

Nowe perspektywy poszukiwawcze na bazie reprocessingu danych sejsmicznych 3D z rejonu Sokółów–Pogwizdów (zapadlisko przedkarpackie)

Mieczysława Zubrzycka¹, Barbara Czerwińska¹,
Bożena Nikiel-Tshabangu¹, Zdzisław Zubrzycki¹



M. Zubrzycka

B. Czerwińska

B. Nikiel-Tshabangu

Z. Zubrzycki

New perspectives for hydrocarbon prospecting in the Sokółów–Pogwizdów region (Carpathian Foredeep) as show by reprocessing of 3D seismic data. Prz. Geol., 57: 988–995.

Abstract. Reprocessing of 3D seismic data from the Carpathian Foreland and new interpretation techniques enabled more accurate mapping of structure and facies distribution of Miocene series and their bedrock. The reprocessing of a part of Sokółów Małopolski–Smolarzyny, 2001 3D seismic survey carried out in 2006 was focused on the Pogwizdów structure. Application of GeoProbe® software and the detailed analysis of seismic trace

attributes along with the structural interpretation gave new information on morphology of the pre-Miocene bedrock and Miocene series. The area of erosional channels (paleovalleys), where anhydrite sediments and probably the Baranów Beds were distinguished, is particularly interesting as it is characterized by some distinctive anomalies of the analyzed seismic attributes. The evidence for presence of anhydrite within the so-called anhydrite-less island significantly enhances probability of discovering new gas fields with the Baranów Beds as reservoirs and anhydrites as a seal. The number of potential gas fields should compensate for their small reserves.

Key words: 3D seismic data, new interpretation techniques, miocene, Carpathian foredeep

Na powstanie większości pułapek węglowodorów w utworach miocenu przedgórza Karpat miała wpływ konfiguracja powierzchni podłoża miocenu. Na urozmaiconej morfologicznie powierzchni podłoża osadziły się utwory miocenu, w ten sposób, że osady badenu dolnego i środkowego wyrównują morfologię podłoża wyklinowując się do jego wyniesień, a bezpośrednio na serii ewaporatowej lub utworach podłoża zalegają miększe osady badenu górnego i sarmatu charakteryzujące się dużą zmiennością litofacjalną.

Osady miocenu leżą na ogół płasko, ale często dostosowują swój kształt zalegania do ukształtowania podłoża, dzięki czemu nad wyniesieniami podłoża tworzą szereg struktur kompakcyjnych, natomiast w jego obniżeniach (rynnach erozyjnych) dolne serie osadów miocenijskich wyklinowują się na skłonach wyniesień. W tym kontekście dla identyfikacji potencjalnych pułapek węglowodorów niezwykle ważne jest przede wszystkim dokładne odwzorowanie budowy strukturalno-tektonicznej podłoża miocenu, a następnie prześledzenie rozwoju serii miocenijskich. Możliwość takie stwarzają badania sejsmiczne 3D, a w szczególności nowe techniki interpretacyjne danych sejsmicznych, w tym szczegółowa analiza atrybutów trasy sejsmicznej, prowadzona równolegle z interpretacją strukturalną. Przykładem wykorzystania nowoczesnych narzędzi jest wynik interpretacji danych sejsmicznych 3D w obrębie fragmentu zdjęcia sejsmicznego *Sokółów Małopolski–Smolarzyny, 2001 r.* (Filo & Kachlik, 2001).

Zarys budowy geologicznej rejonu badań

Podłoże zapadliska przedkarpackiego stanowi platforma epiwaryscyjska i jej permsko-mezozoiczna pokrywa o zróżnicowanej morfologii powierzchni stropowej. Zachodnia część przedgórza Karpat charakteryzuje się blokową strukturą podłoża, natomiast część środkowa i wschodnia głębokimi strukturami erozyjnymi w postaci paleodolin, w większości o kierunku NW-SE, oddzielonych wąskimi paleogarbami o podobnym kierunku (Oszczypko, 1996).

Treść artykułu dotyczy części środkowej zapadliska, na północ od strefy nasunięcia fliszowego, gdzie w pionowym profilu autochtonicznych utworów miocenu tej strefy wyróżniamy tradycyjnie utwory podewaporatowe (baden dolny — warstwy baranowskie), ewaporatowe (baden środkowy) i nadewaporatowe (baden górny i dolny sarmat).

Osady nadewaporatowe charakteryzują się dużą zmiennością facjalną będącą wynikiem zmiennych warunków sedymentacji. W badenie środkowym nastąpiła przebudowa tektoniczna basenu miocenijskiego i związana z nią zmiana środowisk sedymentacyjnych. Stabilny szelf dolnego badenu został zastąpiony szelfem mobilnym ze znaczną subsydemcją dna kompensowaną sedymentacją. Wznowiła się podmorska działalność erozyjna: ewaporaty i seria podewaporatowa miejscami zostały zerodowane. Pod koniec badenu zbiornik miocenijski pogłębił się przy ciągle dużej subsydemcji i jednoczesnej depozycji. Jakkolwiek litologia osadów nie uległa wyraźnej zmianie, nadal były to piaskowce, mułowce i ilowce, to w dolnej części sarmatu zwiększył się udział piaskowców (Połtowicz, 1998; Oszczypko, 1999).

Zróżnicowanie paleomorfologii podłoża platformowego i uzależniony od niej przebieg sedymentacji i kompaktacji osadów w dolnym badenie oraz zróżnicowany sposób depozycji osadów w badenie środkowym i górnym oraz w

¹Geofizyka Kraków Sp. z o.o., ul. Łukasiewicza 3, 31-429 Kraków; mieczyslawa.zubrzycka@geofizyka.krakow.pl; barbara.czerwinska@geofizyka.krakow.pl; bozena.nikiel@geofizyka.krakow.pl; zdzislaw.zubrzycki@geofizyka.krakow.pl

dolnym sarmacie, spowodowały powstanie wielu typów pułapek o zróżnicowanej genezie i charakterze. Generalnie możemy je podzielić na pułapki strukturalne utworzone nad wyniesieniami w podłożu, tzw. struktury obiekcyjne (lub kompakcyjne) i pułapki nieantyklinalne: litologiczno-strukturalne i litologiczno-facjalne powstałe na skłonach wyniesień i w osiowych strefach obniżień w podłożu miocenu (Jawor, 1983; Połtowicz, 1996).

W rejonie badań sejsmicznych *Sokołów-Smolarzyny*, rej.: *Pogwizdów*, 2006 r. kompleks miocenu autochtonicznego zalega bezpośrednio na prekambryjskim podłożu. Warstwy baranowskie, wykształcone w postaci łupków szarych marglistych i zapiaszczonych, występują w obniżeniach podłoża w formie nieregularnych płytów o miąższości od 3 (*Smolarzyny-9*) do 47 m (*Wysoka Głogowska-2*). Utwory ewaporatowe badenu środkowego, o podobnym rozprzestrzenieniu i miąższości jak osady badenu dolnego (*Wola Zarczycka-8* — 5 m, *Wysoka Głogowska-2* — 37 m), reprezentowane są głównie przez krystaliczne szare anhydryty z przeroskami alabastru lub łupków i sporadycznie z wkładkami wapieni lub margli. Na utworach ewaporatowych lub bezpośrednio na prekambryjskim podłożu, występują osady badenu górnego jako seria ilasto-mułowcowa o miąższości rzędu kilkudziesięciu metrów, z przewarstwieniami piaskowców drobno- i średnioziarnistych. Najmłodsze ogniwo miocenu to piaszczysto-ilasty lub ilasto-piaszczysty kompleks osadów dolnego sarmatu o znacznej miąższości (*Pogwizdów-1* — 1760 m, *Pogwizdów-2* — 1687 m).

