Aktualne problemy poszukiwań węglowodorów we wschodniej części przedgórza Karpat*

Zenon Borys**

Wieloletnie, intensywne poszukiwania złóż gazu ziemnego we wschodniej części zapadliska przedkarpackiego doprowadziły do odkrycia wielu znaczących akumulacji (ryc. 1). Na obszarze tym — na E od południka Pilzna — odkryliśmy 42 złoża gazu ziemnego i 9 złóż ropy naftowej, przy czym większość akumulacji ropy naftowej i nieliczna grupa złóż gazu ziemnego zostały odkryte w mezo-paleozoicznych utworach podłoża miocenu. Największe złoża gazu ziemnego są zlokalizowane w południowej części autochtonicznych utworów miocenu, występujących wzdłuż i pod czołową strefą nasunięcia karpacko-stebnickiego na lini Dębica–Przemyśl. W strefie tej odkryto między innymi złoża: Zalesie–Rzeszów–Kielanówka, Husów–Albigowa–Krasne i największe wielohoryzontowe nagromadzenie gazu ziemnego w rejonie Przemyśla (ryc. 1).

Osiągana dotychczas wysoka efektywność poszukiwań w tej strefie ma swój ścisły związek z korzystnymi cechami fizycznymi skał zbiornikowych oraz wielopoziomową akumulacją na stosunkowo dużych obszarach. Złoża gazu ziemnego zalegają w pułapkach typu strukturalnego i strukturalno-facjalnego, zlokalizowanymi przeważnie nad wyraźnie zarysowanymi elewacjami mioceńskiego podłoża. Skałę zbiornikową stanowią nie tylko mniej lub bardziej zailone piaskowce lecz także nawet niewielkie zapiaszczenia, występujące w skałach ilastych. Geologiczno-geofizyczne analizy tej strefy oraz obszarów przyległych świadczą w dalszym ciągu o jej wysokiej perspektywności, czego dowodem są między innymi wyniki prac zrealizowanych w ostatnim 5-leciu, a szczególnie odkrycie wielohoryzontowego złoża gazu ziemnego Jodłówka (ryc. 1, 2).

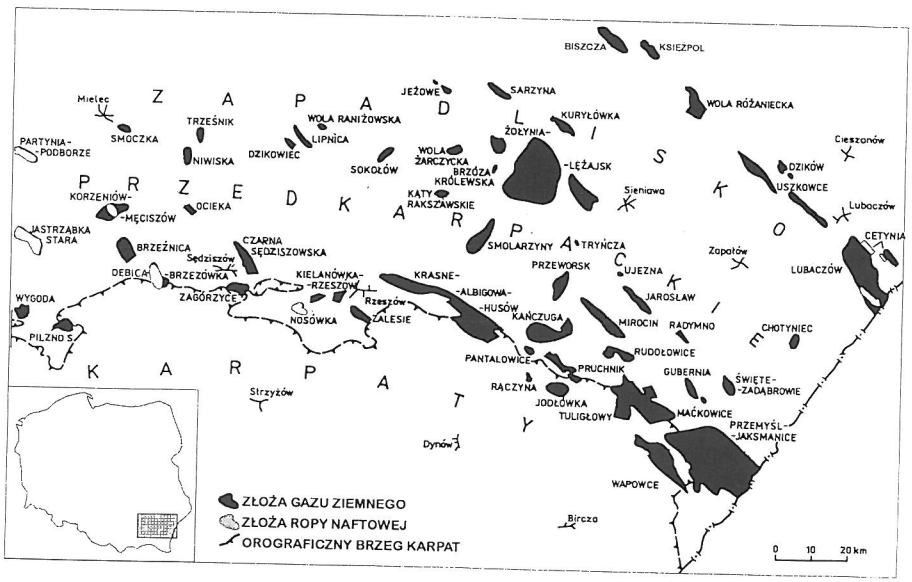
Odkrycie i rozpoznanie złoża Jodłówka jest przykładem celowości poszukiwań obiektów o mniejszych rozmiarach, a jednocześnie ilustruje skomplikowany charakter tego przedsięwzięcia. Zanim odkryto to złoże o rzadko spotykanej zasobności rzędu 1500–1800 mln Nm^3/km^2, zrealizowano 3 negatywne otwory poszukiwawcze (J1,3 i 4), których celem było rozpoznanie złoża odkrytego otworem J-2. Dalsze prace doprowadziły do odkrycia i udokumentowania 24 poziomów akumulacyjnych złoża o powierzchni ok. 2,5–3,5 km2.

