

## NOWE ODKRYCIA ZŁÓŻ GAZU ZIEMNEGO I DALSZE PERSPEKTYWY BADAŃ WE WSCHODNIEJ CZĘŚCI ZAPADLIŚKA PRZEDKARPACKIEGO W POLSCE

UKD 553.981:550.834(438 – 924.51/.54)

Obszar zapadliśka przedkarpacciego w Polsce, o powierzchni perspektywicznej 17 000 km<sup>2</sup>, jest od ponad 40 lat terenem intensywnych poszukiwań naftowych. W obszarze tym wykonano dużą ilość poszukiwawczych prac geofizycznych i wiertniczych. W zapadliśku odkryto dotychczas 48 złóż gazu ziemnego oraz 6 złóż ropy naftowej w podłożu utworów miocenu. Objawy i małe akumulacje ropy naftowej stwierdzono również w utworach mioceńskich.

W zapadliśku przedkarpaccim eksploatację gazu ziemnego rozpoczęto w 1947 r., a ropy naftowej w 1958 r. Bardzo duży rozwój poszukiwań i eksploatacji nastąpił po 1960 r. Do końca 1987 r. wydobyto ok. 71 mld nm<sup>3</sup> gazu ziemnego, wysokometanowego i wysokokalorycznego oraz 3,6 mln t ropy naftowej. W obszarze tym, w rejonie Przemysła, odkryto największe w Polsce złoża gazu ziemnego wysokometanowego o zasobach wydobywalnych blisko 80 mld nm<sup>3</sup>. W obszarze tego złoża prowadzi się prace rozpoznawcze.

Odkryte dotychczas złoża gazu ziemnego są bardzo zróżnicowane pod względem wielkości – od kilku km<sup>2</sup> do kilkudziesięciu km<sup>2</sup> powierzchni – i zasobności – od dziesiątków milionów nm<sup>3</sup> do kilkudziesięciu miliardów nm<sup>3</sup> gazu ziemnego. Uzyskano tutaj wysoki wskaźnik rozpoznania wiertniczego, wyrażony liczbą metrów bieżących wierceń poszukiwawczych przypadających na 1 km<sup>2</sup> powierzchni perspektywicznej. Na koniec 1986 r. wskaźnik

ten wynosił dla kraju ogółem 34,9 m/1 km<sup>2</sup>, w Karpatach 98 m/1 km<sup>2</sup>, a w zapadliśku przedkarpaccim 146,8 m/1 km<sup>2</sup>.

Obszar ten jest nadal wysoce perspektywiczny dla poszukiwań złóż gazu ziemnego w utworach autochtonicznych miocenu – badenu i sarmatu. W ostatnim czasie poszukiwano złóż występujących w skomplikowanych i złożonych warunkach litologicznych, litologiczno-strukturalnych, strukturalnych, hydrogeologicznych, stref przemian genetycznych anhydrytów badenu środkowego, zmian miąższości, wyklinowań itd.

W okresie ostatnich kilku lat, w obszarze zapadliśka przedkarpacciego, zwłaszcza w jego części wschodniej (ryc. 1) odkryto dużo nowych złóż gazu ziemnego występujących w najróżniejszych warunkach geologiczno-złożonych, w których kilka przedstawiono przykładowo na ryc. 3–9. Nowe akumulacje gazu ziemnego odkryto także w sąsiedztwie rozpoznanych dawniej złóż w podłożu Przemysła, Tuligłówn, Buszkowiczek, Zalesia, Husowa, Jarosławia Ujeznej, Lubaczowa i Cetyni (złoża ropy naftowej), Pilzna, Tarnowa, Zadąbrowia i in.

### STAN ROZPOZNANIA GEOLOGICZNEGO

Obszar wschodniej części zapadliśka przedkarpacciego już w pierwszych latach po II wojnie światowej stał się obiektem poszukiwań złóż węglowodorów. Pierwsze prace

powierzchniowe wykonano w latach 1949–1950 metodą magnetyczną (K. Karaczun, J. Skorupa), a następnie w latach: 1954 (A. Kozera) i 1962–1963 (S. Tałuc, S. Ciszewski). Na całym obszarze wykonano zdjęcie pionowej składowej „delta” Z magnetyzmu ziemskiego o zagęszczeniu mniejszym od 0,1 pkt./km<sup>2</sup>, a w rejonie Leżajsk – Jaro-

ślaw do 1 pkt./km<sup>2</sup>. Zdjęcie to, ze względu na rzadką siatkę i małą dokładność nie jest wykorzystywane do programowania prac poszukiwawczych.

Badania grawimetryczne o zagęszczeniu 2,5 pkt./km<sup>2</sup> wykonane w latach 1983–1984 posłużyły do opracowania kilku wersji map anomalii resztkowych, które odzwierciedlają w głównej mierze undulację granicy gęstościowej miocen – podłoże. W ogólnym ujęciu wyniesionym formom strukturalnym odpowiadają dodatnie anomalie resztkowe i odwrotnie – obniżeniom odpowiadają anomalie ujemne. W części obszaru, gdzie w podłożu miocenu występują utwory młodsze od prekambry, ze względu na większą złożoność anomalii lokalnych, wnioskowanie odnośnie do geologicznej przyczyny konkretnej anomalii nie jest już tak proste, zwłaszcza tam, gdzie istnieje rzadka sieć profili sejsmicznych. Jednakże i tu rola grawimetrii może być znaczna i to zarówno przy śledzeniu granicy podmiocenińskiej, jak i granic głębszych. Wymaga to zastosowania odpowiednich zabiegów interpretacyjnych. Wyniki badań grawimetrycznych są przydatne do ukierunkowania prac poszukiwawczych, a głównie do założenia szczegółowej siatki profili sejsmicznych. Złoże gazu ziemnego bardzo często występuje nad skłonami podniesień zarejestrowanych w podłożu miocenu lub w wyklinowaniach tych utworów w kierunku podnoszenia się podłoża.

