saccammina, Remesala mariae Vasicek i Rzehakina inclusa (Grzyb)
Nodellum velascoense (Cushman) Rzehakina inclusa (Grzyb)
Hormosina ovulum (Grzyb)
Rhabdammina ut.
Bathysiphon sp. Dendrophrya Saccammina placenta (Grzyb), Saccammina complanata (Frankel), Ammodiscus tenuissimus Grzyb, Ammodiscus incertus Nodellum velascoense (Cushman) Rhabdammina
Dendrophrya ut. Saccammina placenta. Ammodiscus tenuissimus Glomospira irregularis
Brak szczątków
Brak mikrofauny
Marssonella haueri-wiana, Trochammina vacontiana, Lenticulina

Ryc. 2. Zbiorczy profil odwiertu Ł-1.

Fig. 2. Summary profile of the borehole Ł-1.

określona pomiarami geofizyki wiertniczej wynosi 10,5 m. W aparacie rdzeniowym wydobyto tylko 15 cm rdzenia wykształconego jako piaskowce różnoziarniste zbudowane z ziarn kwarcu, dobrze obtoczonych fragmentów skał kwarcytowych i ziarn glaukonitu. Rozpoznane ubogie spoiwo ilaste wpływa ujemnie na zwiezłość skały. W piaskowcu tym stwierdzono po wydobyciu na powierzchnię wyraźny „ostrzy” zapach bitumiczny. Oznaczona laboratoryjnie porowatość wydobytej próbki wynosi 10,46%, ale w aparacie rdzeniowym uzyskano prawdopodobnie najbardziej zwiezłe piaskowce, posiadające jednocześnie najgorsze własności zbiornikowe.

Z dotychczasowego rozpoznania zbiornika cenomańskiego na obszarze Przedgórze Karpat i pod Karpatami wiadomo, że piaskowce o miąższości stwierdzonej w omawianym profilu posiadają porowatość 20–30% i przepuszczalność rzędu kilku tysięcy mD. Taką też charakterystykę dla piaskowców cenomanu z profilu Ł-1 uzyskuje się w oparciu o pomiary geofizyki wiertniczej.

Pod piaskowcami cenomanu, na głębokości 2344 m, stwierdzono występowanie kawernistych dolomitów malmu. Wiercono w nich do głębokości 2374 m i przy tej głębokości, z uwagi na występujące w dalszym ciągu objawy bitumiczne w rdzeniach i rozpoczynające się ucieczki płuczki wiertniczej, wstrzymano głębienie odwiertu. Przewiercono więc 30,4 m utworów węglanowych malmu, z których uzyskano tylko 4,7 m rdzenia. Są to według badań mikroskopowych dolomity kalcytowe o zróżnicowanym wykształceniu kryształów dolomitu, tworzących podstawową masę skalną o zmiennym występowaniu „reliktovej” masy mikrytowej, kalcytowej i o zmiennej strukturze skał dolomitycznych². W rdzeniach z dolomitów malmu, podobnie jak w piaskowcach cenomanu, stwierdzono wyraźny zapach bitumiczny i objawy gazowe. Porowatość zbiornika węglanowego, oznaczona laboratoryjnie metodą nasyceniowo-wagową, waha się w granicach od 10,85 do 2,43%, przy czym maleje ona stopniowo od stropu łoża dołowi serii złożowej. Analogiczne zjawisko obserwuje się analizując wielkość współczynnika przepuszczalności. W górnej części profilu węglanowego stwierdzono przepuszczalność rzędu 350 mD, ku dołowi maleje ona i w najniższej rozpoznanej partii zbiornika złożowego wynosi już tylko kilka mD.

Zbiornik węglanowy należy do typu kawernisto-szczelinowatego i charakteryzuje się porowatością i przepuszczalnością wtórną. Wysoka porowatość i przepuszczalność związana jest z procesem dolomitacji, któremu sprzyjała zapewne sieć dyslokacji występujących w tym rejonie. Szczególnie dużą rolę w procesie dolomitacji odegrać mogły dyslokacje regionalne.

Strukturę geologiczną, z którą związana jest akumulacja gazu ziemnego można zaliczyć do typu blokowego. Element ten ograniczony jest od N regionalną dyslokacją nazwaną dyslokacją L-Ł (ryc. 1, 3a, 3b, 3c), która biegnie z NW ku SE. Dyslokacja ta wynosi całą strukturę w utworach mezozoicznych i trzeciorzędowych w stosunku do zapadniętego obszaru po jej północnej stronie, w granicach 250–400 m. Ma ona charakter nasuwawczy i przemieszcza także utwory tertonu. Zasięg jej w obrębie utworów fliszowych nie został dotychczas rozpoznany.

² Analizy dotyczące charakterystyki skał zbiornikowych i występującego w nich medium wykonano w poszczególnych pracowniach Laboratorium PPN Kraków pod kierunkiem mgr inż. Z. Heibickiej, mgr M. Dohmała i mgr K. Wittek. Badania mikrofaunistyczne wykonano pod kierunkiem dr Z. Kirchnera.

Cała struktura L-Ł rozdzielona jest dyslokacjami prostopadymi do dyslokacji regionalnej, na trzy mniejsze bloki tektoniczne poprzemieszczane względem siebie w granicach od kilkudziesięciu do ponad 100 m. Najniżej zalega blok wschodni, najwyżej zachodni, a wszystkie zapadają ku S, przy czym gradient zanurzenia się powierzchni jurajskiej waha się w granicach 100 m na 1 km.