Zlokalizowanie obiektu o tak niewielkich rozmiarach pod nasunięciem karpacko-stebnickim napotyka wiele trudności. Do głównych zaliczyć należy problemy związane z interpretacją sejsmiki refleksyjnej, a ponadto wiele tego typu złóż może się mieścić w „oczkach" siatki dotychczasowego rozpoznania regionalnego. Stan geofizycznego rozpoznania w tej strefie jest niejednorodny, ilość i jakość informacji sejsmicznych maleje w kierunku południowym, a w przypadku ich występowania niezwykle trudno pokusić się o ich jednoznaczną interpretację.

Zakupy nowoczesnego sprzętu geofizycznego, a przede wszystkim dostęp do najnowocześniejszych procedur interpretacyjnych, niewątpliwie zwiększają szansę lokalizacji mniejszych obiektów. Niemniej jednak w dalszym ciągu istnieje konieczność unowocześniania metodyki prac i systemów przetwarzania interpretacji, celem ustalania prawidłowych relacji czasowo-głębokościowych i stosowania właściwych procesów migracji danych. Z tych względów coraz częściej wykonujemy badania przestrzenne 3D (trójwymiarowe), mając równocześnie świadomość znacznego zwiększania kosztów procesu poszukiwań.

Równie skomplikowanym utrudnieniem poszukiwań małych, zasobnych obiektów, są liczne zmiany facjalne, obserwowane na stosunkowo niewielkich przestrzeniach. Znaczne zróżnicowanie wykazują również fizyczne cechy skały zbiornikowej. Prognozowanie modelu sedymentacji osadów mioceńskich jest obecnie jednym z podstawowych warunków kompleksowego przygotowania obiektu do poszukiwań.

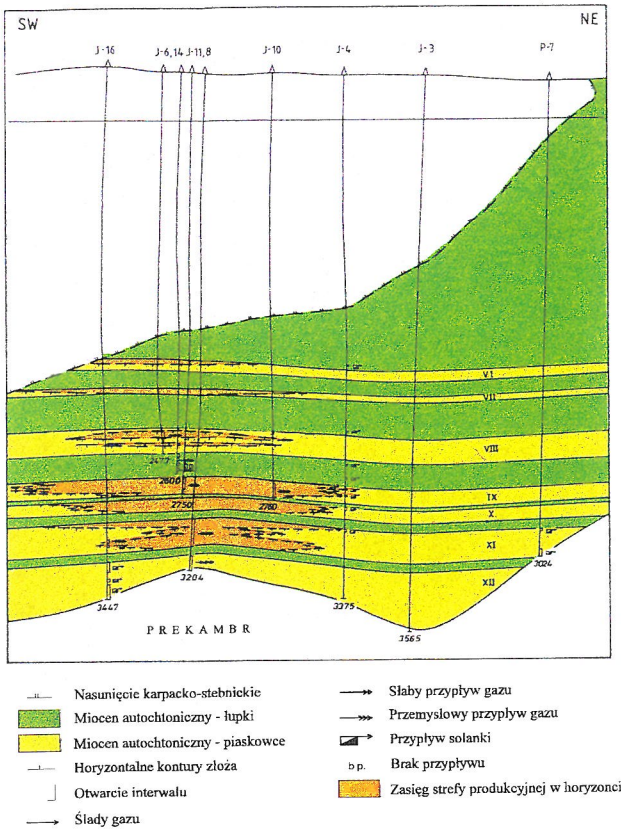
Dla przykładu omówię jedną z wielu tego typu analiz, przeprowadzoną w rejonie Husów–Albigowa–Krasne przez zespół A. Maksyma z jasielskiej Geonafty. W wyniku szczegółowego przeanalizowania materiałów geologiczno-geofizycznych, przyjęto model sedymentacji osadów terygenicznych w postaci stożków podmorskich i deltowych.



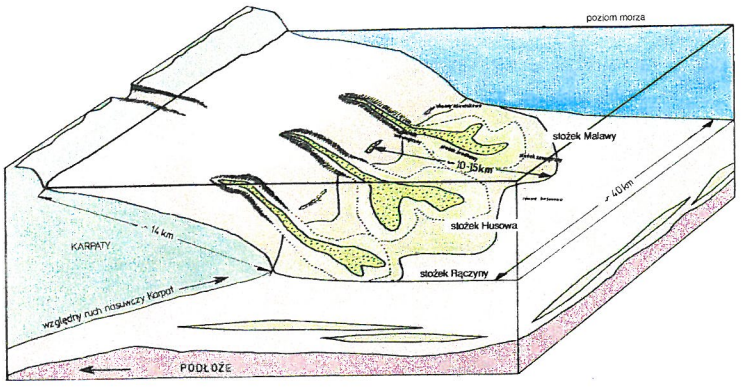
Ryc. 1. Mapa rozmieszczenia złóż gazu ziemnego i ropy naftowej w zapadlisku przedkarpackim

*Skrócona wersja referatu, przedstawionego na sesji naukowej *Analiza basenu trzeciorzędowego Przedkarpacia*; Kraków, 30.05.1996 r.