Analiza danych sejsmicznych 3D *Sokołów Małopolski-Smolarzyny*, 2001 r.

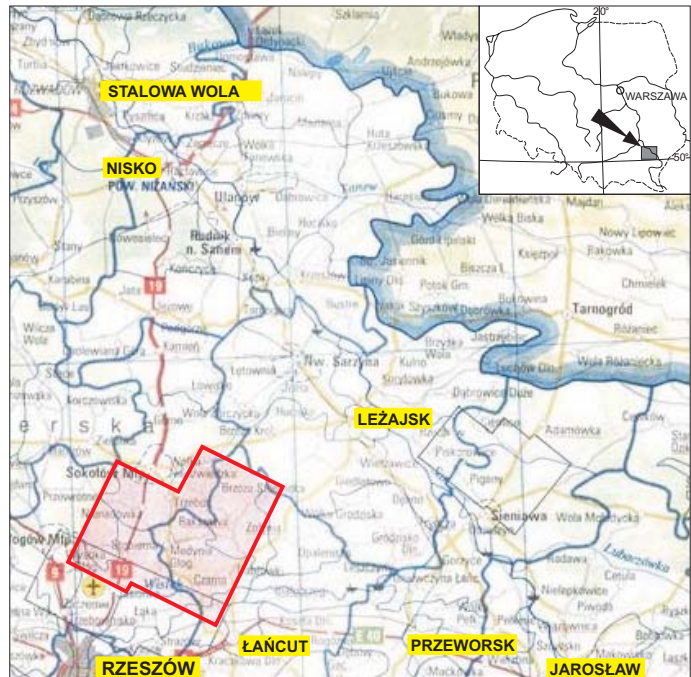
Zdjęcie sejsmiczne 3D *Sokołów Małopolski-Smolarzyny*, 2001 r. zostało wykonane przez Geofizykę Kraków, na zlecenie PGNiG, w środkowej części przedgórzia Karpat w strefie, w której występowanie złóż gazu ziemnego związane jest z pułapkami kompakcyjnymi, usytuowanymi nad wyniesieniami podłoża miocenu (ryc. 1).

Podstawową mapą wykonaną w granicach tego zdjęcia była mapa spągu utworów miocenu odwzorowująca ukształtowanie powierzchni stropowej ich prekambryjskiego podłoża (ryc. 2). Jednym z głównych elementów strukturalnych rejonu jest rozległa struktura *Pogwizdów* widoczna wyraźnie prawie w całym profilu miocenu. W stropie prekambru jest to obiekt o amplitudzie rzędu kilkuset metrów, do którego wyklinowują się utwory badenu, i nad którym w utworach sarmatu mogła powstać pułapka kompakcyjna.

W 2006 roku dla doprecyzowania lokalizacji wierceń poszukiwawczych fragment zdjęcia, obejmujący najbardziej perspektywiczną część badanego rejonu (ryc. 2), poddano ponownemu przetworzeniu i interpretacji. Interpretację zreprocessowanych danych sejsmicznych wykonano w zintegrowanym systemie *OpenWorks* firmy *Halliburton Digital & Consulting Solutions* — *Landmark* wykorzystując aplikację oprogramowania wersji R 2003.12. Oprócz analizy standardowych już atrybutów trasy sejsmicznej: amplitudy, częstotliwości, fazy, impedancji akustycznej i *AVO Product (Amplitude Variations with Offset)*, wykorzystano

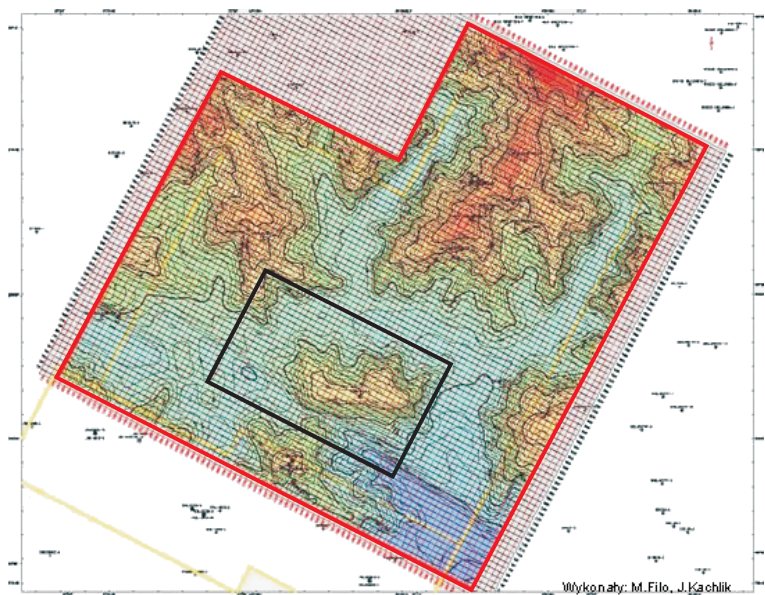
także nowe możliwości interpretacyjne, jakie daje program *GeoProbe*® z pakietu *DecisionSpace*® firmy *Landmark Graphics Corporation*.

Program *GeoProbe*® umożliwia prowadzenie zintegrowanej, interaktywnej interpretacji i wizualizacji wieloatrybutowych danych sejsmicznych w przestrzeni trójwymiarowej, które służą interpretacji strukturalnej, litofacjalnej, stratygraficznej oraz złożowej. W opisywanych analizach zapisu sejsmicznego na omawianym obszarze szczególnie przydatnym okazał się atrybut *trio*, który



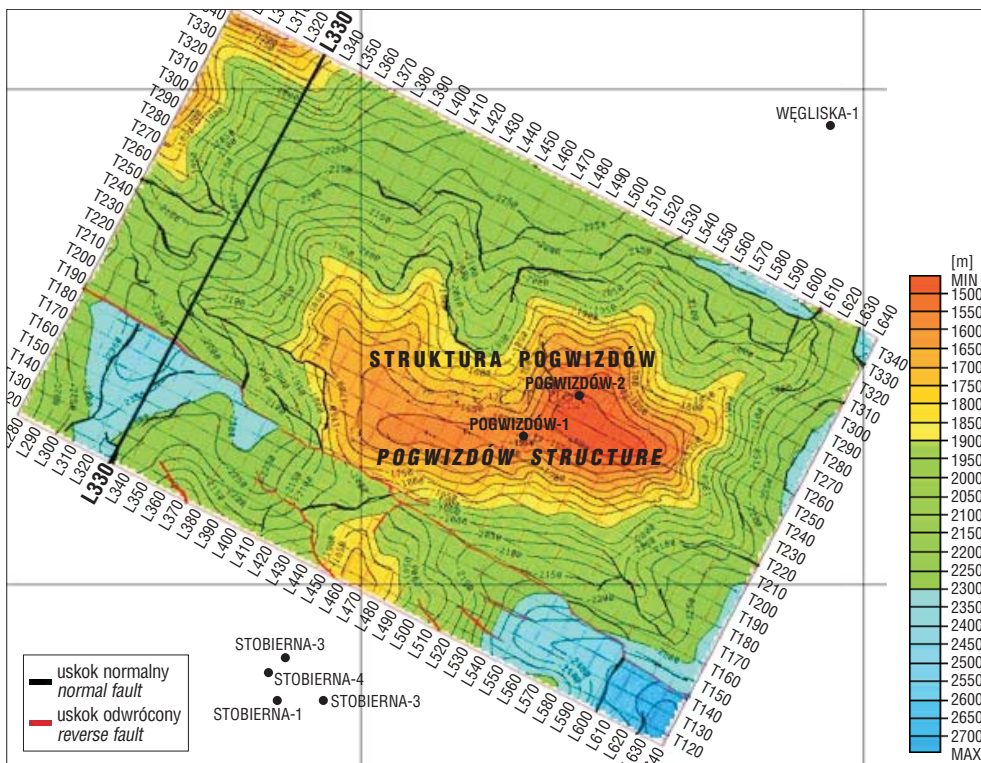
Ryc. 1. Lokalizacja rejonu badań na tle fragmentu mapy województwa podkarpackiego

