

Andrzej Urbaniec, Łukasz Bajewski, Aleksander Wilk, Robert Bartoń

Instytut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy

Wstępna interpretacja strukturalna na bazie wyników reprocessingu profilu sejsmicznego 2D we wschodniej części Karpat zewnętrznych

Głównym celem prezentowanej pracy jest wstępna interpretacja strukturalna wykonana na bazie przetwarzania archiwalnego profilu sejsmicznego 2D z brzeżnej strefy nasunięcia karpackiego. Przetwarzanie to zrealizowano w Zakładzie Sejsmiki Instytutu Nafty i Gazu – Państwowego Instytutu Badawczego. Odpowiedni dobór zarówno sekwencji przetwarzania, jak i parametrów aplikowanych do poszczególnych procedur, a także weryfikacja każdego etapu przetwarzania poprzez prowadzoną na bieżąco interpretację geologiczną, przyniosły w efekcie nieco inne odwzorowanie niektórych cech budowy geologicznej rejonu. Wstępna interpretacja strukturalna obecnej wersji przekroju sejsmicznego dostarcza nowych informacji, które mogą być wykorzystane do odtworzenia poszczególnych etapów rozwoju tektonicznego analizowanego obszaru.

Słowa kluczowe: przetwarzanie sejsmiczne, interpretacja strukturalna, Karpaty zewnętrzne, strefy dyslokacji.

Preliminary structural interpretation based on the results of 2D seismic reprocessing in the eastern part of the Outer Carpathians

The main aim of the presented work is a preliminary structural interpretation, based on the 2D reprocessing of seismic profile from the marginal zone of the Outer Carpathians. Reprocessing was done in the Seismic Department of the Oil and Gas Institute – National Research Institute, Poland. Proper selection of both the processing sequence and applied parameters to specific procedures, as well as verification of each stage of processing by simultaneous geological interpretation, resulted in a partly different mapping of the geological structures. Preliminary structural interpretation of the current version of the seismic section, provides new information that could be used, to reconstruct individual stages of the tectonic development in the analyzed area.

Key words: seismic processing, structural interpretation, Outer Carpathians, fault zones.

Wstęp

Ciągły rozwój metodyki w dziedzinie przetwarzania sejsmicznego i interpretacji daje obecnie nowe możliwości pozwalające na lepsze odwzorowanie detali budowy geologicznej w wyniku przetwarzania archiwalnych profili sejsmicznych 2D. Do testowania procedur reprocessingowych wytypowano profil zlokalizowany w brzeżnej części Karpat zewnętrznych w północno-wschodniej części Polski, który cechował się stosunkowo najłagodniejszym zapisem sejsmicznym spośród wszystkich dostępnych profili. W trakcie realizacji prac, na podstawie zastosowanej w Zakładzie Sejsmiki Instytutu Nafty i Gazu – Państwowego Instytutu Badawczego sekwencji przetwarzania, udało się uzyskać po-

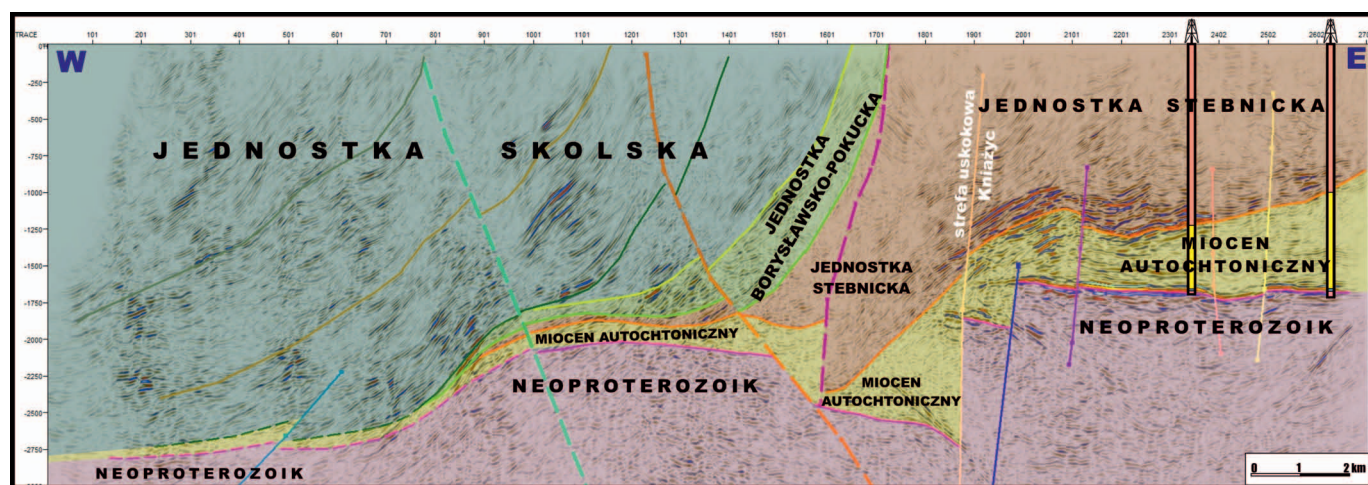
prawę ciągłości refleksów sejsmicznych. Sekwencja ta, wraz z najważniejszymi zagadnieniami dotyczącymi przetwarzania, została przedstawiona w odrębnym artykule [3]. Analizowany obszar cechuje się stosunkowo dużym stopniem skomplikowania budowy geologicznej, gdyż poza obecnością licznych stref nasunięć w obrębie utworów jednostek karpackich i miocenu sfałdowanego mamy tutaj do czynienia z krzyżowaniem się kilku dużych stref dyslokacyjnych o różnych kierunkach przebiegu. Jedną z takich stref jest znany z literatury system uskokowy Książyc, o przebiegu NW-SE i amplitudzie zrzutu przekraczającej nawet 2000 m [4, 15, 20] (rysunek 1).

Zarys budowy geologicznej analizowanego rejonu

Podłoże zapadliska przedkarpackiego w obszarze badań stanowi blok małopolski. Bezpośrednio w podłożu utworów neogenu występuje seria anchimetamorficznych skał neoproterozoiku, stanowiących sekwencję skał klastycznych, silnie zdiagenezowanych i w niewielkim stopniu przeobrażonych procesami metamorfizmu regionalnego. Niekiedy utwory te zawierają wkładki szarogłazów, piaskowców typu kwarcytowego lub zlepieńców [27]. Opisująca seria silikoklastycznych skał neoproterozoiku wykazuje znaczny stopień deformacji tektonicznej, a upady warstw dochodzą często do 70 lub nawet 90°.

i facjalnym utwory silikoklastyczne badenu górnego i sarmatu, zaliczane do formacji z Machowa [1, 12].

