

Zastosowanie atrybutów sejsmicznych w konstrukcji modelu petrofizycznego na przykładzie miocénskich utworów zapadliska przedkarpackiego

Izabela Zych¹, Paulina Smólka-Gnutek¹



I. Zych



P. Smólka-Gnutek

Application of seismic attributes in petrophysical model construction, Miocene deposits in the Carpathian Foredeep. *Prz. Geol.*, 62: 848–851.

Abstract. The aim of this study was to predict reservoir parameters distribution in Miocene deposits. The area of interest is located in the Carpathian Foredeep, where many deposits of natural gas such as Sędziszów (Zagórzycze), Nosówka and Góra Ropczycka are known. The results of the analysis verified existing gas fields and identified new anomalous zones. The main advantage of presented method is the integration of geological, petrophysical and seismic data. For the purpose of modelling of petrophysical parameters distribution (e.g. porosity, density, gamma ray), results of inversion, well logs and seismic attributes were used. On the basis of structural interpretation of 3D seismic data, the structure framework was built. The entire model was divided into four Miocene's complexes and then split it into layers

of 10 m thickness. All used well logging data were scaled to the spatial resolution of the structural model. Estimation of petrophysical parameters was performed using advanced algorithms available in Petrel (Neural Net, Gaussian Random Function Simulation).

A number of seismic attributes (e.g. Sweetness, Envelope, Local Flatness, Relative Acoustic Impedance, Dominant Frequency, Chaos, Acoustic Impedance) were used to steer the distribution of petrophysical well data. The study provided information about the distribution of petrophysical properties at every point of the spatial model of Miocene complex. The results show high correlation of seismic attributes and petrophysical properties of the data from the area of Góra Ropczycka–Iwierzyce 3D seismic project. On the basis of all available reservoir information, geobodies have been extracted. Petrophysical model prediction is fundamental in understanding clastic reservoirs and should be used for prospect identification.

Keywords: seismic attributes, petrophysical model, Miocene, spatial modeling

Podstawowym celem podjętych przez autorki badań była charakterystyka głównych parametrów wpływających na gazoność utworów klastycznych (takich jak porowatość i zailenie) oraz wyznaczenie obszarów pod lokalizację następnych otworów poszukiwawczych. Dostarczenie tak szczegółowej informacji o perspektywiczności danego obszaru jest możliwe tylko wtedy, gdy rozkład parametrów petrofizycznych jest skorelowany z zapisem atrybutów sejsmicznych i przepływaniami węglowodorów, zaobserwowanymi w otworach wiertniczych. Niniejszy artykuł przedstawia zatem metodykę tworzenia modelu petrofizycznego z wykorzystaniem wyżej wymienionych danych.

Do badań wybrano utwory miocenu autochtonicznego z rejonu Góra Ropczycka–Iwierzyce. W utworach tych występują potwierdzone wielohoryzontalne złoża gazu ziemnego. Jednym z większych złóż gazowych jest zlokalizowane w północno-wschodniej części obszaru złożo Sędziszów z akumulacją gazu w piaszczysto-mułowcowych utworach miocenu i zasobami geologicznymi oszacowanymi na poziomie 605 mln m³ gazu.

Kolejne na tym terenie złożo – Góra Ropczycka – w latach 2000–2001 rozpoznano za pomocą badań sejsmicznych w utworach miocenu i w stropie jurajskiego podłoża. Skalą zbiornikową w obrębie tego złoża w utworach miocenu są serie piaskowcowo-mułowcowe, o porowatości efektywnej od 9 do 12% i przepuszczalności od 1,1 do 5,95 mD, a udokumentowane zasoby geologiczne wynoszą 114 mln m³. Obszar wybrany do analizy jest dobrze rozpoznany badaniami sejsmicznymi – w 2009 r. wykonano tu zdjęcie sejsmiczne 3D, którym zweryfikowano dotychczasowe rozpoznanie strukturalne, co umożliwiło obliczenie wielu