Fig. 1. Location of the studied area at the background of map of the Podkarpackie Province



Ryc. 2. Usytuowanie zdjęcia *Sokołów-Smolarzyny*, rejon *Pogwizdów*, 2006 r. (czarny prostokąt) na tle mapy strukturalnej podłoża miocenu wykonanej w ramach projektu 3D: *Sokołów Małopolski-Smolarzyny*, 2001 r.

Fig. 2. Location of the *Sokołów-Smolarzyny*, *Pogwizdów* region, 2006 3D seismic survey (black rectangle) at the background of depth map of the base of Miocene sediments from *Sokołów Małopolski-Smolarzyny*, 2001 3D project

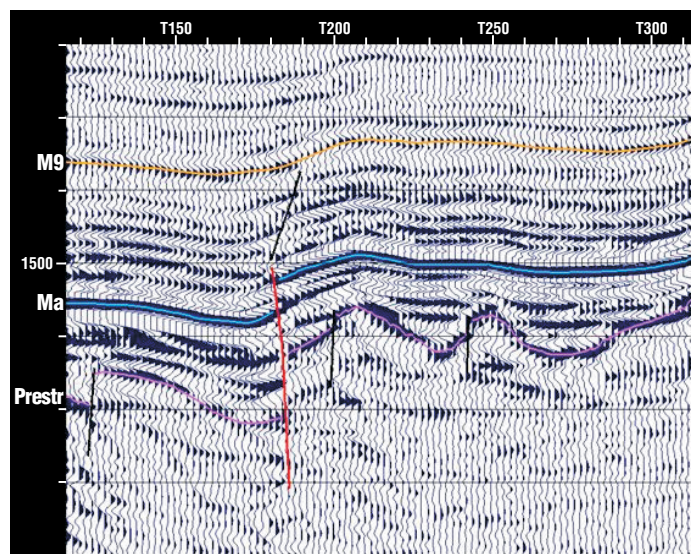


←
Ryc. 3. Mapa strukturalna granicy sejsmicznej Pre_str — strop prekambru (z roku 2006) — rejon Pogwizdów
Fig. 3. Depth map of the seismic horizon Pre_str — top of Precambrian (2006) — Pogwizdów region

należy do grupy złożonych wielokomponentowych atrybutów wizualizacyjnych dostępnych w programie GeoProbe[®]. Rola tych atrybutów nabiera coraz większego znaczenia, zwłaszcza w analizach sejsmostratygicznych. Zakładając, że dane sejsmiczne można potraktować jako trójwymiarowy obraz warstw geologicznych składających się na architekturę depozycyjną badanego obszaru, dodatkowo do dyspozycji interpretera są atrybuty tego obrazu takie jak kształt, tekstura, ciągłość i przede wszystkim kolor, które są wykorzystywane do poszukiwania obiektów geologicznych w dostępnych zbiorach danych sejsmicznych. Atrybuty wizualizacyjne generowane są przy zastosowaniu techniki znanej jako *colour blending* (mieszanie kolorów), dotychczas wykorzystywanej w przetwarzaniu i wizualizacji spektralnych danych satelitarnych. Metoda ta polega na generowaniu atrybutów wizualizacyjnych, które są połączeniem dwóch lub trzech różnych atrybutów sejsmicznych w jeden wolumen. Dokonuje się tego przy użyciu matematycznych modeli przestrzeni kolorów służących do tworzenia barw. Najpowszechniej używany model kolorów RGB, reprezentowany przez sześćdziesiąt, jest oparty na trzech kolorach podstawowych: czerwonym (*red*), zielonym (*green*) i niebieskim (*blue*).

Ten rodzaj modelu stosuje się do wizualizacji atrybutów tego samego rodzaju, np. trzech chwilowych atrybutów trasy sejsmicznej, czyli amplitudy (*red*), częstotliwości (*blue*) i fazy (*green*), składających się na atrybut *trio*.

Atrybuty chwilowe trasy sejsmicznej i ich zastosowanie zostały bardzo dokładnie opisane w literaturze, między innymi przez Hardage'a (1985). Z kolei zasady powstawania wizualizacyjnego atrybutu *trio*, jego sens interpretacyjny oraz dokładny opis stosowanej skali kolorów dla tego atrybutu opisała Radovich i innych (1998). Zastosowanie atrybutu *trio* w interpretacji litofacjalnej i stratygraficznej zostało także przedstawione na posterze przygotowanym w Geofizyce Kraków na I Polski Kongres Geologiczny (Nikiel-Tshabangu & Nebelska, 2008). Zasady stosowania