Badania sejsmiczne, najbardziej przydatne do poszukiwań złóż węglowodorów w tym obszarze, wykonywano w różnych okresach począwszy od 1956 r. Zdecydowany postęp w jakości uzyskiwanych wyników badań uzyskano po wprowadzeniu techniki cyfrowej (1975 r.), a zwłaszcza w latach osiemdziesiątych po wprowadzeniu do prac polowych aparatów sejsmicznych wyłącznie z rejestracją cyfrową. W efekcie tych prac uzyskano materiały o wysokiej jakości. Najlepiej śledzi się tu granicę Ma związaną z poziomem anhydrytowo-gipsowym oraz granicę oznaczoną symbolem M<sub>II</sub> z utworów nadanhydrytowych miocenu. Ponadto dobrze śledzą się granice M<sub>0</sub>, M<sub>I</sub>, M<sub>III</sub>.

Charakterystyczną cechą obrazu strukturalnego są ciągi struktur antyklinalnych o kierunkach NW–SE, tj. typowych dla zapadliska przedkarpackiego. W trakcie szczegółowej analizy obrazu falowego na przekrojach sejsmicznych, oprócz spokojnego ułożenia ilasto-piaszczystych u-



Ryc. 1. Mapa występowania nowo odkrytych złóż gazu ziemnego w utworach autochtonicznych miocenu we wschodniej części zapadliska przedkarpackiego

- 1 – Blizna, 2 – Brzoza Królewska, 3 – Cieszanów, 4 – Dzików, 5 – Jeżowe, 6 – Kąty Rakszawskie, 7 – Kuryłówka, 8 – Lubliniec, 9 – Męciszów, 10 – Rudka, 11 – Tarnogród, 12 – Tryńcza, 13 – Trzciana, 14 – Wojśław, 15 – Wielkie Oczy, 16 – Wola Różaniecka, 17 – Wola Zarczycka

Fig. 1. Location map of gas fields recently discovered in autochthonous Miocene in eastern part of the Carpathian Foredeep

- 1 – Blizna, 2 – Brzoza Królewska, 3 – Cieszanów, 4 – Dzików, 5 – Jeżowe, 6 – Kąty Rakszawskie, 7 – Kuryłówka, 8 – Lubliniec, 9 – Męciszów, 10 – Rudka, 11 – Tarnogród, 12 – Tryńcza, 13 – Trzciana, 14 – Wojśław, 15 – Wielkie Oczy, 16 – Wola Różaniecka, 17 – Wola Zarczycka



Ryc. 2. Fragment profilu sejsmicznego Nr 2-III-84 przez strukturę „Kuryłówka”

Fig. 2. Fragment of the seismic profile 2-III-84 through the Kuryłówka structure

tworów miocenu i przy regionalnie występującej równoległości przewodnich granic sejsmicznych, stwierdzono anomalne cechy zapisu. Zjawisko to cechuje się:

- nierównoległościami faz w poszczególnych kompleksach, co daje na ogół bardzo małe wyniesienia wewnątrz analizowanych kompleksów o amplitudzie ok. 10–15 m,
- wyklinowaniem się poszczególnych faz wewnątrz kompleksu lub ich zanikanie,
- wyraźnymi zmianami częstotliwości zapisu,
- wyklinowaniem się najniższych kompleksów miocenu w kierunku podnoszenia się podłoża.

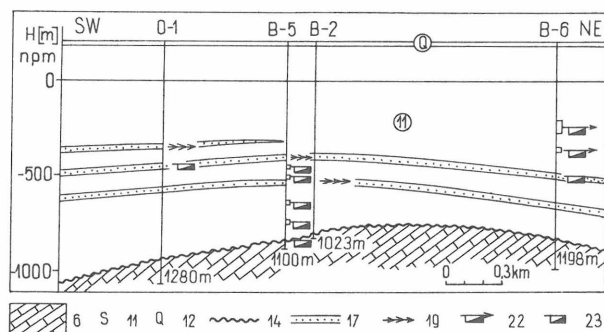
Śledzenie tych anomalnych cech zapisu ma istotne znaczenie, gdyż w ostatnich latach stwierdzono ich związek z występowaniem złóż gazu ziemnego w utworach miocenu. Charakter zapisu sejsmicznego w tej części zapadliska przedkarpaccykiego zilustrowano fragmentem profilu nr 2-III-84, przebiegającego przez strukturę Kuryłówki (ryc. 2).

W ostatnich latach wprowadzono do poszukiwań na szerszą skalę badania elektromagnetyczne metodą WEGA-D. Na ich podstawie zarejestrowano wiele anomalii o wysokim stopniu prawdopodobieństwa występowania węglowodorów. Anomalie te w większości występują nad skłonami podniesień lub w obniżeniach strukturalnych. Wykonane wiercenia wykazały, że metoda ta stosowana w kompleksie z innymi metodami daje dobre wyniki przy poszukiwaniu złóż węglowodorów, zwłaszcza tam gdzie

anomalie WEGA-D pokrywają się z podniesieniami strukturalnymi lub ich skłonami, udokumentowanymi badaniami sejsmicznymi. Takim przykładem jest złożo Tryncza (ryc. 8).

Obszar wschodniej części zapadliska przedkarpaccykiego jest od wielu lat również obiektem szczególnego zainteresowania geologicznych prac badawczych i analitycznych. Bogate materiały, przetwarzane w różny sposób, były przedmiotem zainteresowań wielu badaczy i zespołów badawczych. W rozwiązywaniu budowy geologicznej i zagadnień złożowych do lat siedemdziesiątych dominował styl tektoniki blokowej i duża różnorodność uskoków o zmiennych kierunkach i amplitudach występujących w utworach miocenu. Odzworowanie geologicznej budowy miocenu w wersji bezdyslokacyjnej zostało zapoczątkowane przez S. Juchę (7, 8, 9). W opracowaniach tych, w charakterystyce budowy geologicznej, po raz pierwszy decydujące znaczenie przypisano czynnikowi paleoreliefu dna zbiornika mioceńskiego.