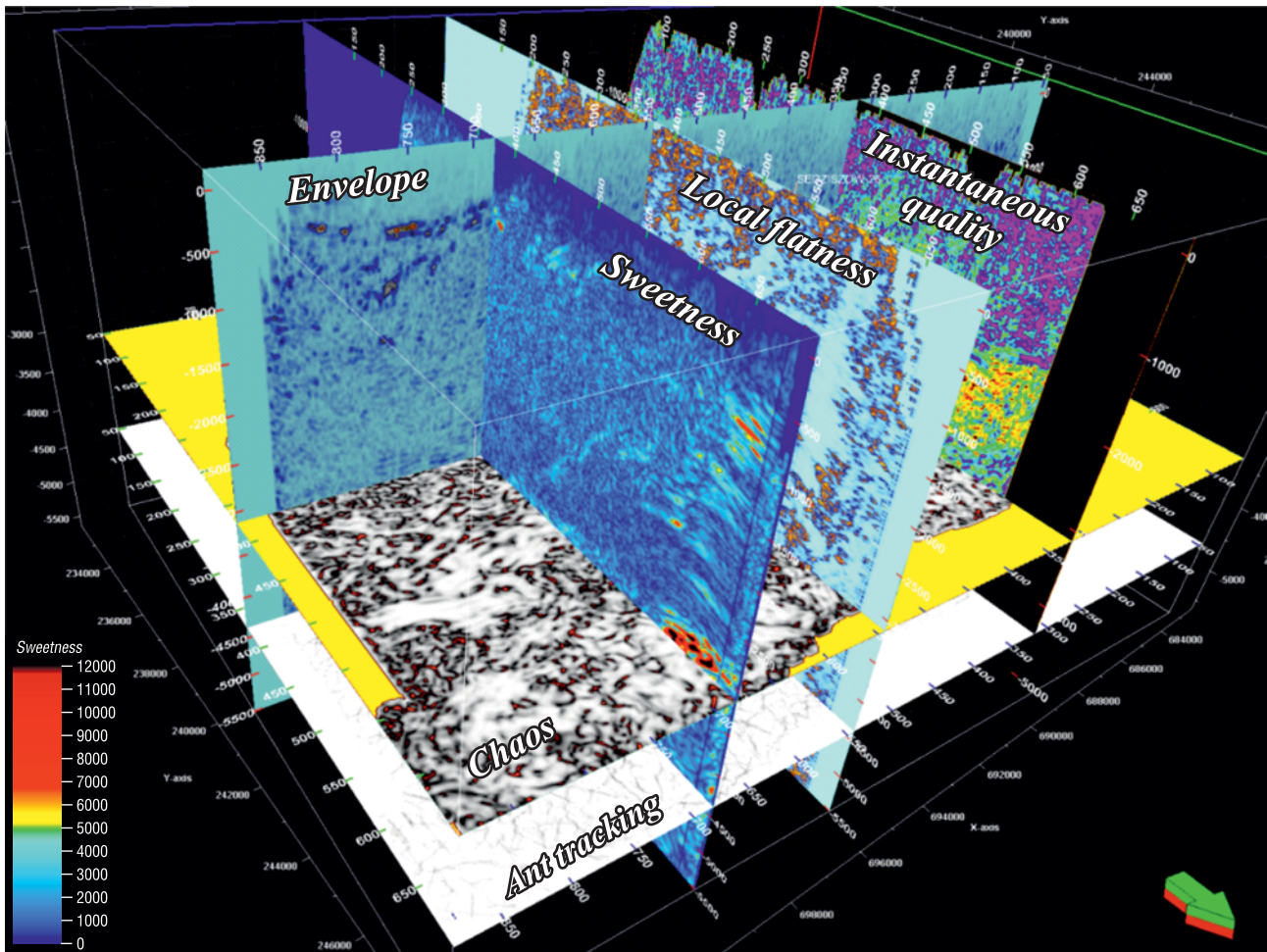
atrybutów sejsmicznych. W związku z występowaniem w tym rejonie złóż węglowodorów utwory miocenu są rozwiercone dużą liczbą otworów, w których wykonano podstawowe pomiary geofizyczne. Dokładnej analizie poddano zatem utwory miocenu autochtonicznego z tego rejonu.

Opisywany tu obszar badań znajduje się na terenie województwa podkarpackiego w brzeżnej partii nasunięcia karpacko-stebnickiego, pomiędzy Rzeszowem a Ropczycami. Jego północno-wschodnia część obejmuje tzw. zatokę rzeszowską, a ku południowi sięga do około 10 km w głąb Karpat. Rejon ten charakteryzuje się skomplikowaną budową geologiczną, w której udział biorą następujące kompleksy strukturalne: prekambryjski, paleozoiczny (ordowik, sylur, karbon), mezozoiczny (trias, jura, kreda), miocen autochtoniczny, nasunięcie karpacko-stebnickie wraz z mioceniem transgresywnym (Gruszczuk i in., 2010).