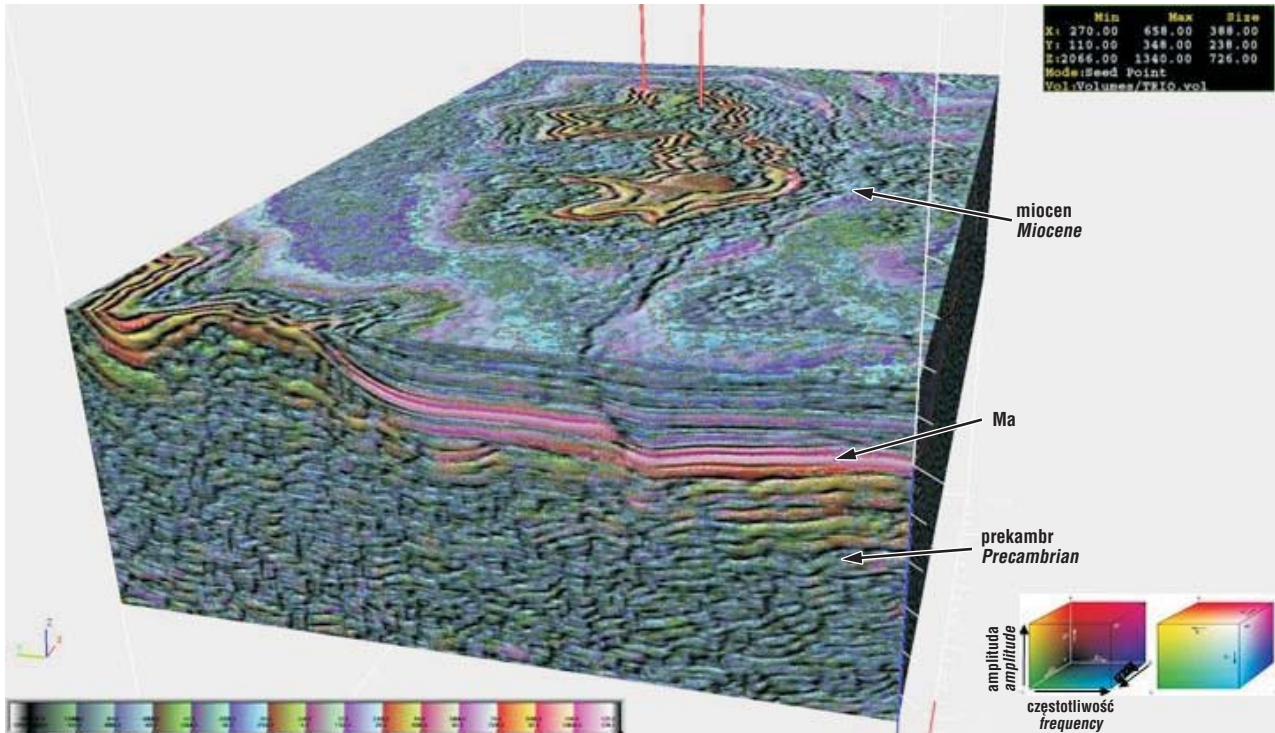
Ryc. 4. Fragment czasowego przekroju sejsmicznego L330: M9 — granica wewnątrzmiocenińska, Ma — strop anhydrytu, Pre_str — strop prekambru
Fig. 4. Segment of seismic time section L330: M9 — intra-Miocene horizon, Ma — top of anhydrite, Pre_str — top of Precambrian

przestrzennych modeli barw w generowaniu złożonych atrybutów wizualizacyjnych, takich jak *trio*, a także wybrane przykłady zastosowania tego atrybutu do interpretacji stratygraficznej oraz złożowej zostały przedstawione na posterze wykonanym w Geofizyce Kraków na XIII krajowe spotkanie użytkowników oprogramowania Landmark (Nikiel-Tshabangu, 2008).

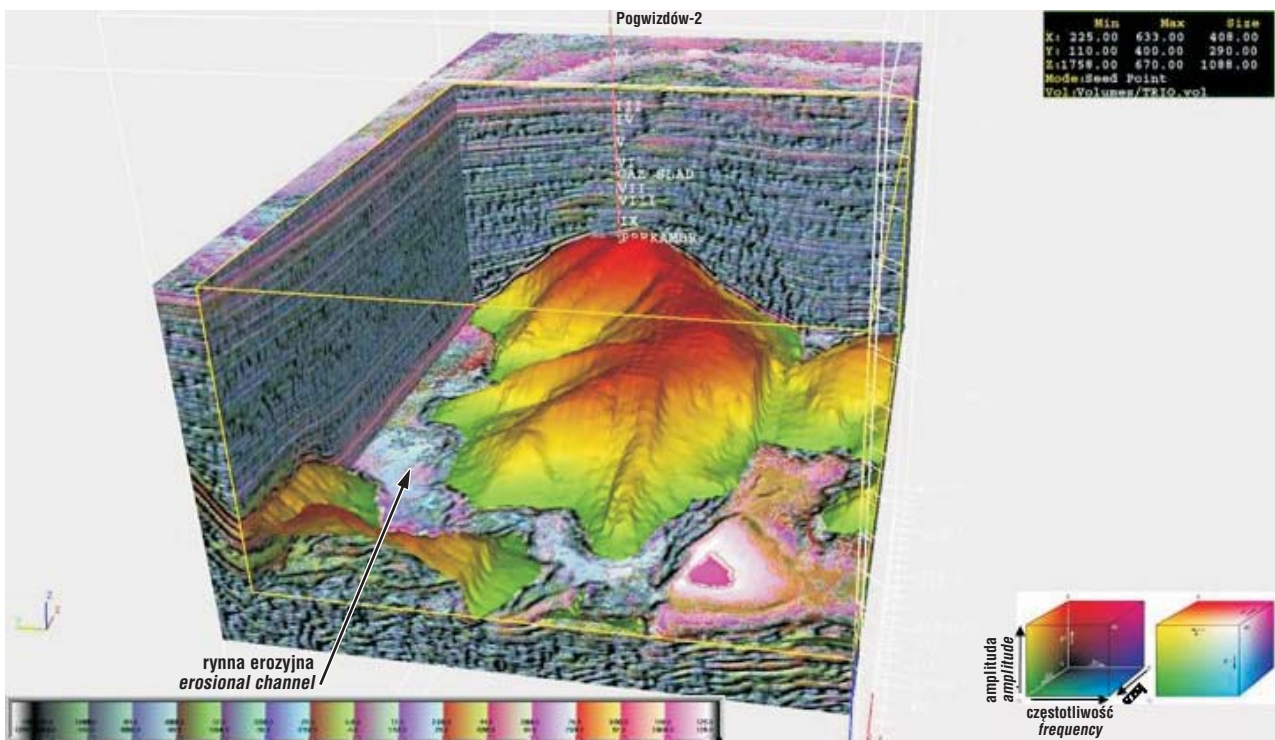
Poprawa jakości danych sejsmicznych, będąca wynikiem przeprowadzonego reprocessingu, i zastosowanie nowych technik interpretacyjnych pozwoliły zweryfikować i uszczegółowić model budowy strukturalnej rejonu Pogwizdowa (ryc. 3). Rejon ten charakteryzuje się znacznym zaangażowaniem tektonicznym, przede wszystkim w odniesieniu do utworów podłoża (ryc. 4). Mimo intensyw-

nej erozji, jaka miała w okresie paleogen–wczesny miocen, widoczne są liczne uskoki o charakterze normalnym i odwróconym, o różnych kierunkach i wielkościach zrzutu. W detalizacji ich przebiegu bardzo pomocna była analiza atrybutów sejsmicznych przy użyciu programu GeoProbe® (ryc. 5) m.in. na bloku danych w odtworzeniu *semblance*. Ten atrybutowy wolumen podobieństwa sygnału, oblicza-

ny jest na podstawie podobieństwa każdej trasy sejsmicznej wolumenu wyjściowego z sąsiednimi trasami. Wolumen ten jest najefektywniej interpretowany na przekrojach poziomych, ponieważ podkreślając wszelkie nieciągłości umożliwia dokładną interpretację dyslokacji. Nad rozległą strukturą w obrębie utworów sarmatu prześlędzono szereg uskoków synsedymencyjnych (ryc. 4–7), które odgry-