Zastosowanie nowych rozwiązań geologicznych i złożowych oraz nowej sejsmiki w istotny sposób wpłynęło na zmianę koncepcji poszukiwawczych i doprowadziło do odkrycia licznych złóż gazu ziemnego w innych niż poprzednio warunkach geologiczno-złożowych. W ostatnim okresie, szczególnie w latach 1982–1988 wykonano wiele różnych opracowań geofizycznych i geologiczno-złożowych dla utworów miocenu. Są to dokumentacje, analizy i opracowania syntetyczne, wykonane przez specja-

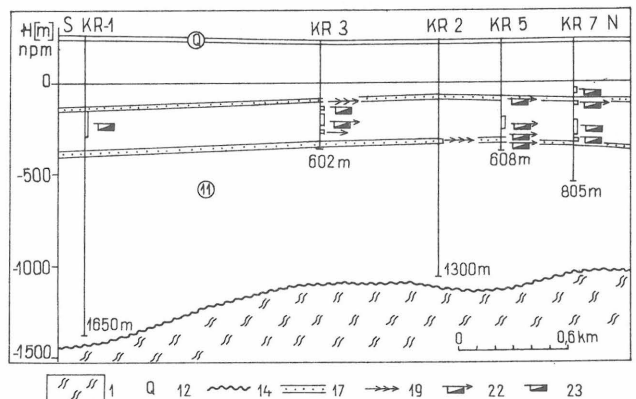


Ryc. 3. Przekrój geologiczny poprzeczny przez złożo Blizna

Objaśnienia do przekrojów geologicznych na ryc. 3–9: 1 – prekambryj, 2 – kambryj, 3 – sylur, 4 – trias, t – jura środkowa, 6 – jura górna, 7 – baden dolny – warstwy baranowskie, 8 – baden środkowy z poziomem gipsowo-anhydrytowym, 9 – baden dolny (warstwy baranowskie) i baden środkowy z poziomem gipsowo-anhydrytowym, 10 – baden górny, 11 – sarmat, 12 – czwartorzęd, 13 – seria (horizont) piaskowcowa, 14 – dyskordancja, 15 – dyslokacja, 16 – nasunięcie karpaccykie, 17 – horyzonty gazonośne, 18 – poziomy sejsmiczne (przewodnie) w utworach autochtonicznych miocenu, 19 – przyływ gazu ziemnego, 20 – ślady gazu, 21 – przyływ gazu z wodą, 22 – przyływ wody z objawami gazu, 23 – przyływ wody, 24 – brak objawów (brak jakiegokolwiek przyływu)

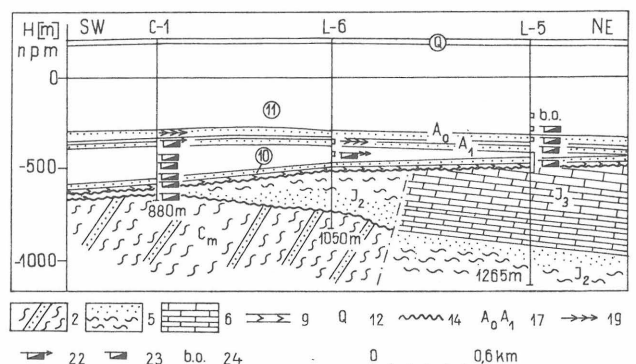
Fig. 3. Transversal geological section through the Blizna gas field

Explanations to geological sections from Figs. 3–9: 1 – Precambrian, 2 – Cambrian, 3 – Silurian, 4 – Triassic, 5 – Middle Jurassic, 6 – Upper Jurassic, 7 – Baranów Beds of Lower Badenian, 8 – Middle Badenian with gypsum-anhydrite horizon, 9 – Lower Badenian (Baranów Beds) and Middle Badenian (with gypsum-anhydrite horizon), 10 – Upper Badenian, 11 – Sarmatian, 12 – Quaternary, 13 – sandstone series (horizon), 14 – discordance, dislocation, 16 – Carpathian overthrust, 17 – gas-bearing horizons, 18 – seismic reflectors (markers) in autochthonous Miocene, 19 – inflow of gas, 20 – gas shows, 21 – inflow of gas and water, 22 – inflow of water with gas shows, 23 – inflow of water, 24 – lack of any show (lack of inflow)



Ryc. 4. Przekrój geologiczny poprzeczny przez złożo gazu Kąty Rakaszkie

Fig. 4. Transversal geological section through the Kąty Rakaszkie gas field



Ryc. 5. Przekrój geologiczny poprzeczny przez złożo gazu Lubliniec

Fig. 5. Transversal geological section through the Lubliniec gas field

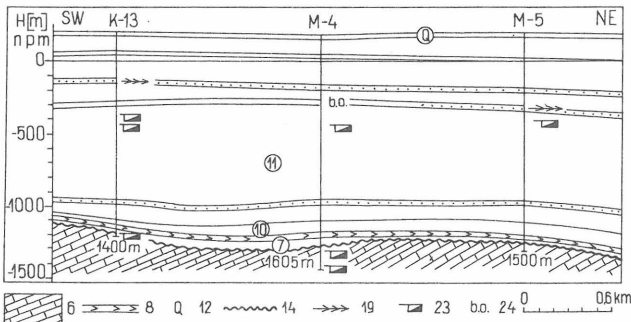
listów geologów i geofizyków Akademii Górniczo Naftowego i Gazownictwa, Zakładów Poszukiwania Nafty i Gazu w Jaśle i Krakowie, Zakładzie Geofizyka Kraków oraz w Biurze Geologicznym Geonafta. Wszystkie te opracowania wskazują na dużą perspektywiczność poszukiwania złóż węglowodorów w utworach zapadliska przedkarpacciego, a zwłaszcza złóż gazu ziemnego w piaszczystych utworach miocenu (w tym także typu deltowego) w pułapkach typu litologicznego i kombinowanego. W rozwoju nowych metod poszukiwawczych odegrały dużą rolę prace prof. dr hab. inż. J. Dzwiniela, który opracował i wdrożył do stosowania metodę WEGA-D.

Dla obszaru zapadliska przedkarpacciego oceniono zasoby prognostyczne na 104–110 mld m<sup>3</sup> gazu ziemnego. W omawianym obszarze o powierzchni ok. 11 000 km<sup>2</sup> prognozy związane są głównie z utworami autochtonicznymi miocenu (badenu i sarmatu) o zróżnicowanej miąższości od 200 m (północne obrzeżenie zapadliska) do 3500 m (rów Wielkich Oczu w części NE zapadliska). Osady ze spoczywają na różnych utworach od prekambriu do kredy, których podmiocenska (przedbadeńska) powierzchnia została ukształtowana w efekcie długotrwałych procesów tektonicznych i erozyjnych.