Piaskowce cenomanu osadziły się niezgodnie na uformowanej już tektoniczno-erozyjnej powierzchni malmu i w dużym stopniu naśladują jej ukształtowanie (16). Z szerszego rozpoznania sedimentacyjnego zbiornika i rozwoju litologicznego piaskowców cenomańskich wynika, że na omawiany obszar wkraczają one od północy (ryc. 1). Strefa maksymalnych miąższości piaskowców przechodzi przez obszar Wiśnicz i przedłuża się ku S (3). W kierunku E i W od tej strefy miąższość piaskowców stopniowo maleje, aż do całkowitego ich wyklinowania się na brzegach niecki jurajskiej, co udokumentowały prace geologiczno-wiertnicze prowadzone w sąsiedztwie. W obszarze struktury L-Ł zasięg i rozwój piaskowców nie jest znany. Na E od odwiertu Ł-1 spodziewany jest pełniejszy rozwój piaskowców, a w kierunku zachodnim stopniowa ich redukcja, aż do sedimentacyjnego wyklinowania. Z sedimentacyjnym zmniejszaniem się miąższości związane są zmiany facjalne, a te wpływają na pogorszenie się cech zbiornikowych. Przewiduje się, że piaskowce cenomanu rozwinięte są jeszcze na bloku środkowym i na wschodniej części bloku zachodniego.

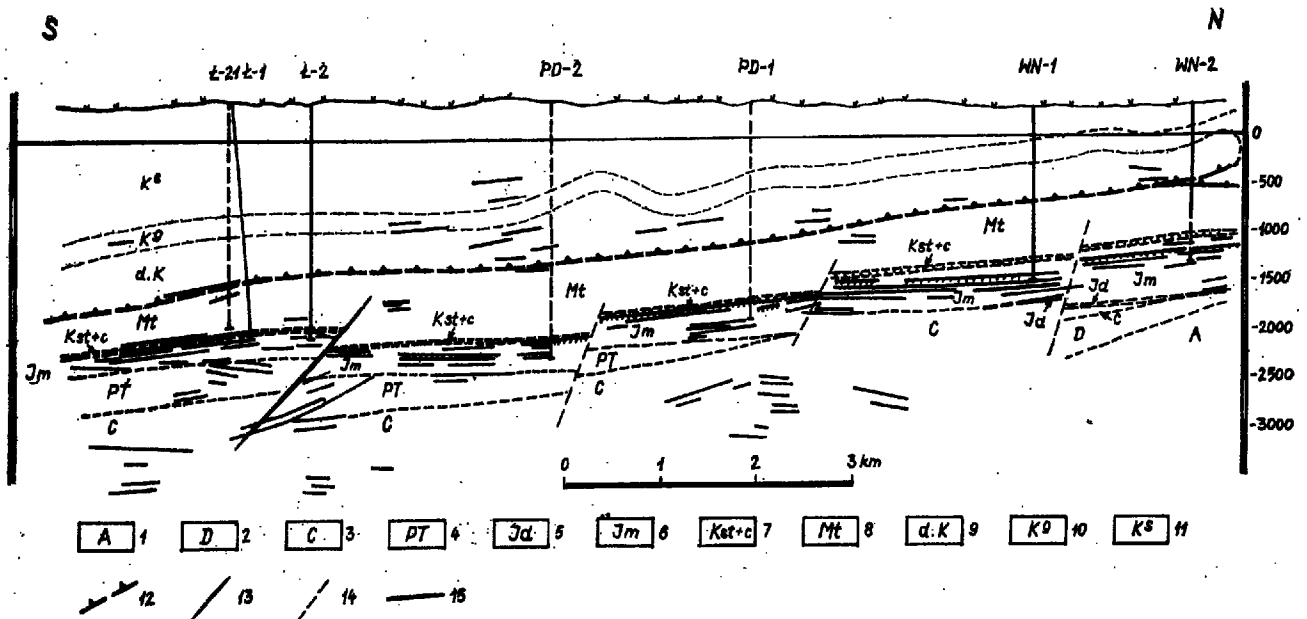
Podobnie jak nieznany jest dotychczas zasięg piaskowców cenomanu nie znany jest jeszcze również zasięg kawernistych dolomitów malmu. W najbliższym sąsiedztwie odwiertu Ł-1 uzyskano je około 8 km na N w profilu wiercenia Wiśnicz Nowy i w profilu Wiśniowa IG-1 wykonanym około 20 km na W. Poza tym wiadomo, że złożo gazu ziemnego w rejonie Tarnowa związane jest z utworami malmu, których własności kolektorskie uległy znacznej poprawie w wyniku działalności procesu dolomitacji (11). W pozostałych profilach pod marglami senonu lub bezpośrednio pod osadami tertonu uzyskiwano zbite wapienie.

FORMA GEOMETRYCZNA I USZCZELNIENIE

Jak podano poprzednio zagadnienie geometrycznej formy złoża zostało rozpoznane na podstawie badań sejsmicznych i ich geologicznej interpretacji. Nagromadzenie gazu ziemnego związane jest z kredowymi piaskowcami cenomanu i jurajskimi dolomitami malmu. Piaskowce cenomanu zalegają niezgodnie na wapieniach jury, analogicznie jak na rozpoznanych w powiecie bocheńskim złożach ropy naftowej G-P (6). Dolomity jury nasycone są gazem ziemnym w swej stropowej przyerozyjnej partii, analogicznie jak na wymienionych wyżej złożach ropy naftowej oraz na złożu gazu ziemnego w rejonie tarnowskim, gdzie występują bezpośrednio pod marglami górnej kredy (11).