METODY BADAŃ

Modelowanie parametrów petrofizycznych przeprowadzono w programie Petrel. W procesie konstrukcji przestrzennych modeli petrofizycznych zostały wykorzystane szczegółowe dane geologiczne i petrofizyczne (profilowania geofizyki wiertniczej, wyniki interpretacji geofizyki wiertniczej, pomiary laboratoryjne) wraz z danymi sejsmicznymi. Spośród wszystkich dostępnych w oprogramowaniu Petrel atrybutów sejsmicznych ostatecznie wybrano następujące: Sweetness, Envelope, RMS Amplitude, Local Flatness, Relative Acoustic Impedance, Instantaneous

¹ Geofizyka Kraków SA, ul. Łukasiewicza 3, 31-429 Kraków; izabela.zych@gk.com.pl, paulina.smolka-gnutek@gk.com.pl.



Ryc. 1. Zestawienie niektórych atrybutów sejsmicznych wykorzystanych do przestrzennego modelowania petrofizycznego
Fig. 1. Compilation of selected seismic attributes used for 3D petrophysical modelling

Frequency, Dominant Frequency, Instantaneous Quality, Apparent Polarity, Cosine of Phase, Instantaneous Phase, Structural Smoothing, Chaos, Variance, Ant Tracking, 3D Curvature (ryc. 1). Dodatkowo wykorzystano wolumen impedancji akustycznej obliczony w oprogramowaniu firmy Hampson-Russell (Oldenburg i in., 1983). Proces modelowania petrofizycznego polega na rozłożeniu wartości danego parametru petrofizycznego pomiędzy dostępnymi danymi otworowymi tak, aby w jak najdokładniejszy sposób odwzorować naturalną niejednorodność ośrodka geologicznego.

Pierwszym etapem modelowania jest przygotowanie przestrzennego modelu geologicznego, który wypełniony zostanie informacjami petrofizycznymi. Do konstrukcji wykorzystano wyniki interpretacji zdjęcia sejsmicznego 3D w postaci map strukturalnych. Model został podzielony na cztery strefy rozdzielone poszczególnymi powierzchniami strukturalnymi (ryc. 2): Msp – spąg miocenu, Fl_sp – granica spągu nasunięcia karpackiego, M1, M2, M3 – granice wewnątrzmioceni. W każdej strefie przyjęto warstwowanie o rozdzielczości 10 m. Koniecznym krokiem było również przeskalowanie wszystkich danych geofizyki wiertniczej do geometrycznych oczek siatki modelu 3D.