Jednostka stebnicka zbudowana jest z molasowych utworów miocenu allochtonicznego, a jej miąższość może dochodzić nawet do 2500 m [20], przy czym gwałtownie maleje w kierunku zachodnim. W niektórych otworach w spągowej partii jednostki stebnickiej stwierdzono występowanie utworów fliszowych różnego wieku, zalegających najczęściej pomiędzy warstwami stebnickimi a utworami miocenu autochtonicznego [5, 15, 16, 25]. Utwory miocenu rozpoznane



Rys. 1. Model geologiczny rejonu badań na tle czasowego przekroju sejsmicznego w wersji po reprocessingu

Utwory miocenu autochtonicznego, o bardzo zmiennej miąższości, charakteryzują się nierównomiernym stopniem rozpoznania geologicznego. Najlepiej rozpoznane są utwory górnego badenu i dolnego sarmatu, gdyż zostały one przewiercone licznymi otworami wiertniczymi. Utwory starsze od badenu występują głównie w obrębie głęboko pograżonych bloków tektonicznych. Najstarszym rozpoznany otworowo ogniwem jest seria ewaporatów, reprezentowanych przez sole kamienne, zawierających liczne przewarstwienia i laminy skał silikoklastycznych i brekcji solnych. Utwory te nie posiadają dostatecznego udokumentowania mikropaleontologicznego, podobnie jak występująca wyżej w profilu seria skał drobnoklastycznych z wtrąceniami anhydrytu. Można jednak przypuszczać, że ich wiek przypada na karpat, a być może nawet na ottang. Miąższość utworów badenu dolnego jest silnie zróżnicowana: od zaledwie kilku metrów w strefach usytuowanych na blokach wyniesionych tektonicznie do ponad 800 m w strefach obniżonych tektonicznie. Wyżej w profilu utworów miocenu zalega seria ewaporatowa badenu reprezentowana w analizowanej strefie przez utwory siarczanowe, wydzielane jako formacja z Krzyżanowic [1, 12, 22]. W nadkładzie serii ewaporatowej zalegają zróżnicowane pod względem litologicznym

w obrębie jednostki stebnickiej cechują się w znacznej części odmiennym wykształceniem litologicznym niż utwory miocenu autochtonicznego. Pełniejszy profil utworów miocenu rozpoznany został w jednostce samborskiej na terenie Ukrainy [2, 23], będącej odpowiednikiem polskiej jednostki stebnickiej. Za najstarsze wiekowo ogniwo litostratygraficzne w obrębie polskiej części zapadliska przedkarpackiego uznaje się warstwy worotyszczeńskie, zwane również przykarpacką formacją solonośną. Kolejne ogniwo stanowią zlepieńce z Dubnika, wyróżnione przez Neya [19], zbudowane głównie z otoczków skał podłoża. Największy miąższościowo pakiet w obrębie jednostki stebnickiej stanowią warstwy stebnickie i balickie, wykształcone jako seria utworów klastycznych z wkładkami i żyłkami gipsów. Warstwy przemyskie to z kolei kompleks utworów klastycznych, w obrębie którego występują wkładki iłolupków, zlepieńców i zbentonizowanych tufitów [21]. Najmłodszymi wiekowo ogniwami litostratygraficznymi jednostki stebnickiej, będącymi w zasadzie posttektoniczną pokrywą osadową zalegającą na utworach starszych, są warstwy z Pikulic oraz zlepieńce radyckie.

Karpaty zewnętrzne w omawianym rejonie zbudowane są z dwóch głównych jednostek tektonicznych, tj.: bory-

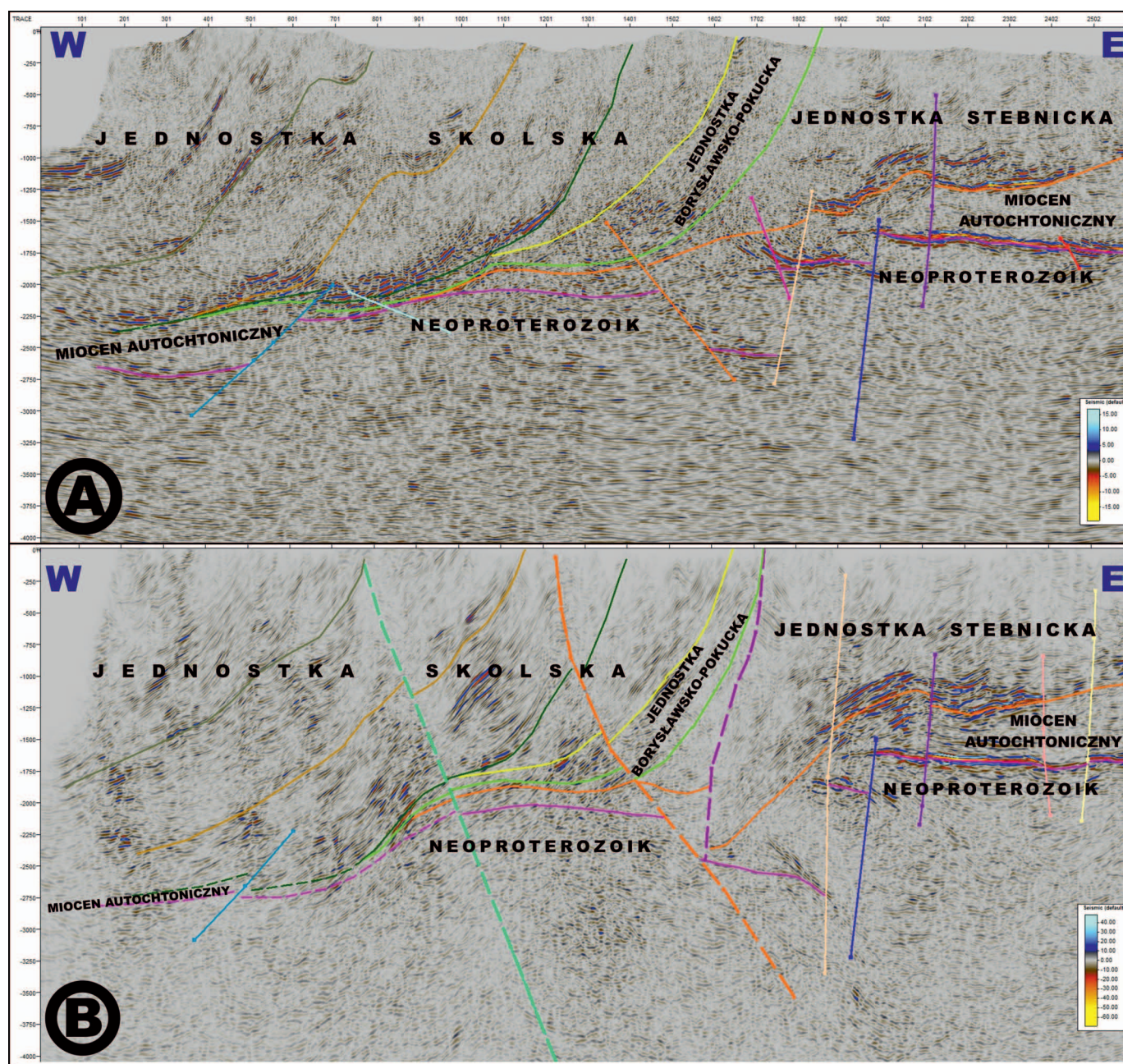
śląwsko-pokuckiej i skolskiej. Jednostka borysławsko-pokucka, zwana często także fałdami wglębnymi, stanowi element strukturalnie pośredni pomiędzy Karpatami zewnętrznymi a zapadliskiem przedkarpackim. Na terenie Polski jednostka ta zachowała się w formie szczątkowej. Za jej najstarsze ogniwo uznaje się kompleks warstw inoceramowych, najmłodszym są dolnomiocenijskie warstwy woro-

tyszczeńskie. Jednostka skolska zbudowana jest z utworów, które powstawały w przedziale wiekowym od dolnej kredy po dolny miocen, z wyraźną dominacją warstw górnej kredy i paleocenu [26], tradycyjnie nazywanych warstwami inoceramowymi. W obrębie jednostki skolskiej wyróżnianych jest szereg ogniw litostratygraficznych [np. 8, 13, 14, 18].