Powierzchnia erozyjna jury i zalegający na niej niezgodnie piaskowce cenomanu zanurzają się w kierunku S i SE i w związku z tym każda dyslokacja prostopadła do kierunku upadłu może zamykać od strony wzniosu drogi migracji i może być ekranem dla przemieszczających się w tym kierunku mediów. Znaczenie złożotwórcze takich dyslokacji dla sąsiednich złóż ropy naftowej i gazu ziemnego w utworach mezozoicznych na Przedgórzu zostało udokumentowane (3, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12).

Dla akumulacji Ł barierą — ekranem, na której zatrzymała się migracja, jest omówiona poprzednio nasuwawcza dyslokacja L-Ł o kierunku NW-SE (ryc. 1, 3a, 3b, 3c), wzdłuż której złożowa seria piaskowców cenomanu i wapieni malmu kontaktuje z

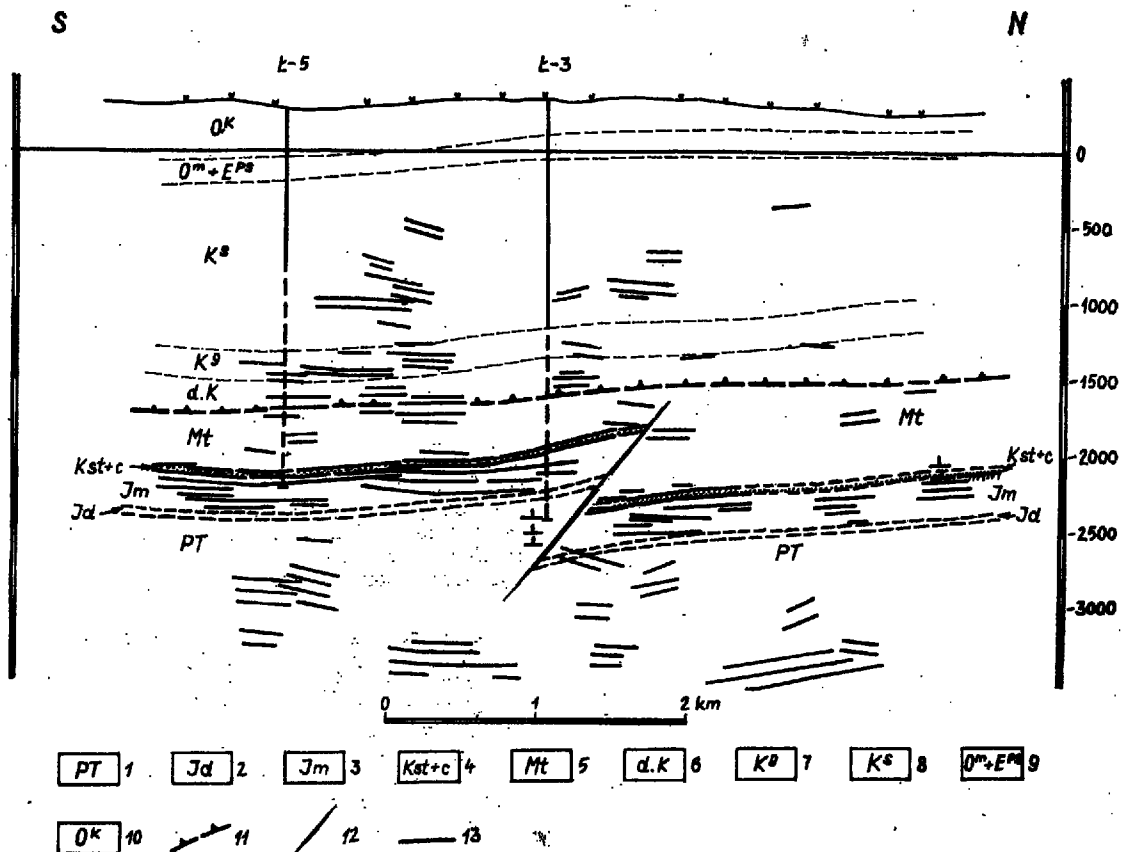


Ryc. 3a. Profil sejsmiczny 6 III 69K z interpretacją geologiczną E. Jawora i W. Jaworowej.

1 — prekambryj, 2 — dewon, 3 — karbon, 4 — permotrias, 5 — dogger, 6 — malm, 7 — kreda (cenoman, turon, senon), 8 — miocen (torton dolny), 9 — dolna kreda (fliszowa), 10 — warstwy godulskie, 11 — warstwy istebniańskie, 12 — płaszczyna nasunięcia fliszowego, 13 — dyslokacja L—L, 14 — dyslokacje, 15 — refleksy sejsmiczne.

Fig. 3a. Seismic profile, 6 III 69K, with geological interpretation by E. Jawor and W. Jaworowa.