### CHARAKTERYSTYKA NOWO ODKRYTYCH ZŁÓŻ GAZU ZIEMNEGO

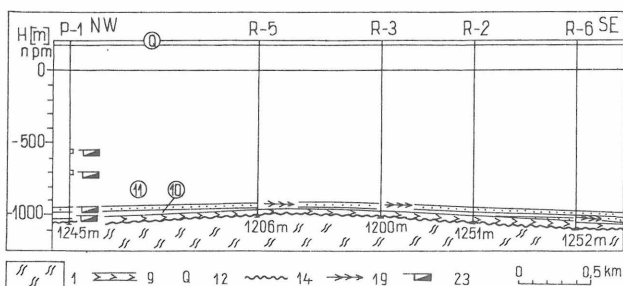
Nowo odkryte złoża gazu ziemnego można uporządkować wg charakterystyki geologiczno-złożowej i cech szczególnych w kilka grup. Są to złoża występujące:

– w warstwach baranowskich (baden dolny), wykształconych jako piaskowce i mułowce zalegające na wyniosłości (garbie) podłoża utworów autochtonicznych miocenu,



Ryc. 6. Przekrój geologiczny poprzeczny przez złożo gazu Męciszów

Fig. 6. Transversal geological section through the Męciszów gas field



Ryc. 7. Przekrój geologiczny podłużny przez złożo gazu Rudka

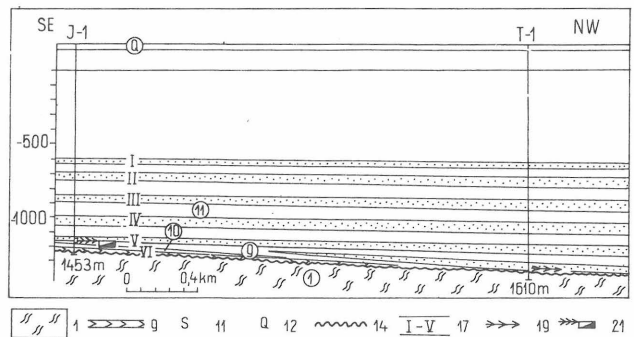
Fig. 7. Longitudinal geological section through the Rudka gas field

pod uszczelnieniem utworami chemicznymi (anhydrytami) badenu środkowego. Przykładem tego typu złoża jest złożo odkryte otworem Kuryłówka 2;

– w utworach badenu środkowego, wykształconych jako anhydryty, wapienie i margle, przeważnie spękanе, często osiarkowane, uszczelnione ilasto-łupkową serią utworów badenu górnego. Najczęściej złoża mogą występować w strefie brzegowej zasięgu występowania utworów badenu środkowego, osadzonych na zróżnicowanej morfologicznie powierzchni utworów podłoża miocenu – w tym przypadku prekambriu. Przykładem tego typu złoża jest złożo Brzoza Królewska 2;

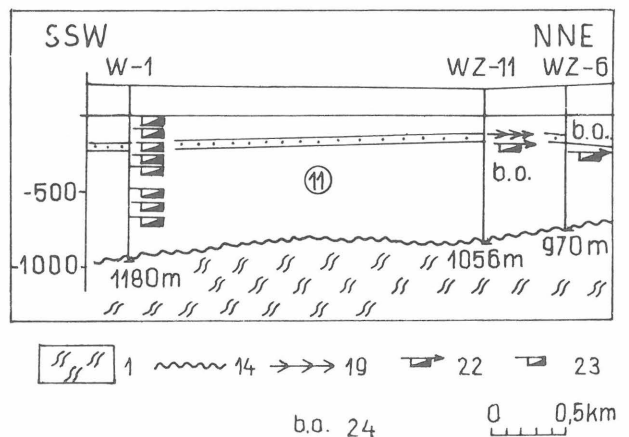
– w strefie obejmującej górną część utworów badenu górnego i najniższą przykontaktową część utworów sarmatu, wykształconą jako łupki na ogół z cienkimi wkładkami i warstewkami piaskowców i mułowców, szybko wyklinowujących się, występujących nad wyniosłościami podłoża, bardzo blisko (ok. kilkudziesięciu metrów) nad powierzchnią dyskordancji. Ta grupa obejmuje największą ilość nowo odkrytych złóż gazu ziemnego: Dzików, Lubliniec 6 (ryc. 5), Rudka (ryc. 7), Tarnogród 8a, Wola Różaniecka, Cieszanów 5a, Lubliniec 2, czasem z uszczelnieniem typu dyslokacyjnego, czego przykładem jest złożo Wielkie Oczy;

– w utworach sarmatu, płytko (w przedziale głębokościowym 250–700 m), w cienkich warstewkach i soczewkach szybko wyklinowujących się piaskowców i mułowców, w warunkach głównie antyklinalnych, w podniesionych formach strukturalnych, w warunkach uszczelnień litolo-



Ryc. 8. Przekrój geologiczny podłużny przez złożo gazu Tryńczy

Fig. 8. Longitudinal geological section through the Tryńczy gas field



Ryc. 9. Przekrój geologiczny poprzeczny przez złożo gazu Wola Zarczycka

Fig. 9. Transversal geological section through the Wola Zarczycka gas field



gicznych. Grupę tę tworzy znaczna ilość nowo odkrytych złóż gazu ziemnego: Blizna (ryc. 3), Jeżowe, Kąty Rakszawskie (ryc. 4), Kuryłówka 3, Mięciszków (ryc. 6), Wola Zarczycka (ryc. 9), Wojsław;

– w utworach autochtonicznych sarmatu, płytko (w przedziale głębokościowym 500–1000 m), o charakterze litologiczno-strukturalnym, przed czołem (brzegiem) nasunięcia karpackiego, często w sytuacji podnoszenia (zadarcia) warstw ku nasunięciu, regionalnie w strefie od Tarnowa przez Pilzno, Dębicę, Sędziszów, Trzcianę, Świlczę do Rzeszowa. Omawianym tutaj przykładem jest złóżo gazu Trzciań.

Charakteryzując nowo odkryte złoża (horyzonty) gazu ziemnego można podać m.in., że:

– występują one w przedziale głębokościowym 259–1527 m (najpłytsze na głęb. 259–263 m, tj. Wojsław 12, a najgłębsze na głęb. 1522–1527 m, tj. Tryńcza 1),

– charakteryzują się występowaniem w nich ciśnień złożowych o wielkości ciśnienia hydrostatycznego lub bardzo zbliżonego do hydrostatycznego, odpowiedniego dla danej głębokości występowania horyzontu. W odkrytych złożach stwierdzono: w złożu najpłytszym ciśnienie złożowe denne statyczne  $P_{ds} = 30,06$  ata (2,95 MPa), a w złożu najgłębszym ciśnienie denne złożowe statyczne  $P_{ds} = 164,76$  ata (16,16 MPa).