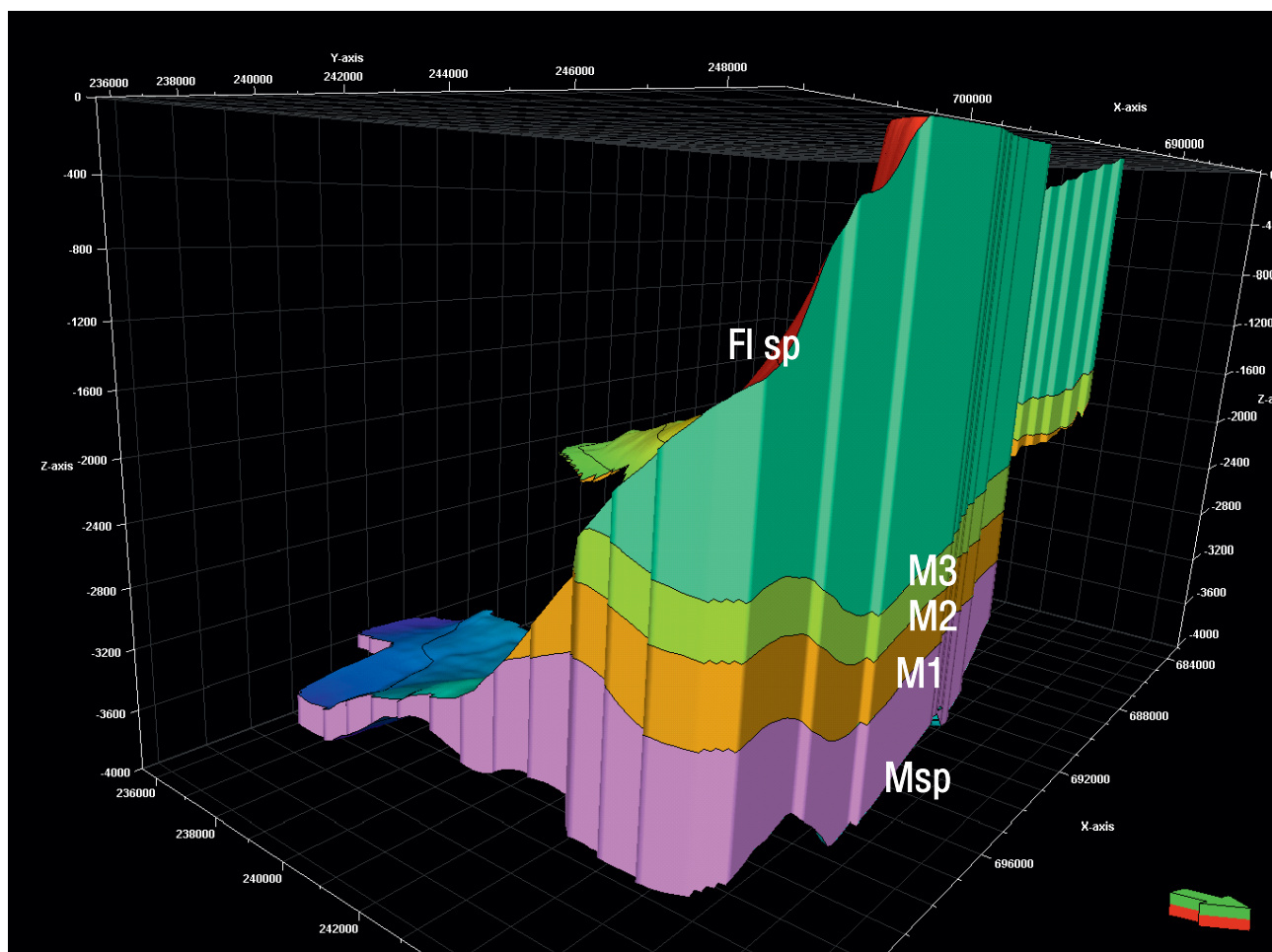
Kolejny etap modelowania polegał na estymacji parametrów petrofizycznych w przestrzeni całego modelu strukturalnego z użyciem przeskalowanych danych otworowych. Dobór algorytmów matematycznych do modelo-

wania zależy w głównej mierze od ilości i jakości danych wejściowych. W omawianym przypadku oprócz danych otworowych dysponowano także wynikami pomiarów sejsmiki 3D, co umożliwiło wykonanie bardzo szczegółowych modeli.

Podstawą modelowania było znalezienie odpowiednio wysokiego współczynnika korelacji pomiędzy pomiarami otworowymi a zapisem szeregu atrybutów sejsmicznych (Zych & Smółka-Gnutek, 2012). Do modelowania petrofizycznego wykorzystano stochastyczny algorytm Gaussian Random Function Simulation oraz estymację sieciami neuronowymi Neural Net. Dobór odpowiedniego zestawu parametrów sterujących (do każdego modelowania) w postaci wybranych atrybutów sejsmicznych pozwolił uzyskać odpowiednio wysoką korelację pomiędzy sejsmiką a pomiarami w otworach.

Przeprowadzone analizy umożliwiły wydzielenie obszarów perspektywicznych dla dalszych poszukiwań węglowodorów. Zadanie to wykonano poprzez wyodrębnienie z wolumenu sejsmicznego geoanomalii, które korelowały się ze strefami o obniżonej impedancji akustycznej i obniżonej wartości atrybutu Instantaneous Quality oraz pozytywnymi wynikami prób złożowych (Chopra & Marfurt, 2007).