**Zakład Poszukiwań Nafty i Gazu– Jasło, PGNiG, ul. Asnyka 6, 38-200 Jasło



Ryc. 2. Przekrój geologiczny przez złoże gazu ziemnego Jodłówka (wg Plezi &Ratuszniaka, 1995)***



Ryc. 3. Model przestrzenny radialnych stożków podmorskich w poziomie piaskowcowym — C (wg Maksyma i in., 1996)

Autorzy modelu, profil pionowy rozdzielają na trzy kompleksy sedymentacyjne:

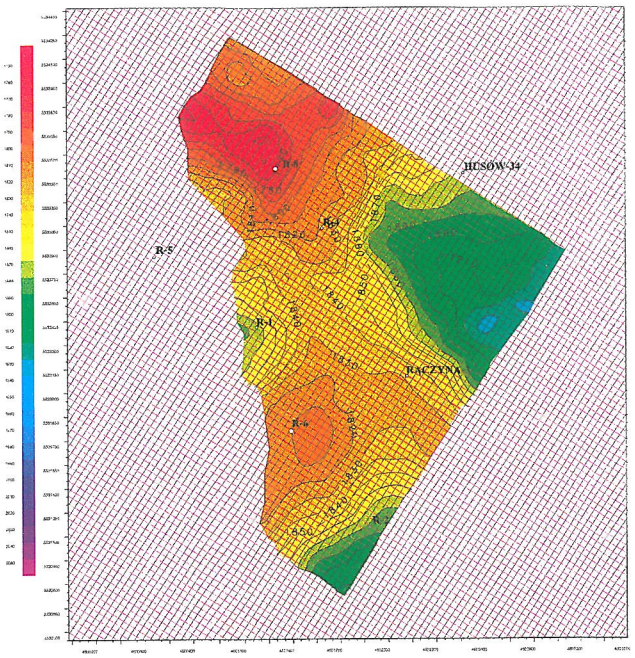
I — od anhydrytów do XV horyzontu gazonośnego — sedymentacja na równi basenowej,

II — od XV–VII horyzontu gazonośnego — sedymentacja w formie radialnych stożków podmorskich,

III — powyżej VII horyzontu — osady deltowe.

Model stożka (ryc. 3) został potwierdzony wynikami wielu otworów. W górnej części stożka zidentyfikowano utwory

***Wszystkie cytowane pozycje to archiwalne opracowania PGNiG



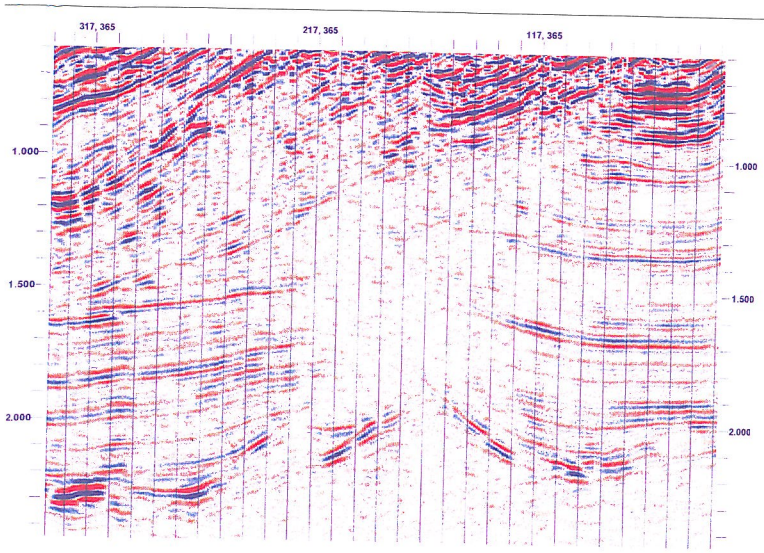
Ryc. 4. Rejon Rączyna. Mapa strukturalna stropu VI horyzontu (wg interpretacji Raczyńskiej & Kachalik, 1996)

kanałowe, charakteryzujące się różnorodnością materiału od zlepieńców poprzez gruboziarniste piaskowce. Stożek środkowy, mający na obrzeżeniu strefy kanałowej najkorzystniej wysortowany materiał z punktu widzenia poszukiwań — decyduje o zasobności obiektu. Z tego punktu widzenia, również interesująca jest górna część dolnego stożka.