Charakterystyka uzyskanego zapisu sejsmicznego po reprocessingu

Porównanie zapisu sejsmicznego na wytypowanym do przetwarzania profilu w wersji wcześniejszej i obecnej, wraz z interpretacją, przedstawiono na rysunku 2. Zapis w obrę-

bie poszczególnych jednostek geologicznych na przetworzonym profilu sejsmicznym jest dosyć zmienny, co wiąże można głównie ze zróżnicowaniem budowy geologicznej

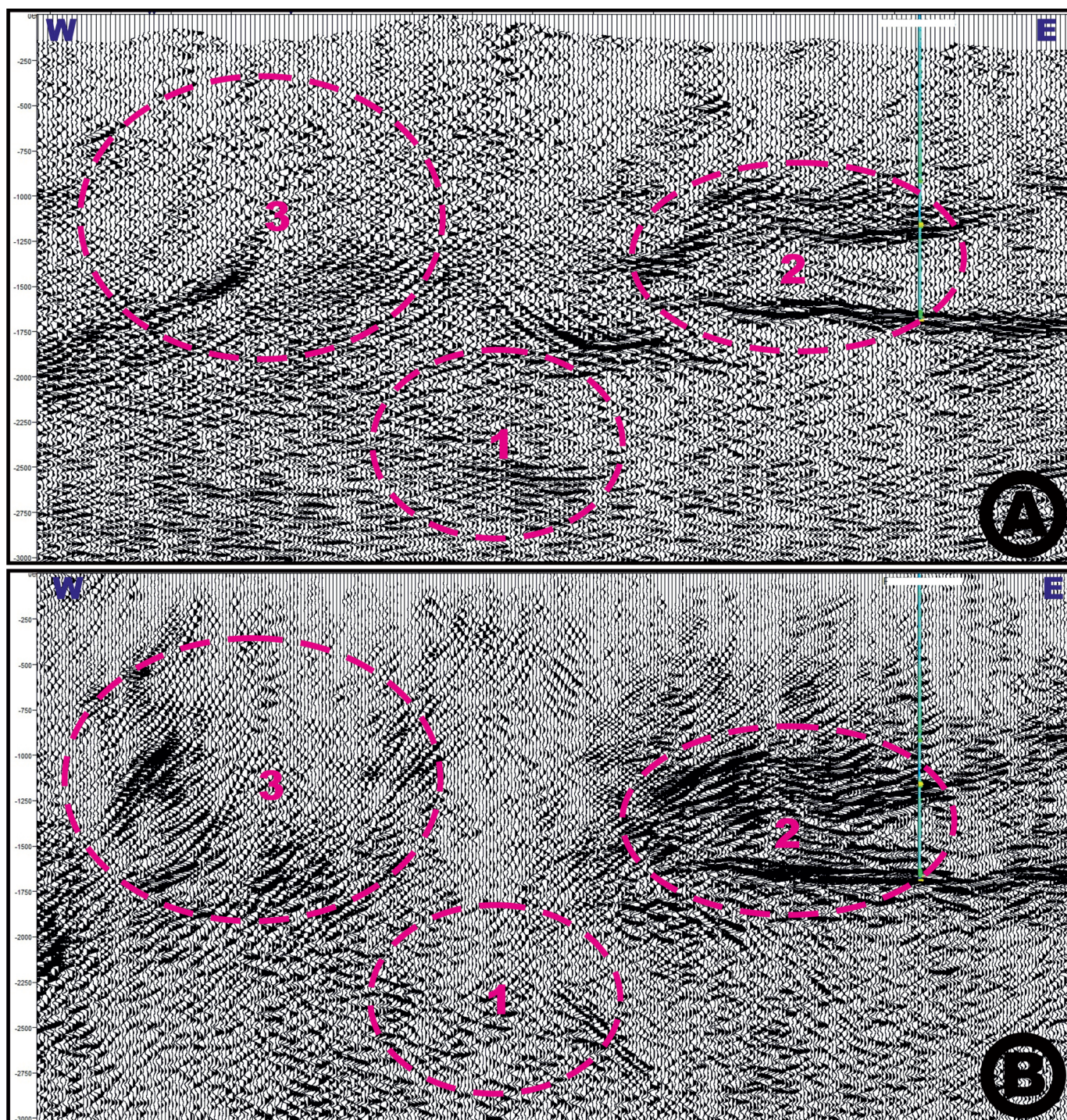


Rys. 2. Czasowy przekrój sejsmiczny z interpretacją strukturalną: A – wersja wcześniejsza (preSTM), B – aktualna wersja po reprocessingu INiG – PIB (poststack)

obszaru. Stosunkowo najlepszy i najbardziej czytelny zapis sejsmiczny uzyskano dla kompleksu utworów miocenu autochtonicznego we wschodniej części profilu, gdzie utwory te zalegają w podłożu jednostki stebnickiej, na znacznie mniejszych głębokościach (tj. w strefie tektonicznie wyniesionej) niż w pozostałych częściach profilu. Dodatkowo w spągowej partii kompleksu mioceńskiego w tym rejonie zalegają utwory serii ewaporatowej badenu, o miąższości rzędu kilkunastu metrów, które w zapisie sejsmicz-

nym charakteryzują się wyraźnym wzmocnieniem amplitudowym (rysunki 2, 3).