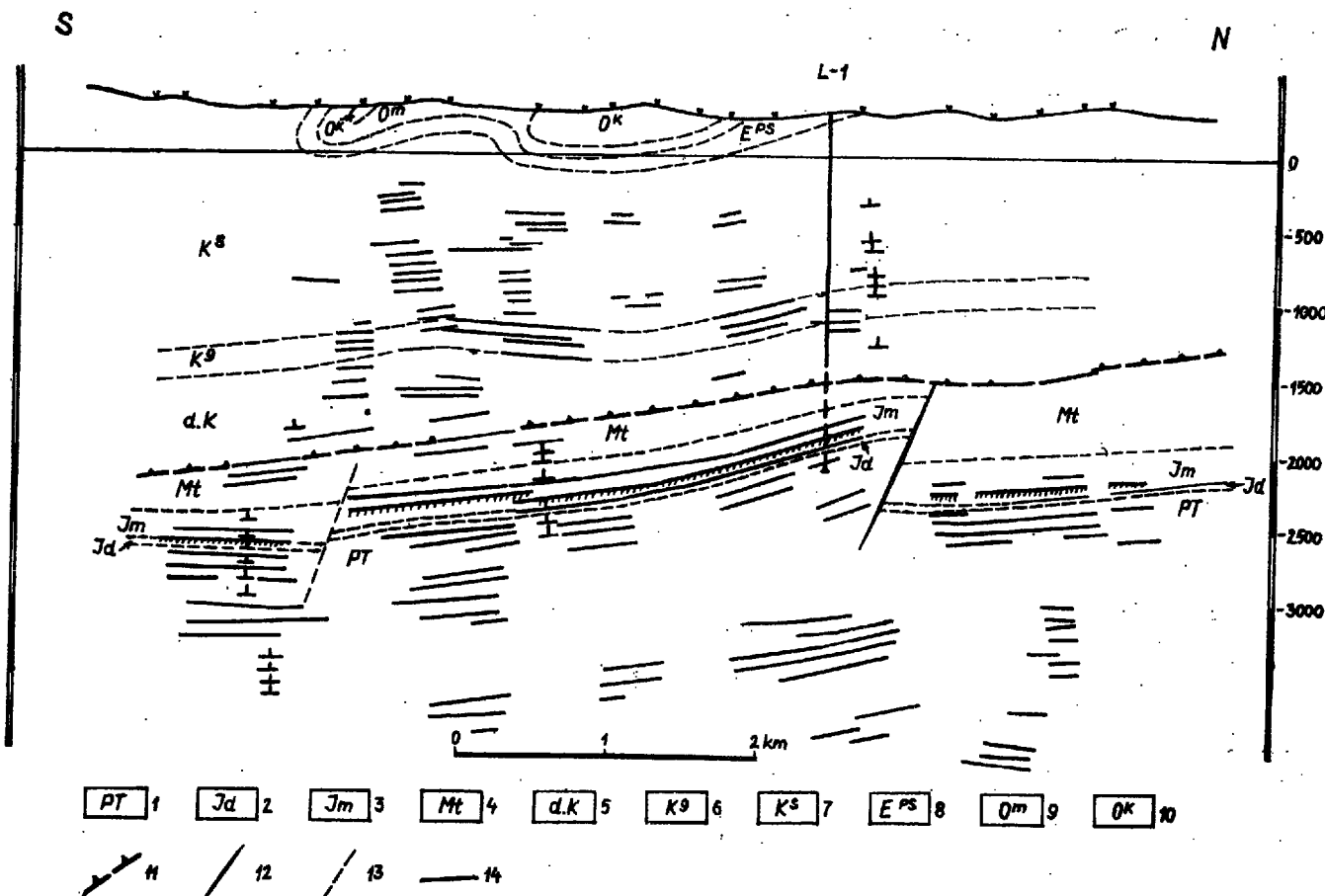
1 — Precambrian, 2 — Devonian, 3 — Carboniferous, 4 — Permian-Triassic, 5 — Dogger, 6 — Malm, 7 — Cretaceous (Cenomanian, Turonian, Senonian), 8 — Miocene (Lower Tortonian), 9 — Lower (Flysch) Cretaceous, 10 — Godulskie beds, 11 — Istebna beds, 12 — plane of the Flysch overthrust, 13 — dislocation L — L, 14 — dislocations, 15 — seismic reflections.



Ryc. 3b. Profil sejsmiczny 14 III K69 z interpretacją geologiczną E. Jawora i W. Jaworowej.

1 — permotrias, 2 — dogger, 3 — malm, 4 — kreda (cenoman, turon, senon), 5 — miocen (torton dolny), 6 — dolna

kreda (fliszowa), 7 — warstwy godulskie, 8 — warstwy istebniańskie, 9 — łupki pstry i warstwy menilitowe, 10 — warstwy krośnieńskie, 11 — płaszczyna nasunięcia fliszowego, 12 — dyslokacja L—L, 13 — refleksy sejsmiczne.



Ryc. 3c. Profil sejsmiczny 2 III 70 z interpretacją geologiczną E. Jawora i W. Jaworowej.

Fig. 3c. Seismic profile, 2 III 70, with geological interpretation by E. Jawor and W. Jaworowa.

1 — permotrias, 2 — dogger, 3 — malm, 4 — miocen (orton dolny), 5 — dolna kreda (fliszowa), 6 — warstwy godulskie, 7 — warstwy istebniańskie, 8 — pstre łupki eocenne, 9 — warstwy menillitowe, 10 — warstwy krośnieńskie, 11 — płaszczyzna nasunięcia fliszowego, 12 — dyslokacja L-Ł, 13 — dyslokacje, 14 — refleksy sejsmiczne.