Coraz więcej tego typu rozważań, dotyczących rozpoznania uwarunkowań sedymentacji wraz z wszechstronną sejsmiczną analizą warunków strukturalnych, stanowi podstawę do lokalizacji otworów poszukiwawczych. I tak np. mimo negatywnego w sensie złożowym wyniku otworu Malwa 3, co podważyło koncepcję rozwiązania strukturalnego, potwierdzono wyniki analizy sedymentologicznej zakładającej realizację tego otworu w obrębie jednego z podmorskich stożków.

Pozytywnym wynikiem złożowym, wieńczącym trafność wykonanej analizy facjalno-strukturalnej, zweryfikowano i poszerzono zasięg złoża gazu ziemnego w rejonie Kańczugi (K-25). Wynik ten osiągnięto dzięki szczegółowej analizie procesu eksploatacji złoża, który stanowił podstawę do rozpoczęcia pracochłonnych analiz strukturalno-zbiornikowych. Rezultatem tak przeprowadzonych kompleksowych rozważań jest także realizowany obecnie program rozpoznania południowo-zachodniej strefy gazonośnego obszaru Przemyśla.

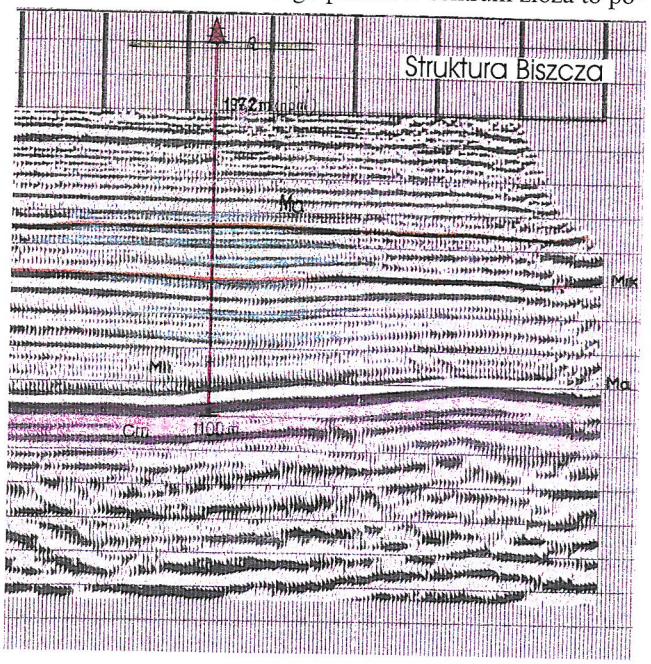
Analizy obszarów przyległych do złoża Jodłówki utwierdzały nas coraz częściej w przekonaniu, że odkryte złoże nie powinno być ewenementem. W związku z powyższym wykonano zdjęcie sejsmiczne 3D na obszarze przyległym na W od złoża (ryc. 4). W rejonie tym, celem rozpoznania zasięgu horyzontu gazonośnego odkrytego otworem Rączyna 2, postanowiliśmy zlokalizować głęboki otwór Rączyna 6. Problem polegał na interpretacji uzyskanego obrazu, tym bardziej, że podobnie jak na zdjęciu 2D w



Ryc. 5. Jodłówka. Czasowy przekrój sejsmiczny; temat: Jodłówka-3D

obrębie złoża Jodłówka, obserwuje się nadal zanik informacji, który sejsmicy tłumaczyli brakiem odpowiedniego zróżnicowania gęstościowego (ryc. 5).

Wyniki otworu Rączyna 6 świadczą o znakomitej korelacji ze złożem Jodłówka i jak stwierdzono, w strefie tego otworu — istnieją wystarczające uwarunkowania gęstościowe pozwalające na uzyskanie wiarygodnych informacji sejsmicznych. Przypuszczać zatem należy, że „cisza sejsmiczna" Jodłówki ma swój ścisły związek ze stosunkowo dużą zasobnością złoża. 25–30% mioceńskiego profilu w centrum złoża to po-