Znacznie gorzej odwzorowane są utwory miocenu autochtonicznego w środkowej i zachodniej części analizowanego profilu sejsmicznego. W strefie obniżonej tektonicznie (tj. w skrzydle zrzuconym uskoku Książyc – rysunek 1), gdzie utwory te zalegają na głębokości rzędu 4000÷5000 m (czas 2000÷2500 ms), brak jest ciągłych refleksów, które pozwoliłyby jednoznacznie poprowadzić korelację granicy sejsmicznej,



Rys. 3. Porównanie zapisu sejsmicznego we wschodniej części reprocessowanego profilu: A – wersja wcześniejsza (preSTM), B – aktualna wersja po reprocessingu INiG – PIB (poststack). Strefy oznaczone cyframi omówione zostały w tekście

odpowiadającej spągowi miocenu (strefa oznaczona jako 1 na rysunkach 3A, B). Granica ta może być wyznaczona jedynie metodą pośrednią, na podstawie korelacji regionalnej. Tego typu zapis sejsmiczny w obrębie utworów miocenu autochtonicznego w omawianej strefie wiązać można z kilkoma przyczynami, wśród których do najważniejszych należą: wykształcenie litofacjalne (monotonna seria utworów heterolitowych i drobnoklastycznych dolnego miocenu), większe głębokości zalegania tych utworów, a także znaczna miąższość zalegających w nadkładzie utworów jednostki stebnickiej, w dużym stopniu zdeformowanych tektonicznie. Stosunkowo najslabiej odwzorowana została w zapisie sejsmicznym budowa wewnętrzna utworów miocenu i podłoża neoproterozoicznego w części zachodniej analizowanego profilu (rysunki 1, 2B). Na obecnym etapie nie udało się uzyskać zadowalającego rezultatu dla tej strefy. Zagadnienie to będzie przedmiotem dalszych prac, które planowane są w kolejnym etapie. Z analizy regionalnej i krzyżówek z innymi profilami wynika, że w strefie tej mamy do czynienia z wyniesionym tektonicznie garbem neoproterozoicznego podłoża. Jednocześnie w rejonie tym obserwować można znaczną redukcję miąższości utworów miocenu autochtonicznego, przy gwałtownym wzroście miąższości utworów fliszowych (rysunek 1), z głęboko schodzącymi łuskami jednostki skolskiej. Granica pomiędzy autochtonicznym podłożem a nasuniętymi utworami allochtonicznymi jest w tej strefie praktycznie nie do rozróżnienia w zapisie sejsmicznym.

Utwory miocenu allochtonicznej jednostki stebnickiej cechują się bardzo zmiennym zapisem sejsmicznym, co przynajmniej częściowo związane jest z niejednorodnością warstw budujących tę jednostkę, w tym wkładkami utworów fliszowych, skał ewaporatowych, a także zlepieńców. Generalnie w wyższej części profilu oraz w strefie przy brzegu nasunięcia borysławsko-pokuckiego, gdzie jednostka ta osiąga największe miąższości, zapis sejsmiczny cechuje się wyraźnie

slabszą dynamiką, przy częstym braku ciągłości refleksów (rysunki 1, 2B). Natomiast w części środkowej omawianej jednostki amplituda stopniowo się zwiększa, poprawie ulega też ciągłość refleksów. Pakiet refleksów o największej dynamice zlokalizowany jest w spągowej partii jednostki stebnickiej, w strefie na wschód od uskoku Kniażyc (strefa oznaczona jako 2 na rysunkach 3A, B). Można przypuszczać, że jest on związany z obecnością wkładek utworów fliszowych w obrębie jednostki stebnickiej [5, 15, 16, 25]. Zastosowane podejście do sekwencji przetwarzania, jak i wybór testowanych parametrów przy użyciu poszczególnych algorytmów, w dużym stopniu wpłynęły na zmianę jakości obrazu sejsmicznego w obrębie jednostki stebnickiej, jednocześnie uwypuklając jej wewnętrzne zróżnicowanie. Wyodrębnić bowiem można tutaj kilka stref różniących się charakterem zapisu sejsmicznego i kierunkami nachylenia refleksów. W porównaniu z wcześniejszą wersją profilu (rysunki 2A, 3A) refleksy cechują się wyraźnie większą ciągłością (rysunki 2B, 3B).

Stopień odwzorowania budowy wewnętrznej utworów fliszowych w zapisie sejsmicznym na prezentowanym profilu uznać należy za stosunkowo dobry. Pakiety w miarę ciągłych refleksów o stromych kątach upadów w dużym stopniu pozwalają odtworzyć zarówno przebieg głównych powierzchni nasunięć poszczególnych łusek utworów fliszowych, jak również przecinających je powierzchni dyslokacji (rysunki 1, 2B, 3B). Uwagę zwraca nieco odmienny obraz uzyskany dla tego kompleksu, w stosunku do wcześniejszej wersji profilu (strefa oznaczona jako 3 na rysunkach 3A, B), różniący się nie tylko dynamiką i stopniem ciągłości poszczególnych pakietów refleksów, ale przede wszystkim innymi, bardziej zróżnicowanymi kątami ich zapadania. Największe różnice w zapisie sejsmicznym widoczne są w obrębie jednostki borysławsko-pokuckiej oraz najbardziej skrajnych łusek jednostki skolskiej.

Wstępna interpretacja strukturalna

Interpretacja strukturalna wykonana w ramach prezentowanego tematu prowadzona była w pierwszym etapie na wcześniejszej wersji profilu (rysunek 2A). W ramach tej interpretacji skorelowano główne strefy dyslokacyjne oraz wybrane granice sejsmiczne, odzwierciedlające poszczególne jednostki geologiczne, w celu ich wykorzystania do budowy modelu prędkościowego na potrzeby migracji czasowej po składaniu. W drugim etapie wykonano interpretację strukturalną na tym samym profilu w wersji czasowej po reprocessingu przeprowadzonym w Zakładzie Sejsmiki Instytutu Nafty i Gazu – Państwowego Instytutu Badawczego (rysunek 2B). W związku z dość znacznymi różnicami w obrazie sejsmicznym

na obydwu wersjach sejsmiki pojawiły się przesłanki do częściowej korekty interpretacji strukturalnej na podstawie wyników uzyskanych po reprocessingu.

Wykonana na obecnym etapie wersja interpretacji strukturalnej ma charakter wstępny i należy ją traktować jako swego rodzaju punkt wyjściowy do dalszej dyskusji. Przedstawiona interpretacja ma przede wszystkim dać ogólny pogląd na budowę geologiczną rejonu w oparciu o nową wersję profilu po reprocessingu. Jest to istotne zwłaszcza w aspekcie skomplikowanego stopnia budowy geologicznej badanego rejonu, jak również trwającej w ostatnich latach dyskusji i pojawiających się nowych poglądów dotyczących rozwoju tektonicznego