1 — Permian-Triassic, 2 — Dogger, 3 — Malm, 4 — Miocena (Lower Tortonian), 5 — Lower (Flysch) Cretaceous, 6 — Gołdulska beds, 7 — Istebna beds, 8 — mottled Eocene slates, 9 — menillite beds, 10 — Krosno beds, 11 — plane of the Flysch overthrust, 12 — dislocation L — Ł, 13 — dislocations, 14 — seismic reflections.

ilami i mułowcami miocenu obniżonej o około 250–400 m strefy północnej. Ten typ dyslokacyjnego zamknięcia, charakter skał zbiornikowych (piaskowce, dolomity i wapienie), erozyjna powierzchnia utworów jurajskich z niezgodnie zalegającym piaskowcem cenomańskim, niezgodnie przykrycie skał zbiornikowych utworami miocenu, mogą sugerować występowanie masywowego charakteru nagromadzenia gazu ziemnego związanego przy tym z zamknięciami dyslokacyjnymi i ze stratygraficznym wyklinowywaniem się piaskowca kredowego (1).

Oprócz zasadniczej, o charakterze złożotwórczym prawie równoleżnikowej dyslokacji L-Ł, rozpoznano szereg uskoków o przebiegu zbliżonym do południkowego o kilkudziesięciometrowych amplitudach. Dyslokacje te mogą nie mieć wpływu na rodzaj medium nasycającego zbiornik, a mogą jedynie (w granicach kilkudziesięciu metrów) przemieszczać poziom wody podścielającej, która na bloku Ł występuje

Fig. 3b. Seismic profile, 14 III K69, with geological interpretation by E. Jawor and W. Jaworowa.

1 — Permian-Triassic, 2 — Dogger, 3 — Malm, 4 — Cretaceous (Cenomanian, Turonian, Senonian), 5 — Miocene (Lower Tortonian), 6 — Lower (Flysch) Cretaceous, 7 — Gołdulska beds, 8 — Istebna beds, 9 — mottled slates and menillite beds, 10 — Krosno beds, 11 — plane of the Flysch overthrust, 12 — dislocation L — Ł, 13 — seismic reflections.

poniżej 2374,4 m. Może jednak zaistnieć sytuacja, że na bloku obniżonym o większy wymiar zostaną stwierdzone inne stosunki nasyceniowe.

Drugim ważnym czynnikiem utrzymania akumulacji i ochrony złoża jest nieprzepuszczalny nadkład. W profilu pionowym omawianej struktury za skały nieprzepuszczalne należy uznać: 6-metrowy w tym profilu pakiet margli senońskich oraz około 500-metrowy kompleks utworów miocennych sfaldowanych i autochtonicznych, w którym partie ilowcowe, a więc hydrogeologicznie szczelne zajmują średnio 60% całego profilu. O nieprzepuszczalności tych utworów świadczy fakt, że po perforacji poziomów miocennych położonych 43 m nad stropem warstw mezozoicznych, uzyskano gaz ziemny typowy dla tej serii, a różny od gazu mezozoicznego.

Dodatkowym elementem izolacyjnym i to wspólnym dla złóż mezozoicznych i miocennych jest kompleks fliszowych utworów karpaccyckich o miąższości (w tym rejonie) rzędu 1800 m, w którym warstwy godulskie, lgockie i wierzowskie w ich łupkowym wykształceniu są seriami, które mimo możliwości spekań grubofawicowych piaskowców, zamykają drogi migracji ku powierzchni.

Taki kompleks warstw górotworu karpaccyckiego o miąższości rzędu 2 km, nasunięty na keno-mezozoiczne podłożo w profilu: Wiśniowej na odległość 18 km, a w profilu Bochni na odległość 13 km — jest uzupełniającym płaszczem uszczelniającym, a

włąc automatycznie jednym z czynników dokumentujących perspektywiczność tego rejonu geologicznego.

MIGRACJA

W obrębie Zapadlika Przedkarpackiego zarówno przed, jak i pod nasunięciem karpackim rozpoznano dotychczas akumulacje gazu ziemnego związaną z utworami miocenu i akumulacją ropy oraz gazową związaną ze stropową częścią profilu malmu pod erozyjną powierzchnią jury i ewentualnie z zalegającym na niej piaskowcem cenomańskim. Przy rozpoznaniu nachyleniu powierzchni mezozoicznej ku S, przy dodatkowym nacisku nasuniętych od S Karpat, biorąc pod uwagę dotychczasowe rozpoznanie rozmieszczenia złóż i charakter nasycającego je medium zaczyna przeważać hipoteza, że migracja bituminów, która w efekcie dała istnienie do dzisiaj rozpoznanych złóż mogła iść tylko od S (2, 3, 7, 9-12).

Udokumentowano, że przy migracji lateralnej w miarę powiększania głębokości, a więc w miarę zbliżania się do pierwotnego źródła rozpoczęcia migracji zmienia się typ występujących bituminów od najcięższych rop naftowych na najmniejszych głębokościach przez ropy lżejsze od złóż gazowych, czy gazowo-kondensatowych występujących na większych głębokościach, a więc w warunkach wyższych temperatur i wyższych ciśnień. Zgodne to jest z prawem, że w pułapkach położonych najbliższej źródeł będą się gromadzić węglowodory najlżejsze (Gusow vide A. Levorsen (13). Przyjmując za H. Kozłowski (9) za prazródło bituminów utwory karbonu, za czas maksymalnego nasilenia procesów migracji należy uznać okres nasuwania się fliszu karpackiego. Według Sokółowa (vide A. Marzec, H. Kozłowski (9) powstanie węglowodorów przebiega najintensywniej w granicach temperatur 125-250 °C, co odpowiada głębokości rzędu 5000 m — przy gradientzie temperatury 2,5 °C/100 m — na te głębokości zanurzyły się utwory karbonu dopiero po nasunięciu się Karpat.