Wynikiem analiz są trzy modele petrofizyczne: model porowatości wykonany na podstawie interpretacji krzy-



Ryc. 2. Konstrukcja przestrzennego modelu geologicznego. Msp – spąg miocenu; FI_sp – granica spągu nasunięcia karpackiego; M1, M2, M3 – granice wewnątrzmiocenijskie

Fig. 2. Construction of the geological model. Msp – base of Miocene deposits; FI_sp – base of Carpathian overthrust; M1, M2, M3 – Miocene horizons

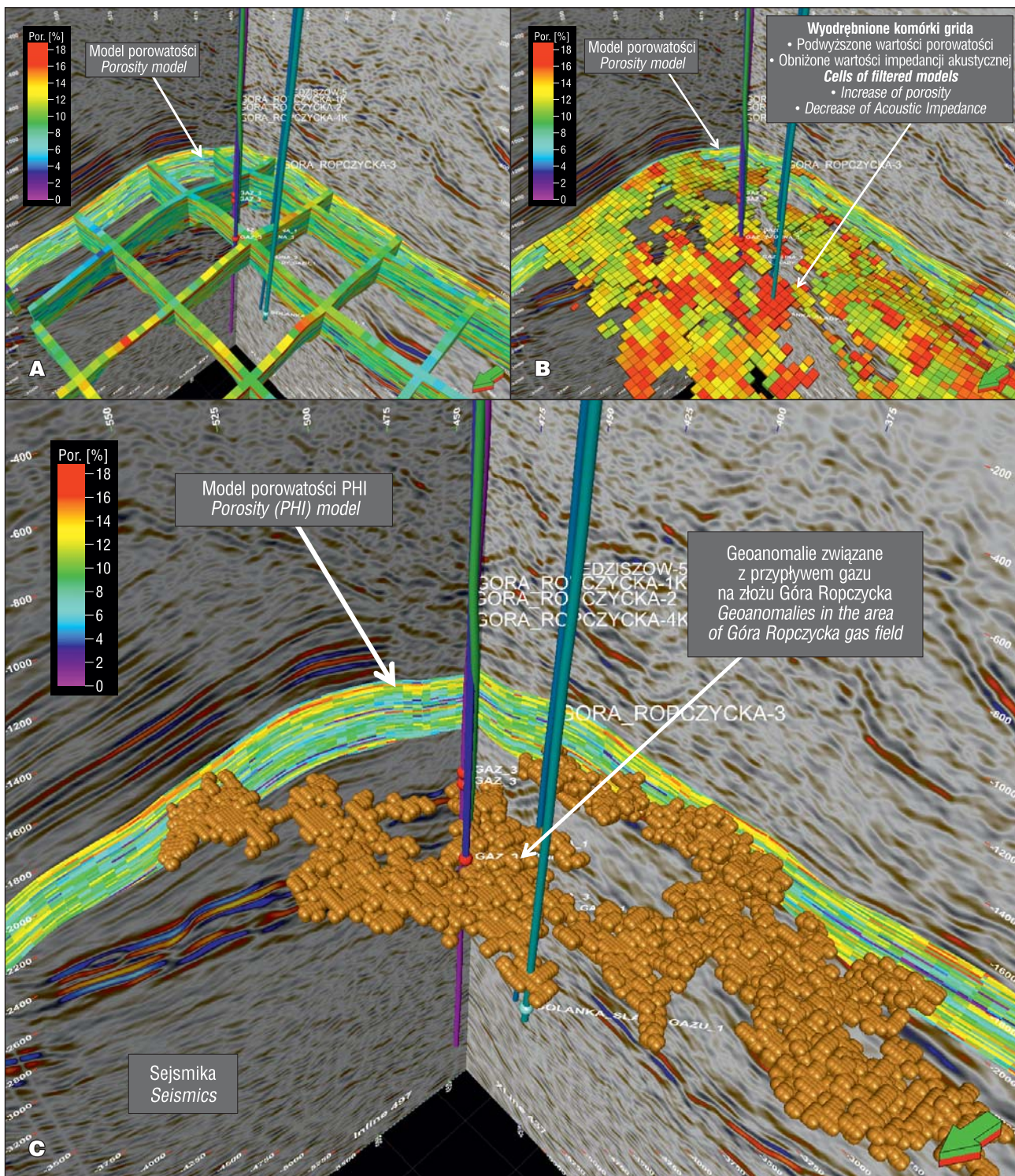
wych PHI, model gęstości na podstawie krzywych RHOB oraz model naturalnego promieniowania GR. Dla trzech głównych interwałów miąższościowych, wydzielonych w następujący sposób: Msp-M1, M1-M2, M2-M3, przeprowadzono analizę parametrów petrofizycznych w odniesieniu do przepływów uzyskanych z poszczególnych horyzontów złożowych. Rezultaty modelowania petrofizycznego analizowano wraz z wyodrębnionymi geonomaliami.