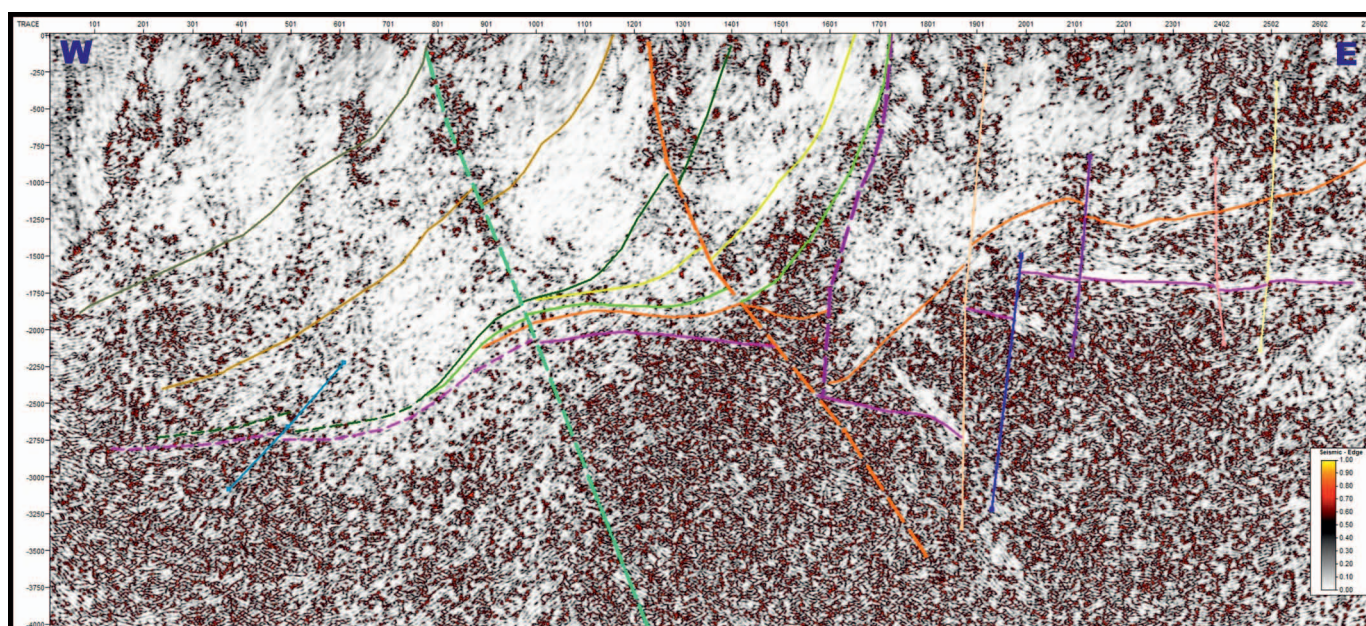
Karpat [6, 7, 9, 10, 11]. Warto nadmienić, że prezentowana wersja interpretacji dość dobrze wpisuje się w regionalny trend zalegania podłoża prekambryjskiego, jaki przedstawili M. Stefaniuk i in. [24] na podstawie interpretacji profilu magnetotellurycznego Maniów–Przemyśl, gdzie znaczny kontrast pomiędzy niskooporowym kompleksem utworów fliszowych i mioceńskich a wysokooporowym podłożem neoproterozoicznym wyznacza jednoznacznie obecny morfologiczny obraz tej powierzchni.

Najbardziej istotne różnice w interpretacji pomiędzy obydwoma wspomnianymi wcześniej wersjami analizowanego profilu sejsmicznego związane są przede wszystkim z korelacją granicy spągowej jednostki stebnickiej oraz z tektoniką w obrębie Karpat fliszowych. Jeśli chodzi o korelację granicy spągowej jednostki stebnickiej, to w skrzydle wiszącym strefy uskokuwej Kniażyc rozpoznano pakiet refleksów sejsmicznych cechujących się podwyższonymi wartościami amplitudy, podczas gdy w skrzydle zrzuconym odpowiadający pakiet refleksów ma już znacznie mniejszą dynamikę zapisu, przy jednoczesnym jego silnym pograżaniu w kierunku zachodnim (rysunki 1, 2B). Na wcześniejszej wersji profilu w skrzydle zrzuconym dyslokacji Kniażyc w obrębie jednostki stebnickiej obraz jest dosyć chaotyczny, z dużą ilością szumów, a także silnych przemieszczeń refleksów związanych z granicą mioceńską/neoproterozoik, co w znacznym stopniu utrudnia prowadzenie korelacji sejsmicznej na tej wersji profilu (rysunki 2A, 3A).

Interpretacja i korelacja płaszczyzn dyslokacji na materiałach sejsmicznych 2D w obszarze Karpat zewnętrznych i ich podłoża jest zadaniem szczególnie trudnym nie tylko ze względu na specyfikę rejonu, ale również możliwości

wystąpienia odbić bocznych (szczególnie od powierzchni silnie nachylonych) czy też przemieszczeń refleksów sejsmicznych wynikających z niedoskonałości stosowanych algorytmów migracji. Wszystkie te elementy mogą w dużym stopniu maskować przebieg dyslokacji lub też pozornie je „przemieszczać” wzdłuż powierzchni profilu. W związku z tym w trakcie interpretacji powierzchni uskokuwej i nasunięć posiłkowano się dodatkowymi odtworzeniami zapisu sejsmicznego w wersjach atrybutowych. Do najbardziej pomocnych w tym względzie atrybutów należały: *Chaos* z grupy metod stratygraficznych (rysunek 4) i *Local structural azimuth* z grupy metod strukturalnych (rysunki 5, 6). Dodatkowo wspomniano się również atrybutem *Envelope* (obwiednia lub chwilowa energia) z grupy atrybutów trasy zespolonej (rysunek 7).

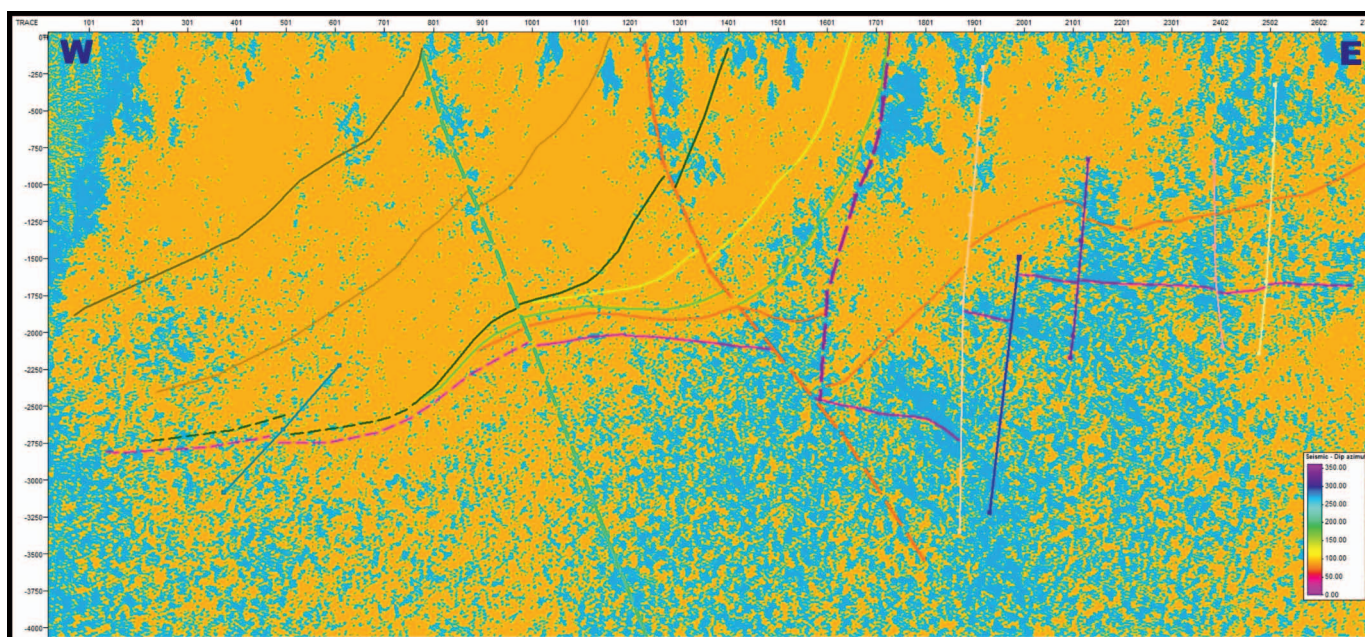
Większość uskokuwej wyinterpretowanych na wcześniejszej wersji profilu znalazła swoje potwierdzenie w wersji po reprocessingu (rysunki 2A, B). Jednak nowym elementem zapisu sejsmicznego jest pojawienie się wyraźnych stref nieciągłości w obrębie jednostek tektonicznych Karpat (na rycinach zaznaczono je liniami przerywanymi). Dyslokacje te przecinają pakiety utworów fliszowych skośnie do głównych powierzchni nasunięć, przechodzą przez utwory mioceńskie autochtoniczne, a następnie wyraźnie zagłębiają się w podłożu neoproterozoiczne (rysunki 1, 2B). Geometrię opisywanych lineamentów śledzić można jeszcze wyraźniej w odtworzeniach poszczególnych atrybutów sejsmicznych. W wersji atrybutu *Chaos*, przeznaczonych do rozpoznawania stref nieciągłości, strefy „nieuporządkowanego” sygnału sejsmicznego uwidoczniły się najlepiej w obrębie utworów fliszowych oraz u czoła nasunięcia jednostki boryslaw-