Wiek osadów miocenijskich w profilu Ł-1 określony jest na dolnotortoniskie. Omówiona poprzednio dyslokacja równoleżnikowa przemieszcza osady miocenu, a więc jest ona młodsza od tych osadów. W konsekwencji tego z omówionych zależności musi się przyjąć, że rozpoznane nagromadzenie gazu ziemnego jest bardzo młode, młodsze niż dyslokacja, a zatem już podolnotortoniskie (2, 3).

MEDIUM WYSTĘPUJĄCE W PROFILU ODWIERTU Ł-1

W odwiercie Ł-1 uzyskano przepływ gazu z dużą zawartością kondensatu z utworów mezozoicznych oraz gaz z małą zawartością ciężkich węglowodorów z utworów miocenu. W chronologicznym porządku uzyskano najpierw w wyniku zapiecia próbnika złożowego K-III-95 — przepływ gazu ziemnego z piaskowców cenomanu. Wykonana analiza dokumentuje, że jest to gaz wysoko gazolimowy o zawartości ciężkich węglowodorów C_{3+} — 85,14 g/m³.

W wyniku dalszego oprobowania po perforacji i zapianiu próbników złoża na przewodzie stwierdzono w kilku poziomach profilu miocenu występowanie gazu ziemnego o charakterystyce: gęstość gazu względem powietrza g_g — 0,570 do 0,572; zawartość w % obj.: CH_4 — 92,23 do 97,70; C_2H_6 — 0,92 do 1,25; C_3H_8 — 0,23 do 0,28; C_4H_{10} — 0,24 do 0,30; C_5H_{12} — 0,06 do 0,15; N_2 — 0,50 do 0,97 oraz C_{3+} — 14,16 do 17,35 g/m³.

W drugim etapie uzyskano przepływ gazu w wyniku oprobowania niezarurowanego odwiertu w spągowej części otwartego profilu malmu po kwasowaniu poziomym o miąższości 10,4 m. Trzeci etap prac to otwarcie przez perforację 12-metrowego interwału malmu i 10,5-metrowego interwału piaskowca cenomanu i oprobowanie metodą klasyczną przez zapuszczenie

rukawek syfonowych. Z tego połączonych poziomów uzyskano gaz o charakterystyce (z dnia 12 XII 1971 r.) gęstość gazu — g_g — 0,684; zawartość w % obj.: CH_4 — 87,67; C_2H_6 — 4,87; C_3H_8 — 2,35; C_4H_{10} — 2,01; C_5H_{12} — 1,20; C_6H_{14} — 0,67; N_2 — 1,20 i C_{3+} w ilości 170,66 g/m³.

Wyniki analiz dokumentują, że gaz ziemny uzyskany z piaskowców cenomanu, oddzielnie z wapieni jury oraz łącznie z wapieni jury i piaskowców cenomanu jest jednym medium w prawie identycznych parametrach, a różnice w ilości cięższych węglowodorów C_{3+} można tłumaczyć okresem wywoływania produkcji. Gaz ziemny uzyskany z utworów mezozoicznych różni się natomiast diametralnie od gazu ziemnego uzyskanego z piaskowców i mułowców miocenu.

Gas ten zarówno swoim składem, jak i zawartością cięższych węglowodorów jest zbliżony do gazów uzyskiwanych ze złóż gazowo-kondensatowych. Według Pollarda (15) analiza gazu jednego ze złóż gazowo-kondensatowych, wykonana w temperaturze 122 °C i ciśnieniu 65 kG/cm², wykazała skład w % obj.: CH_4 — 75,57; C_2H_6 — 10,68; C_3H_8 — 5,23; C_4H_{10} — 2,92; C_5H_{12} — 2,70; C_6H_{14} — 0,92; CO_2 — 2,82; N_2 — 2,29. Wynik ten jest zbliżony do wyniku analizy gazu mezozoicznego, uzyskanego z odwiertu Ł-1.

W czasie oprobowywania odwiertu Ł-1 w jego mezozoicznych poziomach uzyskano oprócz gazu przepływ cieczy węglowodorowej, której średnie parametry przedstawiają się następująco: c. w. w temperaturze 15 °C — 0,7305 do 0,7640, a w temperaturze 20 °C — 0,7358 do 0,7693; lepkość w cSr w T = 20 °C 1,030 do 1,267; temperatura krzepnięcia poniżej — 30 °C; początek wrzenia: 38,0 °C do 68,0 °C; destylacja frakcjonowana do 150 °C — 36,5 do 65,5%; do 200 °C — 70,0 do 86,5%; od 250 °C — 89,5 do 95,5%. Średnie zawartości frakcji benzynowej — 60,0 do 80,0%; frakcji naftowej: 18,0 do 37,0% oraz olejów parafinowych: 2,5 do 4,9%. Oprócz kondensatu w czasie „syfonowania” odwiertu stwierdzono występowanie „hydratu”.

Zarówno analizy gazu ziemnego, jak ilość węglowodorów ciężkich C_{3+} i analiza chemiczna uzyskanej cieczy (kondensatu) i wypadanie hydratu upoważniają do zaliczenia złoża Ł, występującego w mezozoiku do złóż gazowo-kondensatowych (13, 20). Według tych oraz innych autorów do złóż gazowo-kondensatowych zalicza się także, w których zawartość kondensatu przekracza wartość 135 cm³/m³, a zawartość CH_4 w gazie jest niższa od 90% objętościowych. Ciężar właściwy płynu występującego w złożach gazowo-kondensatowych jest mniejszy od 0,7798 G/cm³, a w skład jego oprócz przeważającej ilości frakcji benzynowej, nieznacznej ilości frakcji naftowej wchodzi oleje parafinowe.