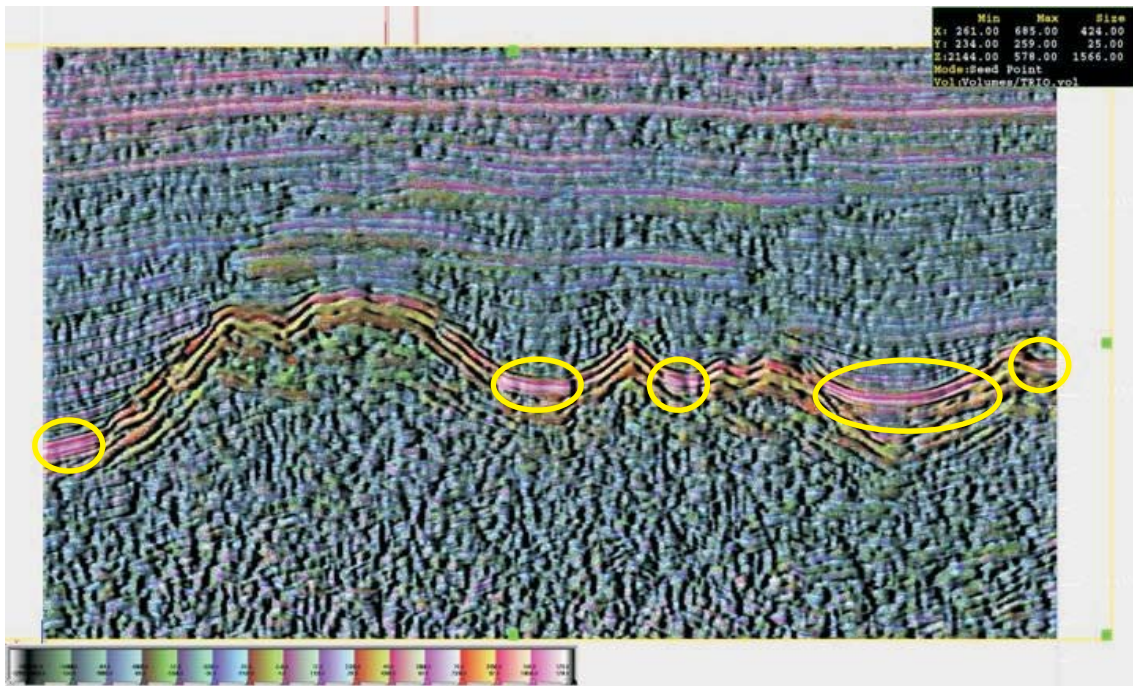


Ryc. 5. Połączone wolumeny sejsmiczne *trio* i *semblance* przedstawiające elementy strukturalno-tektoniczne podłoża: Ma — strop anhydrytu
Fig. 5. Combination of *trio* and *semblance* volumes showing structural and tectonic elements of the bedrock: Ma — top of anhydrite

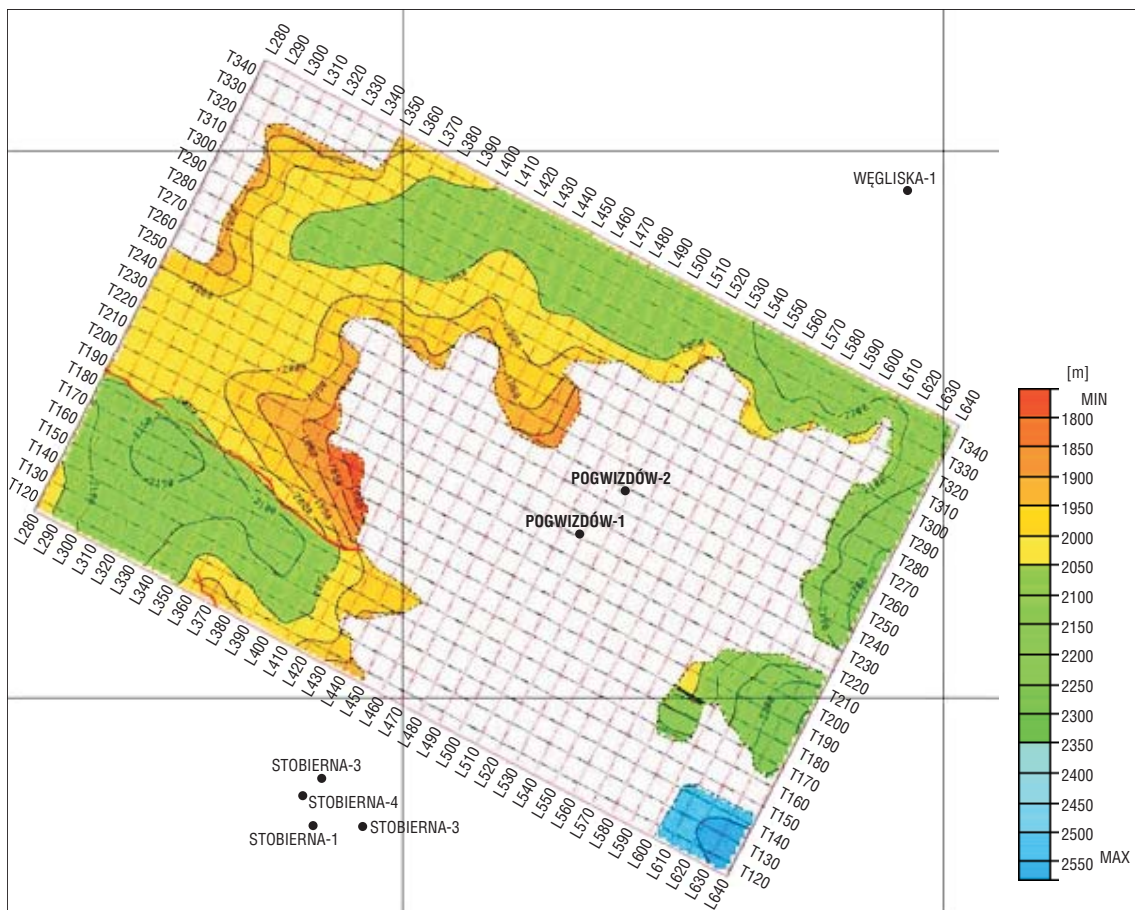


Ryc. 6. Przestrzenna prezentacja granicy sejsmicznej Pre_str (strop prekambru) w rejonie otworu wiertniczego Pogwizdów-2 (wolumen sejsmiczny *trio* w połączeniu z *semblance*)

Fig. 6. Spatial visualization of Pre_str (top of Precambrian) seismic horizon in area of the Pogwizdów-2 borehole (combination of two volumes: *trio* and *semblance*)



Ryc. 7. Wolumen sejsmiczny *trio* przedstawiający warstwy anhydrytu w obniżeniach podłoża prekambryjskiego
 Fig. 7. *Trio* volume showing anhydrite beds in the lows of Precambrian bedrock



Ryc. 8. Mapa strukturalna granicy sejsmicznej Ma — strop anhydrytu (2006 r.)
 Fig. 8. Depth map of Ma seismic horizon — top of anhydrite (2006)