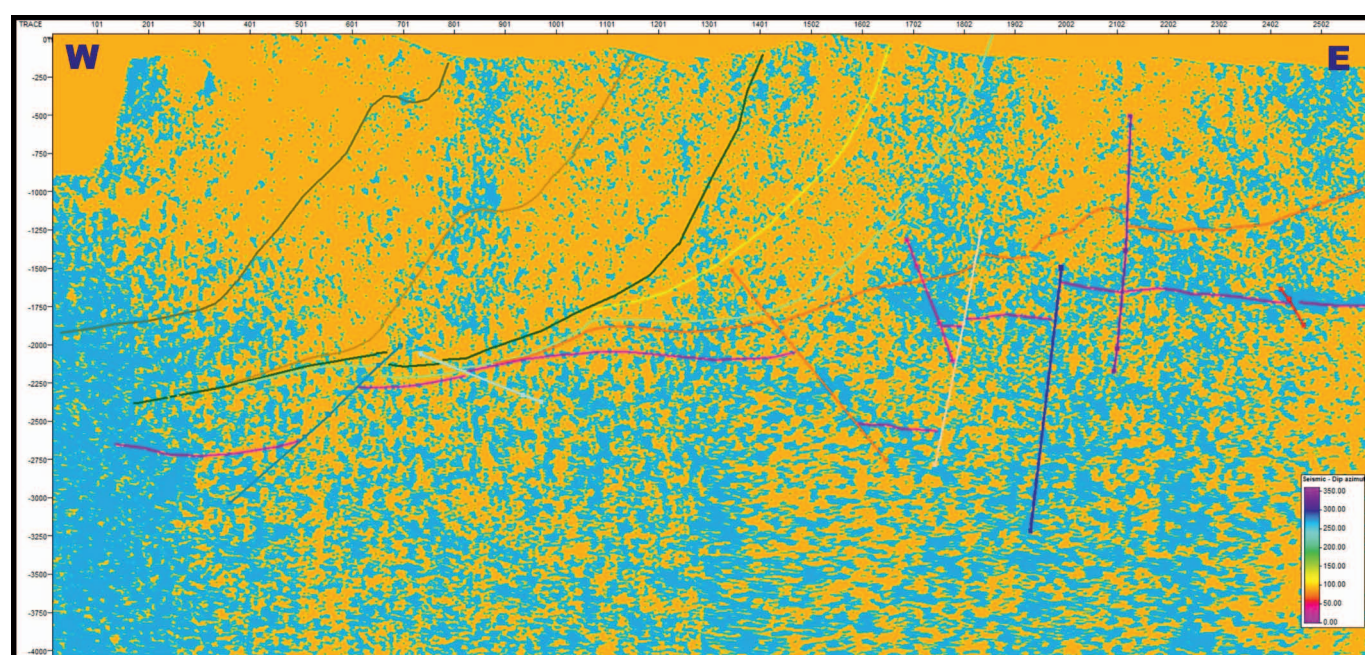
Rys. 4. Czasowy profil sejsmiczny po reprocessingu (aktualna wersja INiG – PIB) – atrybut *Chaos*

sko-pokuckiej, podczas gdy w miocenie i podłożu neoproterozoicznym nie można ich praktycznie odróżnić od tła (rysunek 4). Kolejnych informacji dostarcza analiza atrybutu *Local structural azimuth* (rysunek 5) pokazująca zmienność rozkładu przestrzennego azymutów, a tym samym wskazująca i detalizująca przebieg stref nieciągłości lub rozluźnień tektonicznych [17]. Na podstawie interpretacji tego atrybutu zdecydowano o przedłużeniu ku górze niektórych płaszczyzn uskoków, interpretowanych pierwotnie jedynie w obrębie głębszych pięter geologicznych (rysunki 5, 6). Dodatkowym atrybutem wykorzystanym do potwierdzenia loka-