Miąższości nowo odkrytych horyzontów wahają się w granicach od 2 m do 35 m, przy czym z grupy 22 nowo odkrytych i przedstawionych horyzontów, w przedziale o miąższości 2–5 m znajduje się 32% horyzontów, w przedziale 6–10 m miąższości 27% horyzontów, w przedziale 11–15 m 15%, 16–20 m 9%, 21–25 m 9%, 26–30 m 4% i w przedziale o miąższości 31–35 m 4% horyzontów. Generalizując, można powiedzieć, że miąższości horyzontu w przedziale 2–10 m ma 59% horyzontów, w przedziale 11–20 m 23%, a 18% zamyka się w przedziale o miąższości 21–35 m.

Wydajności jednostkowe gazu ziemnego (tzn. ilość  $\text{nm}^3$  gazu wypływająca w ciągu minuty lub 24 godzin) są bardzo zróżnicowane. Wpływają na to czynniki naturalne, tj. geologiczno-złożowe, jak m.in. miąższość, rodzaj skały-zbiornika, właściwości zbiornikowe, nasycenie gazem lub

wodą, zawadnienie, położenie w stosunku do konturu gaz-woda itd. oraz czynniki techniczne, jak: sposób otwarcia, jakość otwarcia, czas wpływu płuczki na złożo itd. Wydajność ta waha się od 1,34  $\text{nm}^3/\text{min}$  (1929,6  $\text{nm}^3/24\text{h}$ ) do 623  $\text{nm}^3/\text{min}$  (897 120  $\text{nm}^3/24\text{h}$ ). W przedziale wydajności 1–10  $\text{nm}^3/\text{min}$  jest 23% złóż, 11–50  $\text{nm}^3/\text{min}$  37%, 51–100  $\text{nm}^3/\text{min}$  9%, 101–150  $\text{nm}^3/\text{min}$  4%, 300–400  $\text{nm}^3/\text{min}$  9%, 500–600  $\text{nm}^3/\text{min}$  9%, 601–623  $\text{nm}^3/\text{min}$  9%. Ogółem w przedziale o wydajności 1–50  $\text{nm}^3/\text{min}$  jest 59% złóż, a ponad 50  $\text{nm}^3/\text{min}$  (maksymalnie, jak wspomniano wyżej, 623  $\text{nm}^3/\text{min}$ ) jest 41% złóż (tab. I).

W nowo odkrytych złożach gazu ziemnego na ogół występuje gaz wysokometanowy. Z prezentowanych 23 nowo odkrytych złóż w 21 złożach w serii nadanhydrotowej zawartość metanu wynosi ponad 90,35% obj. Tylko w 2 złożach zawartość metanu jest niższa, a to: w złożu Kuryłówka 2 wynosi 64,45% obj. – jest to horyzont w warstwach baranowskich (baden dolny) oraz w złożu Brzoza Królewska 2 wynosi 81,17% obj. – jest to horyzont w wapieniach badenu środkowego (poziom anhydrotowy). Te dwa gazy charakteryzują się natomiast znacznie odbiegającą od średniej zawartością azotu; w złożu K-2 jest go 31,2% obj., a w złożu B.K.-2 – 18,42% obj. Świadczyć to może o innej ich genezie niż gazów z serii nadanhydrotowej. Szczegółową charakterystykę gazu ziemnego z nowo odkrytych złóż przedstawiono w tab. II.

#### PROGNOZY POSZUKIWAWCZE I WYNIKAJĄCE Z TEGO ZADANIA

Obecnie w zapadlisku przedkarpackim rozpoczyna się nowy etap poszukiwawczy. Na pierwszy plan wysuwa się teraz konieczność niezwykle precyzyjnej i jednoznacznej interpretacji danych, stosowania bardzo ostrożnego i małego kroku poszukiwawczego. Nowy etap w poszukiwaniach złóż gazu ziemnego w zapadlisku przedkarpackim cechuje ogromna ilość materiałów, informacji, danych, wyników analiz, badań, faktów i rezultatów. Należy je odpowiednio przetworzyć i wykorzystać.

W najbliższej przyszłości nie wystarczy posługiwać się tylko dotychczas znanymi i stosowanymi sposobami i me-

Tabela I

ANALIZA CIŚNIEŃ I WYDAJNOŚCI NOWO ODKRYTYCH ZŁÓŻ GAZU ZIEMNEGO

Oznaczenie wg wykazu i mapy	Nazwa złoża – horyzontu (odwiertu)	Głęb. zalegania horyzontu gazonośnego (m)	Średnia głębokość zalegania (m)	Miąższość horyzont. (m)	Wielkość ciśnienia				Gradient ciśnienia [MPa/10 m]	Wydajność	
					Cgs (atm. ata)		SI (MPa)			[ $\text{nm}^3/\text{min}$ ]	[ $\text{nm}^3/24 \text{ h}$ ]
					Pgs	Pds	Pgs	Pds			
14	Wojsław 12	259–263	261	4	28,5	30,06	2,80	2,95	0,113	27	38 880
6a	Kąty Rakszawski 3	322–335	328,5	13	30,6	32,37	3,00	3,18	0,097	143	205 920
17	Wola Zarczycka 11	332–345	338,5	13	35,7	37,61	3,50	3,69	0,109	1,34	1 929,6
13	Trzciań 8	460–470	465	10	40,0	42,41	3,92	4,16	0,089	39	56 160
9	Mięciszków 5	515–530	522,5	15	51,3	54,37	5,03	5,33	0,102	26	37 440
6	Kąty Rakszawskie 2	540–547	543,5	7	49,8	52,93	4,89	5,19	0,095	49,8	71 712
3	Cieszanów 5a	583–610	596,5	27	53,7	57,17	5,27	5,61	0,088	52	74 880
8	Lubliniec 2	580–615	597,5	35	54,5	58,01	5,34	5,68	0,095	9	12 960
1	Blizna 5	603–623	613	20	59,2	63,02	5,81	6,18	0,101	554	797 760
5	Jeżowe 14	652–660	656	8	66,7	70,14	6,54	6,88	0,105	623	897 120
7a	Kuryłówka 3	675–680	677,5	5	69,0	72,66	6,76	7,12	0,105	542,2	780 768
16c	Wola Różaniecka 9	940–945	942,5	5	85,6	93,26	8,28	9,14	0,097	4	5 760
4	Dzików 7	954–958	956	4	86,3	92,81	8,47	9,10	0,095	618,12	890 092,8
11	Tarnogród 8a	965–973	969	8	86,8	94,61	8,52	9,28	0,096	14	20 160
16a	Wola Różaniecka 2	980–984	982	2	86,2	94,05	8,46	9,22	0,094	9	12 960
7	Kuryłówka 2	1000–1002	1001	2	97,1	106,54	9,52	10,45	0,104	399,87	575 812,8
16	Wola Różaniecka 1	1068–1078	1073	10	93,6	102,7	9,18	10,08	0,094	348	501 120
2	Brzoza Królewska 2	1075–1083	1076	8	100,2	110,3	9,83	10,82	0,101	40	57 600
16b	Wola Różaniecka 3	1089–1113	1101	24	86,2	94,74	8,46	9,29	0,084	5	7 200
10	Rudka 5	1135–1160	1147,5	25	106,0	117,3	10,4	11,51	0,100	22	31 680
10a	Rudka 6	1188–1206	1197	18	112,3	124,61	11,02	12,22	0,102	13	18 720
12	Tryńcza 1	1522–1527	1524,5	5	145,1	164,76	14,23	16,16	0,106	80,35	115 704