Złoża gazowo-kondensatowe mogą występować już w granicach ciśnień większych od 140 kG/cm² i temperatur niższych od 37,6 °C (15), lecz większość złóż tego typu występuje przy ciśnieniach większych od 210 kG/cm² i przy temperaturach wyższych od 90 °C. Około 90% tego typu złóż leży na głębokościach większych od 1500 m, ale około 60% na głębokościach poniżej 2100 m. Omawiane przez nas mezozoiczne złożo Ł występuje na głębokości rzędu 2400 m, a jeśli chodzi o obecne warunki termodynamiczne to posiada: $p_{ds} = 240,95$ at; $p_{gs} = 199,7$ atn; $T_{21} = 340$ °K; $T_{g1} = 290$ °K — pomierzone w LX.1971 r.

Złożo gazu ziemnego w miocenie, otwierane przez perforację i zapianie próbnika złoża w interwałach 2204-2286 m, nie ma pomierzonych miarodajnie ciśnień złożowych, bo w próbnikach zapianych po perforacji stwierdzono po 75 minutach maksymalnie p_{gs} ok. 1188 at; przy $p_{gs} =$ ok. 120 atn. orzy $g_g = 0,570$. Temperatura na tej głębokości wynosiła 330 °K, przy temperaturze na głowicy 280 °K.

Jeżeli chodzi o trzecią fazę nasycająca skały porowate, a mianowicie o wodę złożową, to dotychczas w oprobowywanym odwiercie z utworów mezozoiku

nie uzyskano jej i dlatego nie można określić głębokości występowania wody podścielającej, a więc i wysokości złoża. Mineralizacja wody jurajskiej znana z rejonów sąsiednich wynosi 120,0 g/l. Jest to woda typowa dla serii jury górnej Przedgórze, a mianowicie chlorkowo-wapniowa (odw. Brz.-1). Również z rejonów sąsiednich znana jest mineralizacja i typ wody złożowej, związanej z piaskowcem cenomanu. Jest to woda o mineralizacji rzędu 100,0 g/l typu chlorkowo-wapniowego (odw. J-5). Taką wielkość mineralizacji można więc przyjąć przy obliczaniu na podstawie pomiarów geofizyki wiertniczej wielkości zawodnienia.

GEOFIZYCZNE ROZPOZNANIE SERII ZŁOŻOWEJ

Dla rozpoznania przewierconego profilu, określenia parametrów złoża wykonano obowiązujące pomiary geofizyki wiertniczej, a mianowicie z grupy badań elektrycznych: standardowe dla rejonu skrócone sondowanie oporności sondami B5, 70AO, 40 m; M5, 28AO, 32B i B4, 48A1, 62M; profilowanie potencjałów własnych PS; mikroprofilowanie profilu mezozoicznego, pomiar średnicy odwiertu i inklinometr. Z grupy pomiarów radioaktywnych wykonano profilowanie gamma, gamma-gamma i neutron-gamma. Z grupy pomiarów bitumicznosci przeprowadzono ciągle profilowanie gazowe w profilu miocenu i mezozoiku.

W wyniku interpretacji badań geofizyki wiertniczej wyznaczono dokładnie miąższość piaskowca cenomanu i określono jakoścoś, że poziom ten charakteryzuje się ujemną anomalią PS, nieznacznym zalieniem na krzywej gamma, podwyższoną porowatością na krzywej neutron-gamma oraz takim zapiskiem na wykresie mikroprofilowania, jaki uzyskuje się dla serii o dużej porowatości. Na podstawie zapisu sondy gradientowej M5, 28AO, 32B określono oporność pozorną piaskowca na 130 Ω m, zdając sobie sprawę, że przy tej miąższości może ona być zaniżona. Porowatość w wysokości $P=20\%$ obliczono z krzywych MPO, na podstawie zbioru krzywych interpretacyjnych Schlumbergera².

Analogiczne parametry określono dla poziomu jurajskiego. W zapisie PS cechuje się on również ujemną anomalią i również zapis neutron-gamma, z wyjątkiem 3 m wkładki zbitej, wskazuje na porowatą serię. Oporność pozorną warstw określono na rzęd od 500 Ω m do 250 Ω m, dla serii poniżej 2350 m. Zapis mikroprofilowania wskazuje na skały porowate o zmiennej porowatości bądź na skały szczelinowate. Współczynnik porowatości wapieni jurajskich określony metodą wyżej opisaną wynosi 10%.

Przebadane przez perforacje utwory autochtonicznego miocenu charakteryzują się opornością pozorną rzędu 10 Ω m, nieznaczną ujemną anomalią na krzywej PS, zróżnicowanym zalieniem na krzywej gamma oraz wychyleniu w prawo poszczególnych poziomów na krzywej neutron-gamma.

LITERATURA

1. Brod J. D., Jeremienko N. A. — Geologia złóż ropy naftowej i gazu ziemnego. Wyd. Geol., 1957.
2. Jawor E. — Warunki złożowe strefy Grobla—Piawowice na tle tektoniki głębokiej obszaru na wschód od Krakowa. PAN Prace geol., 1971 (w druku).
3. Jawor E. — Bieżące rozpoznanie i możliwości odkrycia przemysłowych akumulacji w piaskowcach cenomanu w obszarze położonym na połud-

² Obliczenia wykonała mgr inż. T. Kulaga — geofizyk PPN Kraków.

nie od Bochni — Brzeska. Geofiz. i Geol. naft. 1971, nr 1, 2.