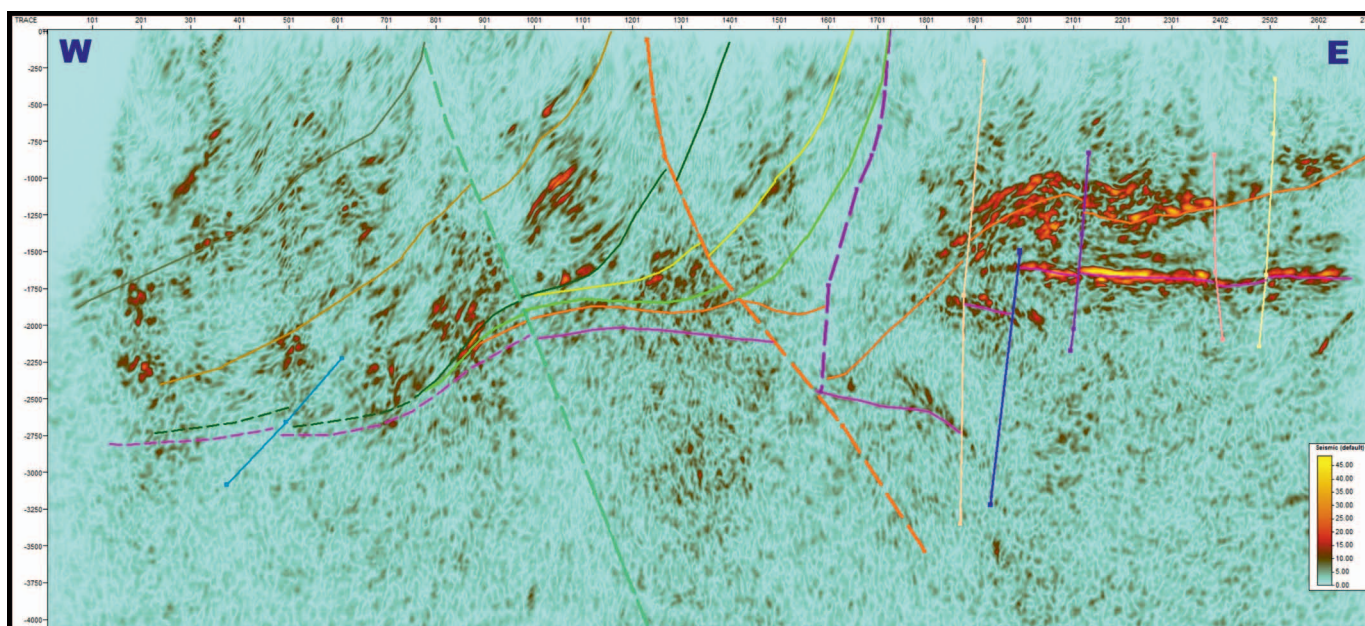
lizacji wyznaczonych stref nieciągłości był atrybut amplitudowy *Envelope*, gdyż wskazane strefy dyslokacyjne charakteryzują się na ogół wyraźnym obniżeniem wartości amplitudy. W związku z tym w odtworzeniu tego atrybutu bardzo dobrze zaakcentowane zostały miejsca przerwania ciągłości refleksów, zwłaszcza w obrębie utworów fliszowych Karpat (rysunek 7). Widać wyraźnie, że w miejscach wyznaczonych płaszczyzn dyslokacji następuje zerwanie ciągłości pomiędzy refleksami o większej dynamice, które korelować można najprawdopodobniej z wkładkami piaszczystymi w obrębie warstw inoceramowych.



Rys. 5. Czasowy profil sejsmiczny po reprocessingu (aktualna wersja INiG – PIB) – atrybut *Local structural azimuth*



Rys. 6. Czasowy profil sejsmiczny (wersja wcześniejsza) – atrybut *Local structural azimuth*



Rys. 7. Czasowy profil sejsmiczny po reprocessingu (aktualna wersja INiG – PIB) – atrybut *Envelope*

Charakter zapisu sejsmicznego wspomnianych lineamentów na interpretowanym profilu, w tym zwłaszcza ich kontakt z utworami poszczególnych jednostek wyróżnianych w profilu geologicznym badanego rejonu, wskazuje, że mogą to być strefy o bardzo starych założeniach tektonicznych, które w swojej historii były wielokrotnie reaktywowane. W obrębie podłoża neoproterozoicznego, jak również częściowo kompleksu utworów miocenu autochtonicznego, amplituda zrzutu może być dosyć duża i wynosić do kilkuset metrów, podczas gdy w obrębie utworów kompleksu fliszowego zrzut

jest już raczej niewielki. Może to świadczyć o tym, że strefy te odmładzane były głównie jako uskoki przesuwcowe, a ostateczna ich reaktywacja nastąpiła już po etapie złuskania i nasunięcia utworów fliszowych jednostki skolskiej. W strefach wyniesionych tektonicznie bloków podłoża (np. środkowa część interpretowanego profilu – rysunek 1), gdzie utwory ediakaru były prawdopodobnie sukcesywnie wypiętrzane, wielkość zrzutu jest trudna do oszacowania ze względu na intensywne działanie procesów erozji, które doprowadziły do wyrównania powierzchni stropowej prekambru.

Podsumowanie i wnioski

Wyniki prezentowanej pracy wskazują, że odpowiedni dobór zarówno sekwencji przetwarzania, jak również stosowanych do poszczególnych procedur parametrów (podpartych odpowiednimi testami), mają zasadnicze znaczenie dla uzyskanego finalnie obrazu sejsmicznego. Na podstawie zastosowanej sekwencji przetwarzania [3] uzyskano obraz sejsmiczny cechujący się wzrostem ciągłości refleksów sejsmicznych w obrębie utworów niektórych jednostek geologicznych (np. w obrębie utworów jednostki skolskiej i borysławsko-pokuckiej, jak również w obrębie utworów jednostki stebnickiej). Ważnym aspektem procesu przetwarzania była weryfikacja uzyskiwanego obrazu sejsmicznego na

każdym z kolejnych etapów przetwarzania, poprzez prowadzoną na bieżąco interpretację geologiczną.

Nowym, istotnym elementem zapisu sejsmicznego na analizowanym profilu jest pojawienie się głęboko zakorzenionych wyraźnych stref nieciągłości, przecinających również pakiety utworów fliszowych. Zasygnalizowane zagadnienia wymagają z pewnością dalszych szczegółowych badań pozwalających na pełniejszą interpretację uzyskanych na obecnym etapie informacji. Prawdopodobnie opisane wyżej strefy nieciągłości w utworach fliszowych wiązać można z wtórnym etapem deformacji tektonicznych górotworu karpackiego [7, 10], w trakcie którego doszło do powstania serii uskoczków przesuwcowych.

Prosimy cytować jako: *Nafta-Gaz* 2017, nr 7, s. 456–464, DOI: 10.18668/NG.2017.07.02

Artykuł nadesłano do Redakcji 9.12.2016 r. Zatwierdzono do druku 14.02.2017 r.

Artykuł powstał na podstawie pracy statutowej pt.: *Zwiększenie dokładności odwzorowania ośrodka geologicznego z obszaru Karpat na podstawie przetwarzania sejsmiki powierzchniowej 2D i otworowej* – praca INiG – PIB na zlecenie MNiSW; nr zlecenia: 0019/SR/16, nr archiwalny: DK-4100-19/16.