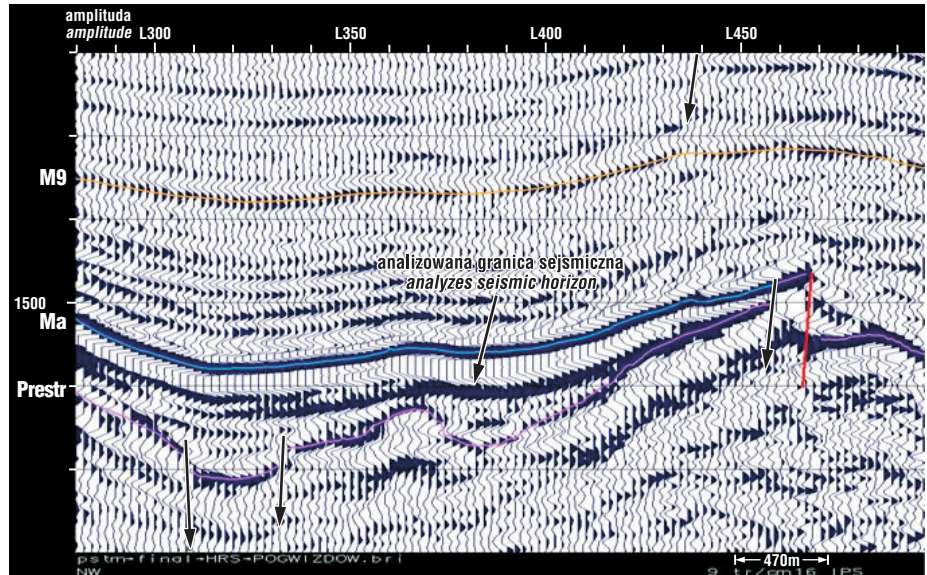
wają istotną rolę w zamknięciu pułapek złożowych. Szczegółowe omówienie możliwości poszukiwawczych w obrębie utworów nadewaporatowych znajduje się w dokumentacji końcowej wykonanych badań sejsmicznych

(Zubrzycka, 2007), natomiast tematem tego artykułu są osady miocenijskie badenu zdeponowane w osiowej partii rynien erozyjnych w podłożu miocenu (ryc. 6) (Krzywiec i in., 2008).

Dane otworowe dokumentują przede wszystkim wyższą część sukcesji miocenijskiej ze względu na to, że zgodnie z dotychczas obowiązującą koncepcją poszukiwawczą, otwory sytuowane były głównie na wyniesieniach. Rozpoznanie dolnej części profilu miocenu w tym rejonie oparte jest na analizie obrazu falowego oraz nielicznych wierceniach (Smolarzyny-9, Wysoka Głogowska-2, Wola Zarczycka-8), które potwierdzają przypuszczenie, że w paleorynnach jest wykształcony pełny profil stratygraficzny miocenu. Zatem mogą tam występować ewaporaty i warstwy baranowskie o miąższościach rzędu 30-50 m (Wola Głogowska-2, odwiert zlokalizowany w zachodniej części zdjęcia 3D *Sokołów Małopolski-Smolarzyny*, 2001 r.).

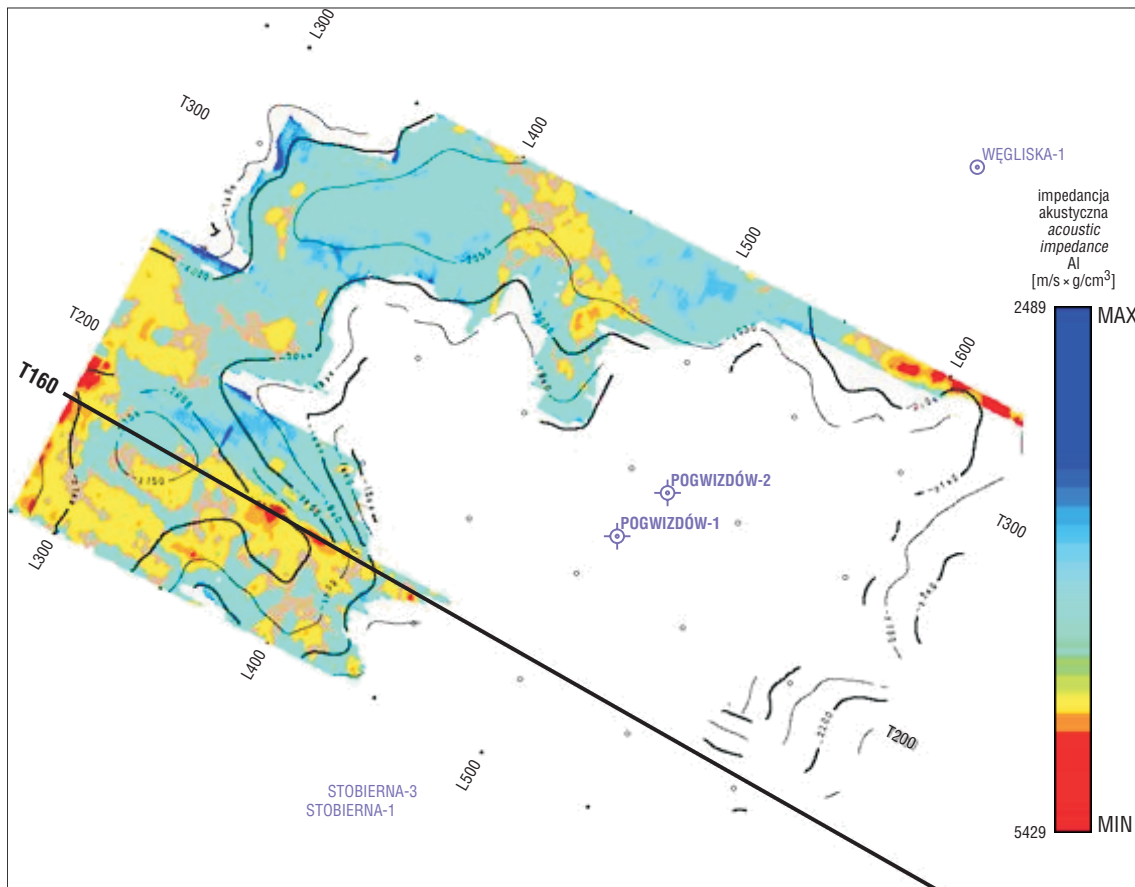
Wykorzystując impedancję akustyczną i wolumeny atrybutów sejsmicznych, obliczone przy użyciu programu Geo-Probe[®], w obniżeniach powierzchni stropowej utworów prekambry udokumentowano obecność utworów anhydry-

tu, a pod nimi jeszcze starszych skał (warstw baranowskich). Utwory anhydrytu w zapisie sejsmicznym charakteryzują się znacznie podwyższonymi wartościami amplitud fali sejs-



Ryc. 9. Fragment czasowego przekroju sejsmicznego T160 w wersji amplituda: → — analizowana granica sejsmiczna, M9 — granica wewnątrzmiocenijska, Ma — strop anhydrytu, Pre_str — strop prekambry

Fig. 9. Segment of seismic time section T160 seismic amplitude: → — analyzed seismic horizon, M9 — intra-miocene horizon, Ma — top of anhydrite, Pre_str — top of Precambrian

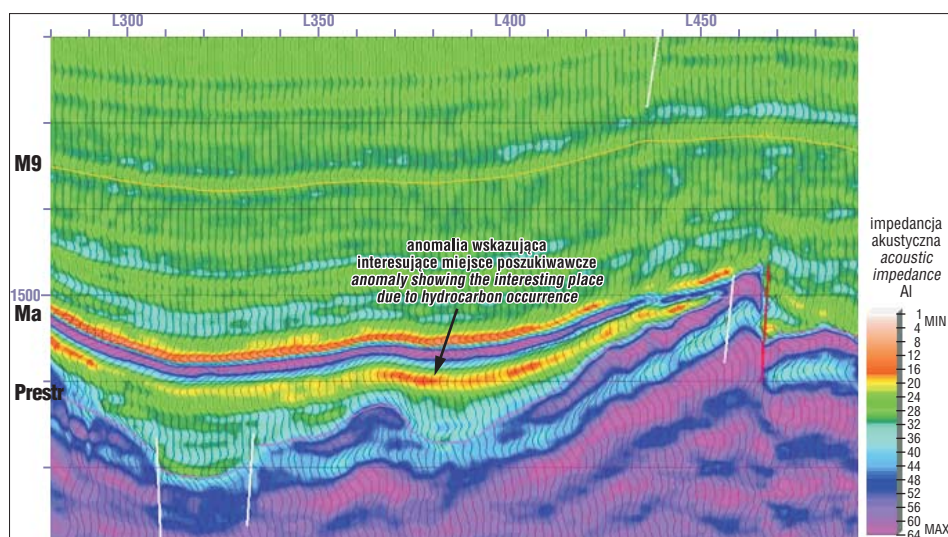


Ryc. 10. Mapa zmian impedancji akustycznej pomiędzy granicami Ma–Pre_str na tle mapy strukturalnej Ma: T160 — linia sejsmiczna dokumentująca anomalie atrybutowe