CHARAKTERYSTYKA GAZU ZIEMNEGO NOWOODKRYTYCH ZŁÓŻ

Tabela II

Oznaczenie wg wykazu i mapy	Nazwa złoża (horyzontu)	Poziom stratygraficzny	Rodzaj skały zbiornika	Interwał perforow. (m)	Skład gazu ziemnego [% obj.]													Zaw. C <sub>34</sub> [g/nm <sup>3</sup> ]	Wartość opałowa [kcal/nm]	
					CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	i-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	n-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	i-C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	n-C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	i-C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	n-C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	N <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	He			
1	Blizna (B-5)	sarmat	piaskowce	603–623	97,55	0,11	0,01	–	–	–	–	–	–	–	2,33	–	–	–	0,08	8 833
2	Brzoza Królewska (BK-2)	baden środk.	wapienie	1075–1083	81,17	0,28	0,09	0,02	0,02	–	–	–	–	–	18,42	–	–	–	2,79	7 412
3	Cieszanów (C-5a)	sarmat	piask. i muł.	583–610	98,79	0,17	0,008	0,001	0,001	śląd	śląd	–	–	–	1,00	–	0,02	0,01	0,24	8 498
4	Dzików (D-7)	sarmat	piaskowce	954–958	96,09	0,15	0,06	0,02	0,04	0,04	0,11	–	–	–	3,49	–	–	–	8,36	8 798
5	Jeżowe (J-14)	sarmat	piaskowce	652–660	92,31	0,01	–	–	–	–	–	–	–	–	7,68	–	–	–	0,0	8 340
6	Kąty Rakszawskie (KR-2 głębszy)	sarmat	piask. i muł.	540–547	90,35	0,20	0,03	–	–	–	–	–	–	–	9,42	–	–	–	0,03	8 201
6a	(KR-3 płytszy)	sarmat	piaskowce	322–335	93,74	0,01	–	–	–	–	–	–	–	–	6,25	–	–	–	0,0	8 469
7	Kuryłówka (K-2)	baden dolny	muł. i piasek.	1000–1002	64,45	1,33	1,65	0,30	0,65	0,15	0,18	0,09	–	–	31,20	–	–	–	73,38	6 871
7a	Kuryłówka-3 (K-3)	sarmat	piaskowce	675–680	91,66	0,05	0,02	0,01	–	–	–	–	–	–	8,26	–	–	–	0,63	8 296
8	Lubliniec (L-2)	sarmat	piask. i muł.	580–615	98,91	0,09	0,01	0,01	–	0,01	–	–	–	–	0,89	–	0,05	0,03	0,41	8 503
9	Męciszów (M-5)	sarmat	piask. i muł.	515–530	98,62	0,17	0,03	0,01	0,01	–	–	–	–	–	1,16	–	–	–	1,31	8 951
10	Rudka (R-5 płytszy)	sarmat	piaskowce	1135–1160	91,61	0,35	0,17	0,03	0,02	–	–	–	–	–	7,82	–	–	–	4,55	8 387
10a	(R-6 głębszy)	sarmat	piaskowce	1188–1205	91,98	0,26	0,12	0,02	0,01	–	–	–	–	–	7,59	–	–	–	3,54	8 392
11	Tarnogród (T-7 głębszy)	sarmat	piaskowce	1086–1103	98,58	0,13	0,05	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	śląd	1,18	–	0,01	0,03	1,69	8 486
11a	(T8a płytszy)	i baden górny	piaskowce	965–973	98,87	0,19	0,031	0,01	0,003	śląd	śląd	śląd	śląd	–	0,88	–	0,016	–	0,24	8 513
12	Tryńcza (T-1)	baden górny	piaskowce	1522–1527	95,91	0,15	0,07	0,03	0,03	0,01	–	–	–	–	3,80	–	–	–	3,32	8 726
13	Tryńcza (T-8)	sarmat	piask. i muł.	460–470	97,64	0,15	0,03	0,01	0,01	–	–	–	–	–	2,16	–	–	–	1,18	8 858
14	Wojśław (W-12)	sarmat	mułowce	259–263	98,60	0,14	–	–	–	–	–	–	–	–	1,26	–	–	–	0,0	8 930
15	Wielkie Oczy (WO-4)	baden górny	łupki lamin. piaskowcem	1270–1305	97,10	0,13	0,06	0,02	0,02	0,01	–	–	–	–	2,66	–	–	–	2,78	8 826
16	Wola Różanecka (WR-1 głębszy)	baden górny	piask. i muł.	1068–1078	98,02	0,226	0,034	śląd	śląd	śląd	śląd	–	–	–	1,72	–	–	–	0,68	8 442
16a	(WR-2 płytszy)	sarmat	piaskowce	980–984	98,47	0,084	0,014	0,005	0,001	0,002	0,001	–	–	–	1,40	–	–	0,023	0,58	8 458
16b	(WR-3 głębszy)	sarmat	piaskowce	980–984	98,47	0,084	0,014	0,005	0,001	0,002	0,001	–	–	–	1,40	–	–	0,023	0,58	8 458
16c	(WR-9 płytszy)	sarmat bad. grn	itłup. i zlep.	1089–1113	98,37	0,095	0,030	0,006	0,003	0,002	0,001	0,001	0,001	–	1,41	0,03	–	0,05	1,08	8 456
17	Wola Zarczycka (WZ-11)	sarmat	mułowce	332–345	97,60	0,01	–	–	–	–	–	–	–	–	2,39	–	–	–	0,0	8 818

todami. Konieczne jest szybkie włączenie do tych procesów techniki komputerowej, jak też opracowanie banków informacji geologicznych, złożowych i wiertniczych oraz usprawnienie sposobów korzystania z zawartych w nich danych.