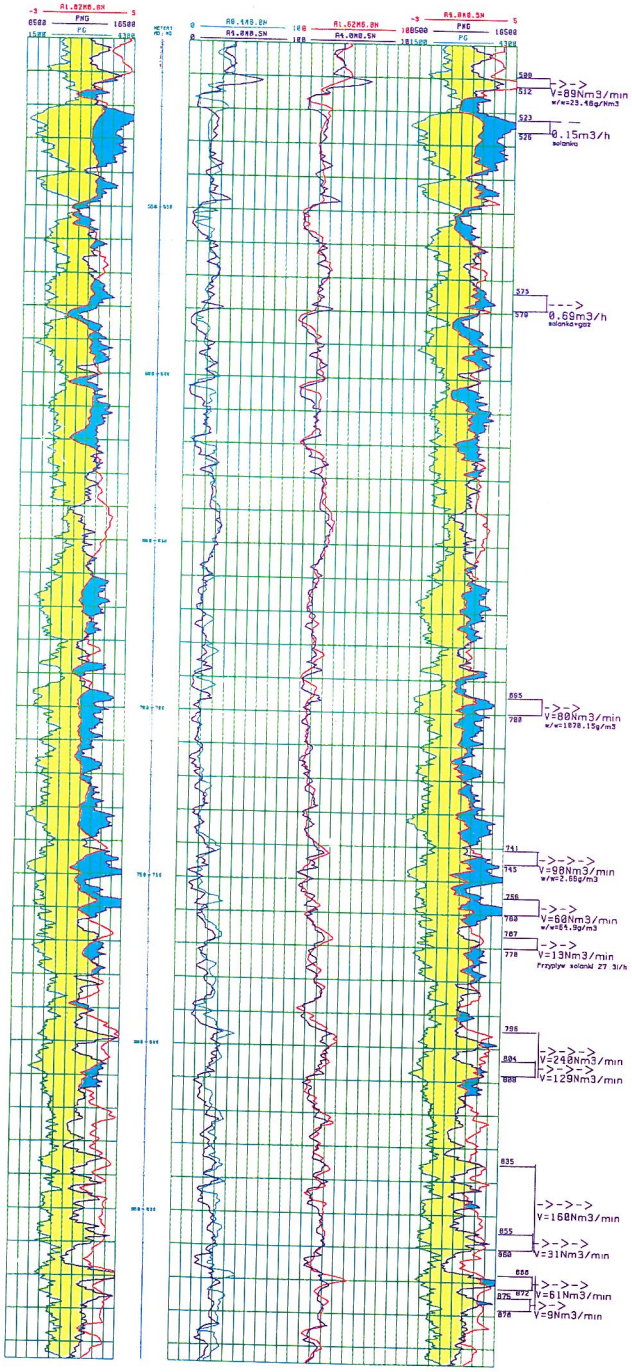
Ryc. 6. Otw. wiertniczy Biszcza 1 (rzut 15 m z kierunku NW). Rejon Krzeszów–Lubaczów; głębokościowy przekrój sejsmiczny nr 22-II-88K

→

Ryc. 7. Otw. wiertniczy Biszcza-1; zestawienie profilowań geofizyki otworowej

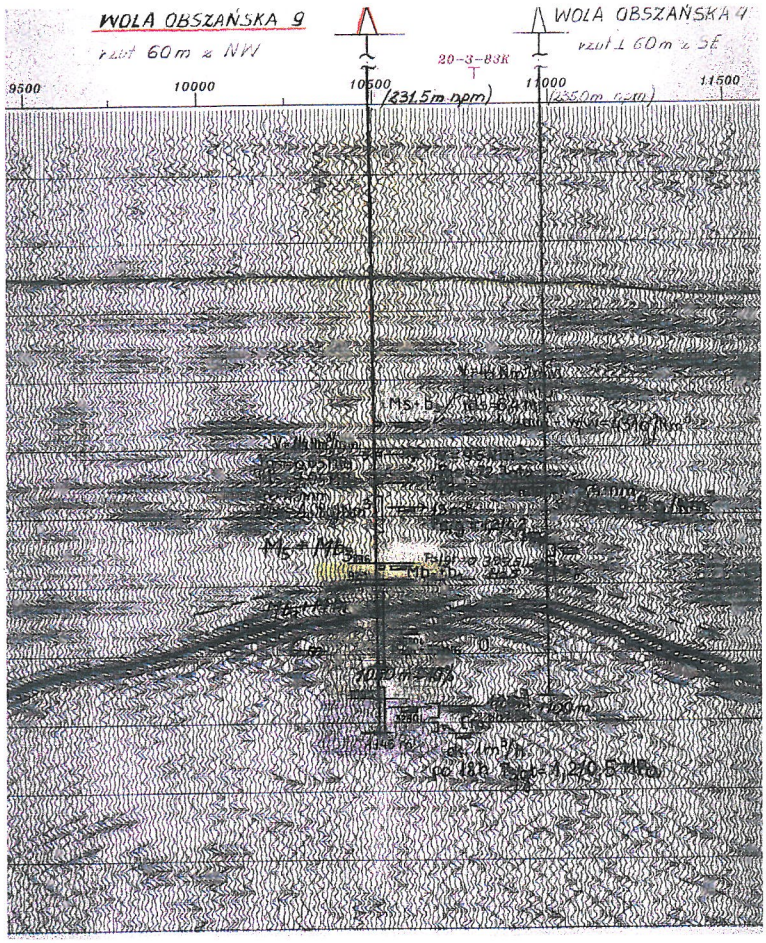
ziomy gazonośne. Interpretacja tego zdjęcia wykazuje ponadto występowanie północnego perspektywnego obiektu (Rączyny) oraz wyraźnie zarysowanych obiektów na S i NE od złoża Jodłówka.