Fig. 10. Map of acoustic impedance between seismic horizons: Ma and Pre_str at the background of the depth map of Ma horizon: T160 — seismic lines showing seismic attribute anomalies

Ryc. 11. Fragment czasowego przekroju sejsmicznego T160 w wersji impedancji akustycznej: M9 — granica wewnątrzmiocenska, Ma — strop anhydrytu, Pre_str — strop prekambru

Fig. 11. Segment of seismic section T160 showing variation of acoustic impedance: M9 — intra-Miocene horizon, Ma — top of anhydrite, Pre_str — top of Precambrian



micznej i wysoką impedancją akustyczną (powyżej 12000 [m/s*g/cm³]), zdecydowanie wyróżniającymi je od refleksów pochodzących z piaszczowco-mułowcowo-ilastych osadów miocenu i utworów podłoża (ryc. 9, 11). W ten sposób potwierdzone zostało domniemanie, że na obszarze pierwotnego zdjęcia z 2001 roku w miejscach najbardziej obniżonych występują ewaporaty oraz niżej leżące badeńskie lub starsze (paleogeńskie) osady podewaporatowe (Moryc, 1995; Krzywicz i in., 2008). Analiza obrazu falowego pozwoliła z dużym prawdopodobieństwem wydzielić obszary występowania serii ewaporatów, nie prześledzonej wcześniej w ramach pierwotnej dokumentacji (ryc. 7). Do tego celu wykorzystano głównie atrybutowy wolumen sejsmiczny *trio*, który jest złożonym wolumenem zespolonej trasy sejsmicznej składającym się z atrybutów chwilowych: amplitudy, częstotliwości i fazy.

Atrybut *trio* umożliwia szybką i w miarę obiektywną (bo niezależną od korelacji) analizę danych sejsmicznych oraz wydzielenie odrębnych jednostek stratygraficznych. Na omawianym obszarze badań podkreśla on bardzo wyraźny kontakt pomiędzy miocenskim osadami piaszczysto-ilastymi a anhydrytami oraz podłożem prekambryjskim. W strefach wyniesionych pozwala też na rozróżnienie odbić od anhydrytu i prekambru, co nie zawsze jest oczywiste na wejściowych trasach sejsmicznych. Odbicia od anhydrytu w porównaniu z odbiciami od stropu podłoża prekambryjskiego charakteryzują się znacznie wyższą amplitudą chwilową oraz częstotliwością chwilową, co ma bezpośredni wpływ na wartości atrybutu *trio*. Tak więc obecność anhydrytu wiąże się z charakterystycznym różowym kolorem na odtworzeniach atrybutu *trio*, podczas gdy odbicia od prekambru korespondują z kolorami rdzawobrunatnymi a odbicia od pozostałych granic wewnątrz-miocenskich są reprezentowane przez kolory niebieskofioletowe charakteryzujące niższe amplitudy. W konsekwencji dzięki zastosowaniu atrybutu *trio* możliwa była korelacja granicy Ma utożsamianej ze stropem anhydrytu.

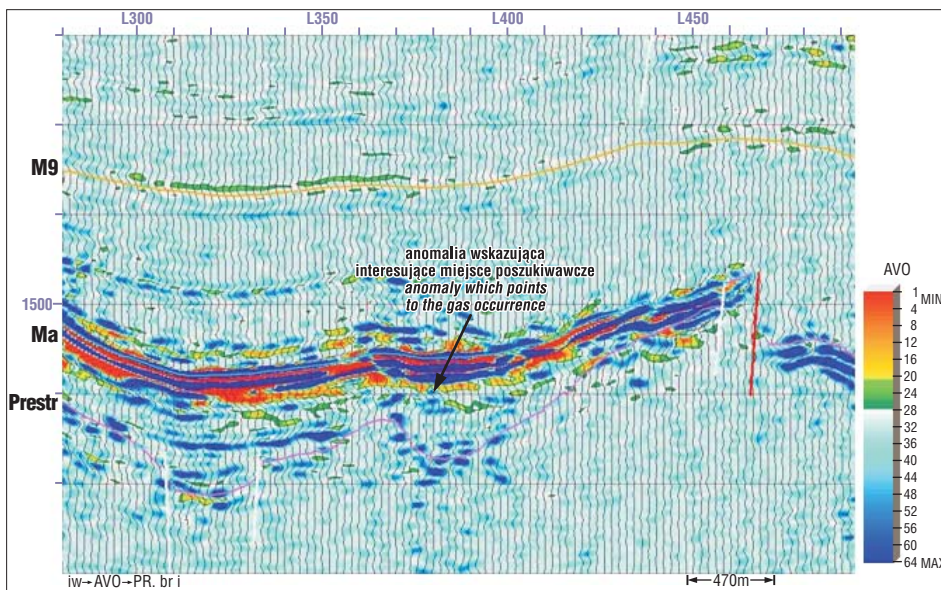
Dla tak skorelowanej granicy sejsmicznej Ma wykonano mapę strukturalną (ryc. 8) dokumentującą obszar występowania anhydrytu w analizowanym rejonie, co przeczy tezie, że obszary tzw. „bezanhydrytowe” występują w obniżeniach, skąd ewaporaty zostały usunięte na skutek podmorskiej miocenskiej erozji pogłębiającej paleodoliny

(Połtowicz, 1998). Analizując zapis sejsmiczny pomiędzy granicą refleksyjną związaną ze stropem utworów anhydrytu i granicą odpowiadającą stropowi prekambru (ryc. 9), stwierdzono występowanie jeszcze jednej wyraźnej granicy wyklinowującej się do podłoża, prawdopodobnie związanej z piaszczowcami glaukonitowymi warstw baranowskich. Wzdłuż tej granicy zidentyfikowano interesujące anomalie w obrazie impedancji akustycznej (ryc. 10), które można prześledzić szczegółowo wzdłuż tras, np.: T160 (ryc. 11). Oprócz anomalii impedancji nad lokalnymi wyniesieniami w strefie osiowej paleorynny zarejestrowano także anomalie *AVO Product* (ryc. 12). Widoczne niewielkie podniesienia strukturalne i wyraźne anomalny zapis analizowanych atrybutów, zarówno impedancji jak i *AVO Product*, sugeruje możliwość występowania złoża w piaszczowcach warstw baranowskich uszczelnionych anhydrytami.