Konieczne będzie rozwinięcie nowego typu prac w analizach geologiczno-złożowych m.in.:

- opracowywanie parametrów strukturalnych, miąższościowych, litologicznych, geochemicznych, hydrodynamicznych, ciśnień, badań genetycznych, złożowych, właściwości wód wglębnych i wielu innych z jednoczesną szczegółową analizą tektoniczną obszarów,

- badanie współzależności parametrów utworów autochtonicznych miocenu, w celu statystycznego określenia prognoz z zastosowaniem EMC,

- analizowanie współczynników korelacji – parametrów poszczególnych kompleksów, serii i sum kompleksów w różnych kombinacjach,

- wykonywanie analiz wariacyjnych modeli regresji i opracowywanie map w interpretacji liniowej, Gausa i hiperbolicznej w różnych wersjach promienia interpolacyjnego,

- wykrywanie statystycznych związków między parametrami i wykorzystywanie ich w prognozowaniu,

- opracowywanie map prognoz poszukiwawczych o wartościach izolinii, obrazujących prawdopodobieństwo występowania akumulacji, wykonywanych za pomocą komputerów.

Wiele z tych przedstawionych wyżej prac już podjęto lub dokonano prób ich rozwinięcia na szerszą skalę jak np. czytywanie informacji z map z bezpośrednim zapisem cyfrowym na taśmy magnetyczne, gromadzenie informacji geologiczno-złożowych z odwiertów w banku informacji w systemie SADO (System Archiwizacji Danych Otworowych Geonafta), opracowany w Biurze Geologicznym Geonafta w Warszawie, czy zakodowanie danych stratygraficznych zawartych w Słowniku Stratygraficznym Geonafta.

W wyniku zrealizowanych w ostatnich latach prac sejsmicznych specyzowano występowanie kilkudziesięciu obiektów o znaczeniu poszukiwawczym. Szczegółowa analiza materiałów sejsmicznych, a zwłaszcza wyżej przedstawionych zjawisk anomalnych na profilach sejsmicznych, łącznie z materiałami geologicznymi, umożliwiła odkrycie wielu nowych złóż gazu ziemnego. Niektóre z nich występują w pułapkach nieantyklinalnych nad skłonami podniesień w podłożu miocenu, jak np. Cieszanów – Lubliniec, Wola Różaniecka – Tarnogród, Wielkie Oczy, Rudka, Kuryłówka, Brzoza Królewska i inne.

Ponadto, na podstawie nowych materiałów sejsmicznych i geologicznych, w nowym ujęciu metodycznym poszukiwań w tej części zapadliska, poszerzono lub rozpoznano złoża odkryte pojedynczymi otworami wiele lat temu, np. złożo Blizna odkryte otworem Ocieka 1 w 1969 r., czy Dzików, odkryte otworem Uszkowce 8 w 1960 r.

Celowość analizowania anomalnych zjawisk na profilach sejsmicznych i ich znaczenie dla poszukiwań złóż gazu ziemnego w tej części zapadliska potwierdzają wyniki opracowań z zakresu geofizyki wiertniczej i badania elektromagnetyczne wykonywane metodą WEGA-D. Opracowanie materiałów geofizyki wiertniczej wykonane w Zakładzie Geofizyki Kraków w latach 1982, 1985, 1988 przez zespół pod kierunkiem T. Krupy oraz opracowanie kompleksowe materiałów geofizyki wiertniczej, sejsmicznych i geologicznych, wykonane w Ośrodku Geonafty w Krakowie (w okresie 1986–1987) wskazują, że poszukiwania złóż

gazu ziemnego w miocenie w tej części zapadliska Karpat należy wiązać głównie z pułapkami nieantyklinalnymi. Dlatego też w poszukiwaniach należy zwrócić baczną uwagę na wykrywanie nawet małych podniesień, o małych amplitudach, wewnątrz kompleksów sejsmicznych, stref wyklinowań kompleksów piaszczystych, zmian miąższościowych i facyjnych z jednoczesnym podnoszeniem się utworów podłoża miocenu oraz innych pułapek typu nieantyklinalnego.

Również w związku z odkryciem złóż gazu ziemnego w utworach mioceńskich w strefie brzeżnej nasunięcia Karpat, m.in. w rejonie Przemyśla, Maćkowic, Pruchnika, Husowa, Krasnego, Pobitna, Sędziszowa, Pilzna, Łątki i innych, dokonano rewizji poglądów o możliwości poszukiwań w tej strefie i opracowano nową koncepcję poszukiwawczą, głównie na podstawie takich faktów, jak:

- ekranowanie horyzontów mioceńskich przez utwory nasunięte (flisz Karpat, jednostka stebnicka, strefa zaburzonych utworów mioceńskich – tzw. paraautochtonu),

- regionalne podnoszenie się utworów mioceńskich w kierunku południowym ku brzegowi ww. nasunięć,

- możliwość występowania złóż gazu ziemnego w pułapkach typu nieantyklinalnego związanych ze strefami zmian litologicznych.