Celowość i perspektywy prac poszukiwawczych, prowadzonych w części północnej basenu mioceńskiego, zostały ostatnio potwierdzone wynikami wiercenia w rejonie rejonu Nosówki koło Rzeszowa. Otworem Nosówka-14 zidentyfikowano występowanie sześciu poziomów gazonośnych o wydajnościach średnio 30–312 Nm^3/min. Wyniki badań tego otworu oraz analiza materiałów sejsmicznych z zastosowaniem stacji do interaktywnej interpretacji, stworzyły podstawę do usytuowania otworu rozpoznawczego. Niestety, trudności w zlokalizowaniu zasięgu, niewielkich obszarowo struktur mioceńskich i tym

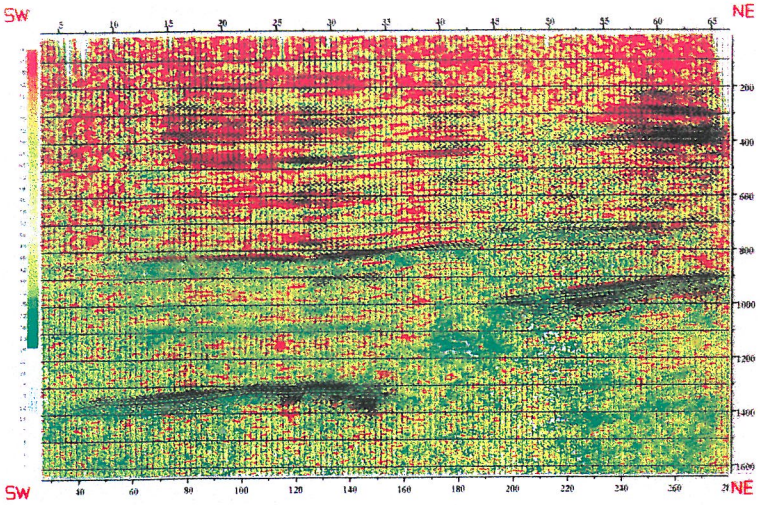


razem dały o sobie znać, czego dowodem jest obniżona pozycja strukturalna otworu rozpoznawczego Nosówka-11. Trwająca obecnie interpretacja zdjęcia sejsmicznego 3D uwiarygodni obraz zasięgu struktury i pozwoli na skierowanie otworu N-11 w strefę akumulacji złoża.

Tego typu obiektów jest znacznie więcej i z tego względu tak w rejonie Nosówki, jak i w obrębie całej perspektywnej strefy wzdłuż brzegu nasunięcia karpacko-stebnickiego, niezbędne będzie wykonywanie kosztownych badań przestrzennych oraz przetwarzanie dotychczas zrealizowanych prac sejsmicznych. Szczególnie istotne znaczenie mogą mieć analizy sejsmostratygraficzne celem lokalizowania facji zbiornikowych. Tego typu badania planuje się wstępnie przetestować w rejonach o najlepszym rozpoznaniu geologiczno-wiertniczym.



Ryc. 8. Rejon Woli Obszańskiej. Wycinek głębokościowego przekroju sejsmicznego 8-III-83K, opracowany procedurą ELKAN



Ryc. 9. Rejon Sucha Wola. Wycinek czasowego przekroju sejsmicznego

W związku z faktem, że większość odkrytych dotychczas złóż w tej strefie ma swój ścisły związek z wyniesieniami w podłożu miocenu, coraz częściej sięgamy do innych podstawowych metod badawczych. Między innymi konsekwentnie wykorzystujemy wyniki prac magnetotellurycznych, których kompleksowa interpretacja z wykorzystaniem wyników zdjęcia grawimetrycznego pozwoliła na zlokalizowanie wielu interesujących obiektów. W ten sposób zidentyfikowano np. garb Hermanowej, który poddany zostanie szczegółowym badaniom sejsmicznym.