4. Jawor E., Jawor W. — IV aneks do projektu robót geologicznych w rejonie Kraków — Brzesko — Proszowice dotyczący badania utworów cenomanu w obszarze na południe od Bochni — Brzeska. PPN, Kraków, 1970.
5. Jawor E., Jawor W. — Aneks do projektu badań geologicznych struktur podkarpackiego podłoża mezozoicznego w rejonie Bochnia — Tarnów — dotyczący badania utworów cenomanu i jury w obrębie struktur Leszczyny — Łąki. Ibidem, 1971.
6. Jawor E., Kruczek J. — Zarys tektoniki i stosunków złożowych pola ropnego w rejonie Bochni. Geofiz. i Geol. naft. 1965, nr 4.
7. Karnkowski P. — Formowanie się złóż ropy naftowej i gazu ziemnego na tle geologii Przedgórze Karpat Polskich. Wyd. Geol. 1969.
8. Kisiów A. — Regionalna tektonika transwersalna w zagadnieniu powstawania koncentracji węglowodorów na Przedgórzu Karpat. Nafta, 1969, nr 1.
9. Kozikowski H. — Perspektywy odkrycia złóż ropy naftowej i gazu ziemnego pod filizem i w jego podłożu. Ibidem, 1958, nr 5.
10. Kruczek J. — Pierwsze rozpoznanie prawideł rozmieszczenia złóż ropno-gazowych w obrębie Przedgórze Karpat Zachodnich. Ibidem, 1968, nr 4.
11. Kruczek J., Sas-Korczyński S. — Warunki nagromadzenia gazu ziemnego w utworach jury górnej i miocenu w rejonie Tarnowa. Geofiz. i Geol. naft. (w druku).
12. Kruczek J., Sas-Korczyński S. — Wybrane zagadnienia z geologii złożowej rejonu tarnowskiego. Ibidem (w druku).
13. Levorsen A. — Geologia ropy i gazu. Moskwa, 1970.
14. Marzec A., Kozikowski H. — Nowa metoda geochemicznej korelacji rop naftowych dla geologicznego określenia optymalnych stref poszukiwań w Karpatach i na ich Przedgórzu. Nafta, 1971, nr 4—6.
15. Pollard T. A., Howard B. — Gazokondensatnyje miastorozhdenija. Sprawozdanie po eksploatacji nieftianych miastorozhdenij. Moskwa, 1965.
16. Poltowicz S. — Projekt badań geologicznych struktur podkarpackiego podłoża mezozoicznego w rejonie Bochnia — Tarnów. PPN, Kraków, 1970.
17. Tokarski A., Jawor E. i in. — Dalsze opracowanie zasad naukowych metod poszukiwań złóż ropy i gazu oraz oceny zasobów prognostycznych ropy i gazu w perspektywicznych rejonach zainteresowanych krajów członkowskich RWPG; t. 2 — Podstawowe naukowe zasady i metody poszukiwań złóż ropy i gazu oraz oceny zasobów prognostycznych w rejonach związanych z zapadliskiem brzeżnym. PPN, Kraków, 1969/70.
18. Tołwiński K. — Główne elementy tektoniczne Karpat z uwzględnieniem górotworu Saliidów. Acta geol. pol. vol. VI, 1956.
19. Tołwiński K. — Zagadnienie poszukiwawcze naftowo-gazowe w Polsce w planie perspektywicznym 1958—1975. PPN, Kraków, 1958.
20. Żytka J. — Pięcioletni okres działalności Przedsiębiorstwa Geofizyki Górnictwa Naftowego w Krakowie. Geofiz. i Geol. naft. 1971, nr 3.
21. Zdanow M. A. — Nieftiegazopromysłowaia geologija i podsczoł zapasow niefti i gaza. Moskwa, 1970.

SUMMARY

The paper concerns the discovery of new, industrial-scale accumulation of natural gas in the western Carpathians, in tectonic-ore conditions not previously found in Poland. The newly found natural-gas-condensate accumulation occurs in the Bochnia profile, about 12 km to S of northern margin of the Carpathians (Fig. 1). The accumulation is related to Mesozoic deposits overlaid by Miocene sedimentary cover and overthrust Flysch series. The geological structure of which the natural-gas accumulation is related may be classified as of the block type. The whole structure embraces three tectonic blocks, translocated in relation to one another along a distance a few tens to over 100 m.

Geometry of the gas field was reconstructed on the basis of seismic data and their geological interpretation. This accumulation of natural gas is related to Cenomanian sandstones and Malm dolomites.

РЕЗЮМЕ

В статье описывается новооткрытая залежь природного газа в Западных Карпатах, залегающая в условиях, которые до этого не были известны на территории Польши. Эта залежь располагается в районе Бохни, в 12 км к югу от северного края Карпат (рис. 1). Она приурочена к мезозойским породам, перекрытым миоценом и задвинутым флишевым чехлом. Геологическая структура, к которой приурочена залежь, относится к блоковому типу. Вся структура разбита на три тектонических блока меньшей величины, которые смещены по отношению друг друга на десятки и более 100 м.

Геометрическая форма залежи была определена по сейсмическим данным и их геологической интерпретации. Скопления газа распространены в сеноманских песчаниках и мальмских доломитах.