W strefie tej istnieją także dalsze możliwości poszukiwań w obszarach między odkrytymi dotychczas złożami i między znanymi dotychczas horyzontami. W obrębie mioceńskich złóż gazu horyzonty gazonośne wydzielono przede wszystkim na podstawie cech litologicznych. W wydzieleniach tych preferowano głównie piaskowce jako potencjalną skałę zbiornikową. Doświadczenia uzyskane w trakcie prowadzenia prac poszukiwawczych, a głównie rezultaty opróbowań wykazały, że gaz występuje również w seriach (horyzontach) międzypiaszkowcowych, a skałą – zbiornikiem są także skały ilaste, mułowce i łupki. Potwierdzają to badania zagraniczne oraz uzyskane za granicą praktyczne rezultaty złożowe. Najlepszym potwierdzeniem tego są rezultaty uzyskane w zachodniej Ukrainie na złożu gazu ziemnego Załużany koło Sambora (14). Pakiet łupków miąższości ok. 100 m jest gazonośny, a piaskowce w obrębie niego występujące (władki 1–1,5 m miąższości) są często nawodnione, nawet w sytuacji strukturalnej kulminacji. Poprzednio typowano do opróbowania te właśnie władki piaskowcowe i otrzymano przyływ wody. Ostatnio opróbowano, przez bardzo gęstą perforację, serię łupkową i uzyskano przyływ gazu. Podobnego typu sytuacja zarysowuje się również w obrębie niektórych odkrytych złóż gazu ziemnego w zapadlisku.

Jak wynika z przedstawionych wyżej nowych odkryć złóż gazu ziemnego, zarysowanych koncepcji poszukiwawczych i prognoz, obszar zapadliska przedkarpackiego znajduje się w fazie pełnego rozwoju prac poszukiwawczych, rokujących dalsze, nowe odkrycia w przyszłości.

## LITERATURA

1. Borys Z., Czernicki J., Fik C. – [W:] Konferencja Naukowo-Techniczna: Perspektywy odkrycia nowych złóż ropy i gazu w obszarze Karpat i Przedgórze dla podtrzymania wydobycia gazu wysokometanowego, SNTITPNiG Krosno, 1980.
2. Borys Z., Cisek B. – [W:] Konferencja Naukowo-Techniczna: Perspektywy poszukiwań w rejonie Karpat i Przedgórze. SNTITPNiG Jasło, 1987.
3. Cisek B., Czernicki J., Fik C. – [W:] Konferencja Naukowo-Techniczna: Poszukiwanie i eksploatacja złóż ropy naftowej i gazu

ziemnego w nieantyklinalnych warunkach akumulacji. SNTITPNiG. Krosno listopad, 1982.

4. Czarnicki J. – Wiertnik, 1983 nr 2.
5. Jawor E. – [W:] Konferencja Naukowo-Techniczna: Poszukiwanie, rozpoznawanie i eksploatacja złóż ropy naftowej i gazu ziemnego w nieantyklinalnych warunkach akumulacji. SNTITPNiG. Krosno listopad, 1982.
6. Jawor E. – Prz. Geol. 1983 nr 12 s. 635–641.
7. Jucha S. i in. – Analiza warunków występowania złóż węglowodorów w miocenie Przedgórze Karpackiego. IWN AGH Kraków 1973.
8. Jucha S. i in. – Analiza stref nagromadzenia się węglowodorów w Zasadisku Przedkarpackim dla stref Przemysł – Rzeszów – Lubaczów, Kraków – Tarnów. IWN AGH Kraków, 1974 r.
9. Jucha S. i in. – Odkrycie złóż litologicznych związanych z wyklinowaniem się horyzontów w miocenie na północ od nasunięcia Karpat i wyjaśnienie możliwości występowania innych niestrukturalnych warunków akumulacji. Część d. Przemysł – Cieszyn. IGNiG Kraków 1979.
10. Jucha S. i in. – Opracowanie mapy strukturalnej podłoża miocenu Przedgórze Karpat systemem komputerowym między Krakowem a wschodnią granicą państwa. IWN AGH Kraków, 1986.
11. Karnkowski P. – Prz. Geol., 1978 nr 11 s. 625–628.
12. Karnkowski P. – [W:] Krajowy Zjazd Naftowy Nafta – Gaz. SNTITPNiG. Warszawa, listopad, 1986.
13. Karnkowski P. – [W:] Konferencja naukowo-techniczna: Perspektywy poszukiwań w rejonie Karpat i Przedgórze. SNTITPNiG. Jasło, grudzień, 1987.
14. Szczerba W.M., Pawlujuk J.S., Szczerba A.S. – Gazowyje miestorożdienija Predkarpatia. Naukowa Dumka Kijew, 1987.

#### SUMMARY

Intense prospecting works carried out in Polish part of the Carpathian Foredeep in the last 40 years resulted in discovered of numerous gas and oil fields. Several dozens of gas fields, very often of the multihorizon type, were found in the Miocene, and six oil fields in the basement. Moreover, some oil shows were reported also from the Miocene.

The paper presents detail characteristics of about 20 gas

fields discovered in the last years in eastern part of the foredeep. The gas fields are related to autochtoneous Miocene. The geological setting was found to be varying from one field to another and lithological-structural conditions appeared to be the dominant factor in their origin. The analysis of prospecting works performed so far confirmed marked significance of seismic data and showed necessity to apply computer processing techniques in further seismic surveys. New analytical, geophysical and geological reports dealing with this part of the foredeep are discussed. In this review attention is especially paid to continuous (without faults) structural-tectonic interpretations. The necessity to introduce modern methods and techniques in prospecting is emphasized and their characteristics are presented.

In summing up it is stated that we may speak about the beginning of a qualitatively new phase in prospecting in the eastern Carpathian Foredeep which promises discoveries of new gas fields in the near future.

#### РЕЗЮМЕ

На территории Предкарпатского прогиба уже более 40 лет ведутся интенсивные поиски, завершившиеся крупными открытиями нефти и природного газа. Выявлены десятки залежей газа, часто многогоризонтных, приуроченных к миоцену, 6 залежей нефти в подстилающих породах и нефтепроявления в миоценовых отложениях.

Детально описано и проиллюстрировано около 20 месторождений, выявленных за последнее время в восточной части Предкарпатского прогиба. Нововыявленные месторождения природного газа характеризуются разным геологическим строением. Они залегают в баденском и сарматском ярусах миоцена. В газонакоплении основная роль принадлежит литологическим и литолого-структурным ловушкам. Накопленный опыт показывает, что значительная эффективность в изучении геологического строения залежей принадлежит сейсмике. Их следует продолжать и впредь с применением компьютерной техники. Рассматриваются новые геофизические и геологические работы, в особенности работы бездислокационного варианта.

Область Предкарпатского прогиба входит в этап качественно новых поисковых работ, перспективных в отношении дальнейших открытий залежей природного газа.