Obecna problematyka poszukiwań w środkowej części przedgórza Karpat jest związana głównie z wykonywaniem nowego zdjęcia sejsmicznego, połączonego z przetwarzaniem starych profili. Interpretacje tych materiałów dowodzą, że istnieje wiele interesujących problemów związanych głównie z możliwością odkrycia akumulacji gazu na przedłużeniu kilku dotychczas udokumentowanych złóż, a także odkrycie nowych, mniejszych obiektów satelitarnych (Żołynia–Leżajsk, Przeworsk, Jarosław, Gubernia, Buszkowiczki, Walawa–Dusowce). W świetle analizowanych materiałów odkrycie nowych złóż wiązać się będzie często z rozpoznawaniem obiektów strukturalnych o niewielkich amplitudach.

Znaczący postęp w pracach poszukiwawczych, potwierdzony wynikami wierceń zanotowaliśmy w północnej części przedgórza Karpat. We wschodniej części tej strefy już w latach 60. odkryto złoże gazu ziemnego Lubaczów–Uszkowce. Nie licząc niewielkich akumulacji w podłożu (jura), główna część złoża jest związana z szerokopromienną kompakcyjną strukturą mioceńską. Słabe właściwości zbiornikowe ilastego przekroju laminowanego podrzędnymi wkładkami piaskowców są rekompensowane znaczną powierzchnią oraz miąższością złoża (300 m). Prowadzone z większym lub mniejszym nasileniem prace poszukiwawcze w północno-zachodnim przedłużeniu tej strefy, przez trzydzieści lat nie przynosiły spodziewanych efektów zasobowych. Za wyjątkiem południowo-zachodniego obniżenia tej strefy, gdzie odkryto niewielkie złoża gazu ziemnego w rejonie Rudki, Kuryłówki i Sarzyny, penetracja szeregu, wydawałoby się interesujących z punktu widzenia sejsmiki obiektów kończyła się negatywnymi wynikami zrealizowanych wierceń.

Otwory te, lokalizowane na strukturach zasygnalizowanych w podłożu miocenu w większości przypadków nawierciły zawodnione piaskowce o bardzo dobrych właściwościach zbiornikowych.

Nasunęło to podejrzenie, że informacje sejs-

miczne nie odwzorowują rzeczywistej budowy strukturalnej warstw miocenu. Postanowiono zatem, że przed rozpoczęciem kolejnego etapu poszukiwań, wykonać należy szczegółową geofizyczno-geologiczną analizę obszaru, ze szczególnym zwróceniem uwagi na anomalne cechy zapisu sejsmicznego.

Analizę zjawiska anomalnego zapisu sejsmicznego rozpoczęto od stosunkowo najlepiej udokumentowanego obiektu Biszcza. Na strukturze zarejestrowanej w utworach podłoża miocenu (kambr) dwoma profilami sejsmicznymi z 1985 roku, w utworach miocenu nadanhydrytowego stwierdzono zapis anomalny typu *bright spot* (ryc. 6). W oparciu o profile przetworzone procedurą ELKAN (Geofizyka Kraków), analizę modelu rzeczywistego obrazu strukturalnego warstw miocenu wykonał Trygar (1993).

Na tak zinterpretowanym nowym obrazie strukturalnym został odwiercony otwór Biszcza 1 (ryc. 7). Otworem tym udokumentowano sześć poziomów gazonośnych o wydajności 10–300 Nm^3/min. Złoże zakumulowane jest w piaskowcach o zróżnicowanych cechach fizycznych, związanych z większym lub mniejszym stopniem rozluźnienia osadów. Negatywny wynik otworu rozpoznawczego (B-2) uświadomił nam skomplikowany charakter budowy geologicznej złoża. Otworem tym stwierdzono, że obniżenie struktury o około 6 m wystarczyło do zawodnienia 25 metrowego poziomu gazonośnego z odwiertu Biszcza-1 mimo, że otwór Biszcza-2 zlokalizowano w strefie podobnego, jak w przypadku Biszczy-1 anomalnego zapisu sejsmicznego. Analiza testu produkcyjnego poziomu z głębokości 860–835 m wykazała, że struktura ma charakter wydłużonej antykliny o szerokości 250 m.

Odkrycie nowego złoża gazu ziemnego w rejonie Biszczy dało początek intensyfikacji nowego rozpoznania sejsmicznego, często w oparciu o wyniki przetworzenia obrazu falowego, zarejestrowanego na starych profilach. Na podstawie wyników szczegółowych analiz geologiczno-geofizycznych obszarów awizujących swoją perspektywność anomalnym zapisem sejsmicznym rozpoczęto rozpoznawanie produktywności nowych obiektów strukturalnych.