WNIOSKI METODYCZNE

Przeprowadzone badania umożliwiły wyznaczenie fragmentów modelu o podwyższonych wartościach porowatości, mniejszym stopniu zailenia i niższej gęstości oraz okonturowanie stref perspektywicznych za pomocą geonomalii. Generalnie strefy o najlepszych parametrach do akumulacji złóż węglowodorów występują w obszarach o potwierdzonej gazonośności, ale udało się także wyznaczyć strefy potencjalnie perspektywiczne, dotychczas nierozpoznane otworami, bądź też rozwiercone, jednak nie opróbowane na danej głębokości. Najbardziej obiecujące wydaje się być podniesienie strukturalne Góra Ropczycka (ryc. 3A, B). W utworach piaskowcowych tego obszaru

wyznaczono porowatości o maksymalnych wartościach około 18%. Strefa ta charakteryzuje się niskimi wartościami naturalnego promieniowania GR, co wiąże się z niską zawartością materiału ilastego. Obniżone wartości impedancji akustycznej oraz częstotliwości umożliwiły wyznaczenie w tej strefie anomalii (ryc. 3C), korelujących się z objawami węglowodorów (Chopra & Marfurt, 2007). Na tej podstawie możliwe jest określenie miejsc lokalizacji kolejnych otworów w obrębie tego złoża. Podobne zależności można zauważyć również w rejonie złóż: Sędziszów i Nosówka.

Uzyskana spójna przestrzenna charakterystyka badanego obszaru z informacją o rozkładzie danego parametru w każdym punkcie wolumenu 3D umożliwiła również zweryfikowanie dotychczasowego rozpoznania złóż: Sędziszów (Zagórzycze), Góra Ropczycka, Nosówka. Zaprezentowana metoda w efektywny sposób pozwala na integrację dostępnych danych (geofizyka wiertnicza: rozwiązania litologiczne, pomiary otworowe, analizy atrybutów sejsmicznych; analizowany w oprogramowaniu firmy Hampson-Russell wolumen impedancji akustycznej). Przestrzenne modelowanie petrofizyczne z wykorzystaniem atrybutów sejsmicznych umożliwia lepsze, niż z



Ryc. 3. Wizualizacja przestrzennego modelowania petrofizycznego w rejonie złoża gazu Góra Ropczycka. **A** – model porowatości PHI (%) na tle sekcji sejsmicznej. **B** – wyselekcjonowane komórki modelu petrofizycznego. **C** – geonomalie związane z przyływem gazu

Fig. 3. Visualisation of the 3D petrophysical modelling in the area of Góra Ropczycka gas field. **A** – Porosity model, seismic section as background. **B** – selected petrophysical model cells. **C** – Geoanomalies related to gas flow

zastosowaniem metod tradycyjnych, rozpoznanie klastycznych utworów miocenu zapadliska przedkarpackiego.

Autorki dziękują Recenzentom niniejszej pracy.

LITERATURA

CHOPRA S. & MARFURT K. J. 2007 – Seismic Attributes for Prospect Identification and Reservoir Characterization. SEG Books.

GRUSZCZYK M. A (red.) i in. 2011 – Opracowanie wyników badań sejsmicznych dla tematu: Interpretacja danych sejsmicznych 3D Góra Ropczycka-Iwierzyce. Kraków.

OLDENBURG D.W., SCHEUER T. & LEVY S. 1983 – Recovery of the acoustic impedance from reflection seismograms: Geophysics, 48: 1318–1337.

ZYCH I. & SMÓLKA-GNUTEK P. 2012 – Przestrzenne modelowanie parametrów petrofizycznych w oparciu o atrybuty sejsmiczne, rejon zdjęcia sejsmicznego Góra Ropczycka-Iwierzyce 3D. Pr. nauk. Inst. Nafty i Gazu, 182: 233–238. Wydanie konferencyjne – Nauka, technika i technologia w rozwoju poszukiwań i wydobycia węglowodorów w warunkach lądowych i morskich. Kraków.