Implikacje poszukiwawcze interpretacji danych sejsmicznych 3D

Na przykładzie omówionych wyników interpretacji danych sejsmicznych 3D przy użyciu programu GeoProbe[®], można stwierdzić, że wysokiej jakości zdjęcie sejsmiczne 3D pozwala na precyzyjne wyznaczenie zasięgu występowania anhydrytów w strefach obniżonych oddzielonych elewacjami podłoża. Pod ciągłą pokrywą anhydrytów, w strefach osiowych mogą występować utwory warstw baranowskich (dolny baden) lub jeszcze starsze paleogeńskie, na co wskazują także inne publikacje (Moryc, 1995). Badania sedimentologiczne rdzeni, analizy i korelacje pomiarów geofizycznych w odwiertach oraz wyniki prób złożowych, pozwoliły na uznanie glaukonitowych piaszczowców warstw baranowskich za skały zbiornikowe o bardzo dobrych parametrach (Myśliwiec, 2004). Potwierdzone jest to udokumentowanymi objawami gazu i ropy z tych utworów (Uszkowce, Lubaczów), a także akumulacjami o znaczeniu przemysłowym (złoża Kuryłówka i Sarzana).

Anhydryty mogą być wtórną skałą zbiornikową, której pierwotnie słabe parametry zbiornikowe zostały polepszone na skutek oddziaływania chemicznego węglowodorów. Na przedgórzu Karpat objawy węglowodorów w anhydrytach serii ewaporatowej są częste, ale dotychczas odkryto



Ryc. 12. Fragment czasowego przekroju sejsmicznego T160 w wersji AVO: M9 — granica wewnątrzmiocenska, Ma — strop anhydrytu, Pre_str — strop prekambriu

Fig. 12. Segment of seismic time section T160 AVO: M9 — intra-Miocene horizon, Ma — top of anhydrite, Pre_str — top of Precambrian

tylko jedno złoże (Roźwienica-2). Wydaje się, że w strefach obniżen anhydrytu raczej pełnią rolę skały uszczelniającej, a skałami zbiornikowymi mogą być piaskowce warstw baranowskich. Małe zainteresowanie warstwami baranowskimi jako skałą zbiornikową wynika prawdopodobnie z ich dużej zmienności facjalnej, co wskazuje na niewielkie zasoby poszczególnych pułapek. Skały te jednak mogą tworzyć wspólne zbiorniki z porowatymi skałami podłoża (Uszkowce, Lubaczów), co znacznie zwiększa ich atrakcyjność w aspekcie złożowym. Ponadto odnosząc się do urzeźbienia powierzchni stropowej podłoża miocenu, można sądzić, że liczba akumulacji węglowodorów w warstwach baranowskich może być bardzo duża.

Podsumowanie

Udokumentowanie sejsmiczne obecności utworów anhydrytu (a pod nim być może starszych jeszcze utworów) w obniżeniach powierzchni stropowej prekambriu w rejonie zdjęcia sejsmicznego 3D *Sokolów-Smolarzyny*, powinno być inspiracją do reinterpretacji innych zdjęć sejsmicznych 3D w obszarze przedgórze Karpat.

Szczegółowa analiza zapisu sejsmicznego tych zdjęć 3D pozwoliłaby w sposób istotny zmodyfikować dotychczasowe rozpoznanie tzw. stref bezanhydrytowych. Tym samym, w przyszłości mogą otworzyć się nowe perspektywy poszukiwawcze w obrębie paleodolin, ponieważ nie bez znaczenia są skały zbiornikowe w osadach ewaporatowych badenu środkowego i warstw baranowskich badenu dolnego.

Współczesna polityka poszukiwawcza w obszarze przedgórze Karpat siłą rzeczy musi być ukierunkowana na identyfikację obiektów wąskich, o małych powierzchniach i amplitudach (Borys, Myśliwiec, 2002). Wymaga to stosowania coraz lepszych narzędzi poszukiwawczych. Takim narzędziem jest metoda sejsmiczna 3D i nowoczesne techniki interpretacji sejsmicznych danych 3D, w tym analiza atrybutów sejsmicznych z zastosowaniem nowoczesnego programu GeoProbe®.

Autorzy składają podziękowania PGNiG za udostępnienie danych.

Literatura

- BORYS Z. & MYŚLIWIEC M. 2002 — Perspektywy poszukiwań węglowodorów w Karpatach i zapadliku przedkarpackim. *Nafta-Gaz*, 9: 447-455.
- FILO M. & KACHLIK J. 2001 — Opracowanie wyników badań sejsmicznych 3D, t.: Sokół Małopolski-Smolarzyny. *Arch. Geofizyka Kraków*.
- HARDAGE B.A. 1985 — *Seismic stratigraphy*. Pergamon Press.
- JAWOR E. 1983 — Utwory miocenu między Krakowem a Dębicą. *Prz. Geol.*, 31: 635-640.
- KRZYWIEC P., WYSOKA A., OSZCZYPKO N., MASZTALERZ K., PAPIERNIK B., WRÓBEL G., OSZCZYPKO-CLOWES M., ALEKSANDROWSKI P., MADEJ K. & KIJOWSKA S. 2008 — Ewolucja utworów miocenijskich zapadlika przedkarpackiego w rejonie Rzeszowa (obszar zdjęcia sejsmicznego 3D Sokół-Smolarzyny). *Prz. Geol.*, 56: 232-244.
- MORYC W. 1995 — Łądowe utwory paleogenu na obszarze przedgórze Karpat. *Nafta-Gaz*, 5: 181-194.
- MYŚLIWIEC M. 2004 — Miocenijskie skały zbiornikowe zapadlika przedkarpackiego. *Prz. Geol.*, 52: 581-592.
- NIKIEL-TSHABANGU B. 2008 — Zastosowanie modeli kolorów RGB oraz HSV do interpretacji wielokomponentowych atrybutów sejsmicznych. Poster. XIII krajowe spotkanie użytkowników oprogramowania Landmark. *Arch. Geofizyka Kraków*.
- NIKIEL-TSHABANGU B. & NEBELSKA U. 2008 — Interpretacja i wizualizacja danych sejsmicznych w przestrzeni 3D przy użyciu programu GeoProbe®. Poster. I Polski Kongres Geologiczny. *Arch. Geofizyka Kraków*.
- OSZCZYPKO N. 1996 — Miocenijska dynamika polskiej części zapadlika przedkarpackiego. *Prz. Geol.*, 44: 1007-1018.
- OSZCZYPKO N. 1999 — Przebieg miocenijskiej subsydencji w polskiej części zapadlika przedkarpackiego. *Pr. Państw. Inst. Geol.*, 168: 209-230.
- POŁTOWICZ S. 1996 — Próba genetycznej klasyfikacji miocenijskich złóż gazu ziemnego między Bochnią a Tarnowem. *Nafta-Gaz*, 6: 229-242.
- POŁTOWICZ S. 1998 — Środkowobadeńska erozja podmorska na przedgórze Karpat — implikacje poszukiwawcze. *Nafta-Gaz*, 5: 209-214.
- RADOVICH B., OLIVEROS J. & BURNET R. 1998 — 3-D Sequence interpretation of seismic instantaneous attributes from the Gordon Field. *The Leading Edge*: 1286-1293.
- ZUBRZYCKA M. 2007 — Opracowanie wyników badań sejsmicznych 3D, t.: Sokół-Smolarzyny, rej.: Pogwizdów, 2006 r. *Arch. Geofizyka Kraków*.

Praca wpłynęła do redakcji 22.10.2008 r.
Po recenzji akceptowano do druku 14.04.2009 r.