Na strukturze Woli Obszańskiej, zaznaczonej podłużnym wyniesieniem poziomu anhydrytowego, od 1965 r. zrealizowano 6 negatywnych otworów. Ostatnio wykonanymi otworami Wola Obszańska 9 (ryc. 8) i Wola Obszańska 10 odkryto występowanie ośmiu horyzontów gazonośnych. Są to liczące od 2–5 m miąższości poziomy piaskowcowe oraz luźne piaski, z których w wyniku opróbowania uzyskiwano przypływy gazu ziemnego o różnorodnej wydajności, w większości przypadków z wykładnikami wody złożowej w ilości 2–30 g/Nm^3.

Efekt przemysłowy uzyskano również w wyniku penetracji wiertniczej rozległego *bright spot* w rejonie Księżpola. Otworem Księżpol 10 odkryto cztery horyzonty gazonośne o wydajności 27–100 Nm^3/min z wykładnikami wodnymi od 0,5–10 g/Nm^3.

Przedstawione powyżej rezultaty poszukiwań stanowią podstawę do kontynuowania rozpoznania gazonośnych obiektów oraz uzasadniają celowość rozpoczęcia poszukiwań na kilku perspektywnych obiektach. Do nich zaliczyć należy przede wszystkim obszar zalęgający pomiędzy złożami Kuryłówki i Biszczy (Potok Górny, Jedlinki, Brzyska Wola), a także NW przedłużenie struktury Biszcza w rejonie Krzeszów–Bystre. Wstępne wyniki przetwarzania profili sejsmicznych z rejonu na zachód od złoża Lubaczów stwarzają możliwość poszerzenia złoża Dzików oraz odkrycia nowej perspektywicznej struktury (Sucha Wola — ryc. 9). Są to wstępne rezultaty badania jednego z atrybutów trasy sejsmicznej — częstotliwości chwilowej. Tego typu perspektywnych obiektów na obszarze Rudnik–Lubaczów jest prawdopodobnie więcej. Trzeba mieć jednak świadomość, iż jesteśmy dopiero na początku procesu wyjaśniania wielu skomplikowanych problemów, utrudniających uzyskanie przemysłowych rezultatów.

Szczegółowej analizy wymaga przede wszystkim samo zjawisko rejestrowanego zapisu anomalnego typu *bright spot*. Prawdopodobnie nie jest ono wyłącznie rezultatem obecności gazu lecz także stanowi informację o zróżnicowanej litologii osadów. Możliwą do przyjęcia wydaje się także interpretacja wskazująca na rejestrację rozległych obszarowo kontaktów gaz–woda. Ponadto pracujemy obecnie, tak geofizycy jak i geolodzy nad przygotowaniem odpowiedniej metodyki pozwalającej na jednoznaczne rozróżnienie *bright spot* od np. rzeczywistego obrazu synklinalnego ugięcia warstw. Pomocne w tym względzie mogą się okazać nowoczesne procedury ciągłego badania zmian prędkościowych na każdym z interpretowanych profili. Niezależnie od doskonalenia metod wykonywania i interpretacji sejsmiki refleksyjnej niezbędna staje się konieczność wykonywania wszechstronnych badań i analiz sedymentologicznych. Szczegółowe rozpoznanie mechanizmów sedymentacji osadów powinno stać u podstaw geologicznej interpretacji zarejestrowanego obrazu sejsmicznego.

Osobnym zagadnieniem jest problem interpretacji pomiarów karotażowych. Nowoczesne oprogramowanie do interpretacji ilościowej materiałów geofizyki wiertniczej nie zawsze pozwala na wytypowanie perspektywnych poziomów. Niewielkie zróżnicowanie opornościowe (0,3–0,5 omm) poziomów wodo- i gazonośnych, związane z rozluźnieniem osadów, utrudnia nie tylko interpretacje nowych, ale także reinterpretacje karotażu z wcześniej zrealizowanych otworów.

Solidne rozpracowanie przytoczonych problemów, wraz z przygotowaniem się do eksploatacji złóż gazu ziemnego z wodą, przyczynią się do uefektywnienia poszukiwań w północnej części przedgórza Karpat.

Wnioski

1. Obecnie rezultaty geologiczno-złożowego oraz geofizycznego rozpoznania świadczą nadal o wysokiej perspektywności wschodniej części przedgórza Karpat.
2. Celem zwiększenia prawdopodobieństwa odkrycia nowych zasobnych obiektów typu Jodłówka zwiększyć należy zakres badań sejsmicznych 3D na obszarze Dębica –Przemyśl.
3. Ustalenie właściwych kierunków poszukiwań w północnej części przedgórza Karpat oparte być powinno na wszechstronnej analizie sedymentologicznej, identyfikującej obszary najlepszych właściwości zbiornikowych.