Literatura

- [1] Alexandrowicz S.W., Garlicki A., Rutkowski J.: *Podstawowe jednostki litostratygraficzne miocenu zapadliska przedkarpacciego*. Kwartalnik Geologiczny 1982, vol. 26, nr 2, s. 470–471.
- [2] Andreyeva-Grigorovich A.S., Oszczytko N., Ślącza A., Oszczytko-Clowes M., Savitskaya N.A., Trofimovich N.A.: *New data on the stratigraphy of the folded Miocene Zone at the front of the Ukrainian Outer Carpathians*. Acta Geologica Polonica 2008, vol. 58, nr 3, s. 325–353.
- [3] Bajewski Ł., Urbaniec A., Wilk A., Bartoń R.: *Poprawa dokładności odwzorowania budowy geologicznej w obrazie sejsmicznym z obszaru Karpat zewnętrznych*. Nafta-Gaz 2017, nr 7, s. 447–454, DOI: 10.18668/NG.2017.07.01.
- [4] Baran U., Jawor E.: *Sejsmogeologiczna dokumentacja perspektyw odkrycia nowych złóż gazonośnych w piaskowcach mioceńskich pod nasunięciem karpaccim między Husowem a Przemysłem*. Kwartalnik AGH, Geologia 2009, vol. 35, nr 4/1, s. 223–253.
- [5] Głowacki E., Jurkiewicz H., Karnkowski P.: *Geologia rejonu Przemysła w świetle głębokich wierceń*. Kwartalnik Geologiczny 1966, vol. 10, nr 1, s. 211–249.
- [6] Jankowski L.: *Kompleksy chaotyczne w rejonie gorlickim (polskie Karpaty zewnętrzne)*. Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego 2007, vol. 426, s. 27–52.
- [7] Jankowski L.: *Nowe spojrzenie na budowę geologiczną Karpat – ujęcie dyskusyjne*. Prace Naukowe Instytutu Nafty i Gazu – Państwowego Instytutu Badawczego 2015, nr 202, s. 11–154.
- [8] Jankowski L., Kopciowski R., Ryłko W., Danysh V., Tsarnenko P.N., Hnylko O.: *Lithostratigraphic correlation of the Outer Carpathian borderlands of Poland, Ukraine, Slovakia and Romania*. Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego 2012, vol. 449, s. 87–98.
- [9] Jankowski L., Kopciowski R., Ryłko W.: *Stan wiedzy o budowie geologicznej Karpat zewnętrznych pomiędzy rzekami Białą a Rysca – dyskusja*. Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego 2012, vol. 449, s. 203–216.
- [10] Jankowski L., Margielewski W.: *Strukturalne uwarunkowania rozwoju rzeźby Karpat zewnętrznych – nowe spojrzenie*. Przegląd Geologiczny 2014, vol. 62, nr 1, s. 29–35.
- [11] Jankowski L., Probulski J.: *Rozwój tektoniczno-basenowy Karpat zewnętrznych na przykładzie budowy geologicznej złóż Grabownica, Strachocina i Łodyna oraz ich otoczenia*. Kwartalnik AGH, Geologia 2011, vol. 37, nr 4, s. 555–583.
- [12] Jasionowski M.: *Zarys litostratygrafii osadów mioceńskich wschodniej części zapadliska przedkarpacciego*. Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego 1997, vol. 375, s. 43–60.
- [13] Kotlarczyk J.: *Geologia Karpat przemyskich – „szkic do portretu”*. Przegląd Geologiczny 1988, vol. 36, nr 6, s. 325–333.
- [14] Kotlarczyk J., Jerzmańska A., Świdnicka E., Wiszniovska T.: *A framework of ichthyofaunal ecostratigraphy of the Oligocene – Early Miocene strata of the Polish Outer Carpathian basin*. Annales Societatis Geologorum Poloniae 2006, vol. 76, nr 1, s. 1–111.
- [15] Kuśmirek J., Baran U.: *Wgłębna budowa Karpat w strefie sigmoidy przemyskiej: interpretacja profili sejsmicznych i ocena prognoz naftowych*. Kwartalnik AGH, Geologia 2008, vol. 34, nr 3, s. 365–384.
- [16] Kuśmirek J., Maćkowski T., Szczygieł M., Baran U., Pieniędzy K.: *Budowa struktur wgłębnych w strefie sigmoidy przemyskiej – przegląd modeli interpretacyjnych*. Technika Poszukiwań Geologicznych, Geotermia, Zrównoważony Rozwój 2006, nr 2, s. 31–34.
- [17] Leginowicz A.: *Analiza atrybutów danych sejsmicznych 3D występujących w systemie Petrel*. Nafta-Gaz 2011, nr 9, s. 627–647.
- [18] Malata T.: *Analysis of standard lithostratigraphic nomenclature and proposal of division for Skole unit in the Polish Flysch Carpathians*. Geological Quarterly 1996, vol. 40, nr 4, s. 543–554.
- [19] Ney R.: *Niektóre problemy z tektoniki Przedgórze i brzegu Karpat na południe od Przemysła*. Nafta 1958, vol. 14, nr 3, s. 59–65.
- [20] Ney R.: *Rola rygla krakowskiego w geologii zapadliska przedkarpacciego i rozmieszczeniu złóż ropy i gazu*. Prace Geologiczne Komisji Nauk Geologicznych PAN Oddział w Krakowie 1968, nr 45, s. 1–82.
- [21] Ney R.: *Warstwy przemyskie w jednostce stebnickiej*. Geofizyka i Geologia Naftowa 1965, nr 7–9, s. 235–243.
- [22] Olszewska B.: *Biostratygrafia neogenu zapadliska przedkarpacciego w świetle nowych danych mikropaleontologicznych*. Prace Państwowego Instytutu Geologicznego 1999, nr 168, s. 9–28.
- [23] Oszczytko N., Uchman A., Bubniak I.: *The Stebnyk Formation (Miocene) in the Boryslav-Pokutya and Sambir nappes of the Ukrainian Carpathians: a record of environmental change in the Carpathian Foredeep*. Geological Quarterly 2016, vol. 60, nr 2, s. 473–492.
- [24] Stefaniuk M., Ostrowski C., Targosz P., Wojdyła M.: *Wybrane problemy magnetotellurycznych i grawimetrycznych badań strukturalnych we wschodniej części polskich Karpat*. Kwartalnik AGH, Geologia 2009, vol. 35, nr 4/1, s. 7–46.
- [25] Zieliński J.J.: *Odkrycie fliszowego fałdu wgłębego w rejonie Przemysła*. Rocznik Polskiego Towarzystwa Geologicznego 1963, vol. 33, nr 3, s. 387–395.
- [26] Żelaźniewicz A., Aleksandrowski P., Buła Z., Karnkowski P.H., Konon A., Oszczytko N., Ślącza A., Żaba J., Żyto K.: *Regionalizacja tektoniczna Polski*. Komitet Nauk Geologicznych PAN, Wrocław 2011.
- [27] Żelaźniewicz A., Buła Z., Fanning M., Seghedi A., Żaba J.: *More evidence on Neoproterozoic terranes in southern Poland and southeastern Romania*. Geological Quarterly 2009, vol. 53, nr 1, s. 93–124.



Mgr Andrzej URBANIEC
Główny specjalista inżynierijno-techniczny
w Zakładzie Sejsmiki
Instytut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy
ul. Lubicz 25 A.
31-503 Kraków
E-mail: andrzej.urbaniec@inig.pl

Mgr inż. Aleksander WILK
Główny specjalista inżynierijno-techniczny w Zakładzie Sejsmiki.
Instytut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy
ul. Lubicz 25 A
31-503 Kraków
E-mail: wilka@inig.pl



Mgr inż. Łukasz BAJEWSKI
Główny specjalista inżynierijno-techniczny
w Zakładzie Sejsmiki
Instytut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy
ul. Lubicz 25 A.
31-503 Kraków
E-mail: lukasz.bajewski@inig.pl



Dr inż. Robert BARTOŃ
Adiunkt w Zakładzie Sejsmiki.
Instytut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy
ul. Lubicz 25 A
31-503 Kraków
E-mail: robert.barton@inig.pl