

## Nowe dane o wglębnej budowie ukraińskich Karpat — geologiczna reinterpretacja regionalnych profili sejsmicznych

Stepan-Orest Lizon\*, Christina Zayats\*

### New data on deep structure of the Ukrainian Carpathians: geological reinterpretation of regional seismic profiles

**Summary.** Complex interpretation of seismic and gravimetric data along three regional seismic profiles (Fig. 1) gives a new picture of the deep structure of the Ukrainian Carpathians and the adjoining areas. In the autochthonous complex, the occurrence of deep fractures and the occurrence as well as the hipsometry and thickness of the Riphean-Mesozoic complex below the overthrust Carpathian nappes have been confirmed (Fig. 2). The implications are very important for the estimates of oil and gas prospective areas in the region.

Kompleksowa interpretacja obserwacji geofizycznych — zarówno sejsmicznych, jak i grawimetrycznych — daje nowy obraz wglębnej budowy Karpat Ukraińskich i przyległych obszarów. Implikacje tej interpretacji mają bardzo duże znaczenie dla oceny perspektyw ropogazowości. Krótka prezentacja ostatnio uzyskanych wyników jest właśnie celem niniejszego omówienia.

Dla celów niniejszej pracy zostały przeanalizowane regionalne profile transkarpackie R-I (borysławski), R-II (stryjski) i R-III (pokucki) (ryc. 1), które wcześniej były opracowane metodą WSG (wspólny punkt głębokości) przez Zachodnio-Ukraińską Ekspedycję Geofizyczno-Poszukiwawczą. Ponadto wzięto pod uwagę wyniki głębokiego sondowania sejsmicznego (GSS) i kompleksowej metody fal załamanych (KMFZ) (Sollogub, 1978, 1993; Zayats, 1980).

Należy przy tym zaznaczyć, że na ryc. 2 nad powierzchnią nasunięcia seria allochtoniczna to utwory paleogenu lub kredy. Nie do końca można było w sposób pewny określić przynależność stratygraficzną poszczególnych części w obrębie nasuniętego kompleksu, dlatego też na ryc. 2 zaznaczono tę przynależność w przypadkach, kiedy jest ona wyznaczona w sposób wiarygodny na podstawie charakteru pola sejsmicznego (długie stabilne osie synfazowości, charakterystyczne dla serii menilitów paleogenu płaszczowiny borysławsko-pokuckiej albo strefy krośnieńskiej; w strefie skibowej fazy te są w większości związane z utworami kredy górnej lub kredy dolnej).

### Profil R-I

Profil R-I przecina z SW na NE strefę krośnieńską i płaszczowinę skibową oraz kończy się w obrębie płaszczowiny borysławsko-pokuckiej (ryc. 1).

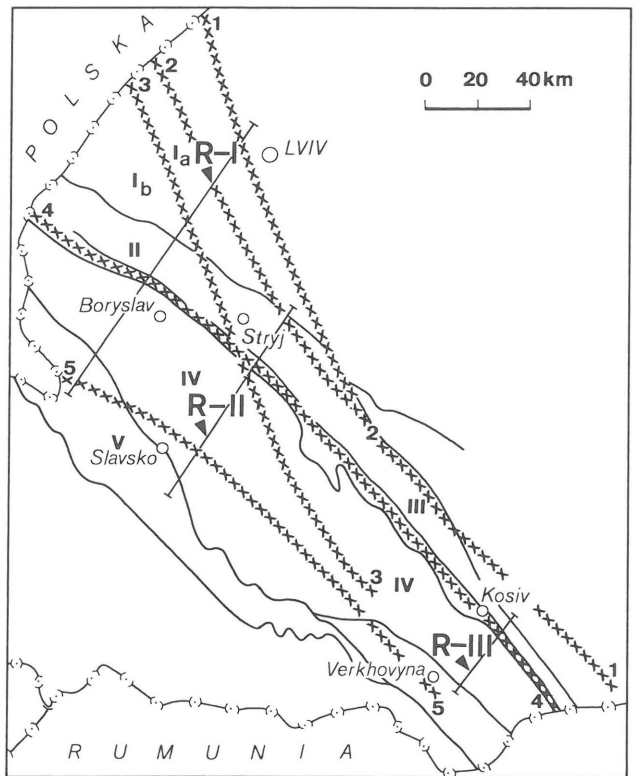
W allochtonicznym kompleksie płaszczowin: skibowej i borysławsko-pokuckiej na przecięciu profilu R-I zostały stwierdzone fałdy paleogeńskie kompleksu fliszowego; niektóre z nich zawierają złoża ropy i gazu. Najgłębiej występujące — rybnickie (6–7 km) — jest prawdopodobnie związane z kredowymi utworami autochtonu.

W obrębie płaszczowiny samborskiej, podstref kruk-

nickiej i kosowsko-ugerskiej podłoże mezo-ryfejskie zostało stwierdzone otworami wiertniczymi. Powierzchnia kompleksu ryfejskiego w przecięciu profilu znajduje się na poziomie od -4500 do -5000 m, natomiast jurajskiego — na -1500 do -2000 m.

Podłoże autochtoniczne zapadliska przedkarpackiego według danych głębokiego sondowania sejsmicznego na linii profilu znajduje się koło Borysławia na poziomie -7200 m i zanurza się w kierunku SW na poziom -8800 m koło Jasienicy. Dalej głębokość zalegania zmniejsza się do -6 km do -7 km w strefie krośnieńskiej na SW od Karpat Bukowińskich.

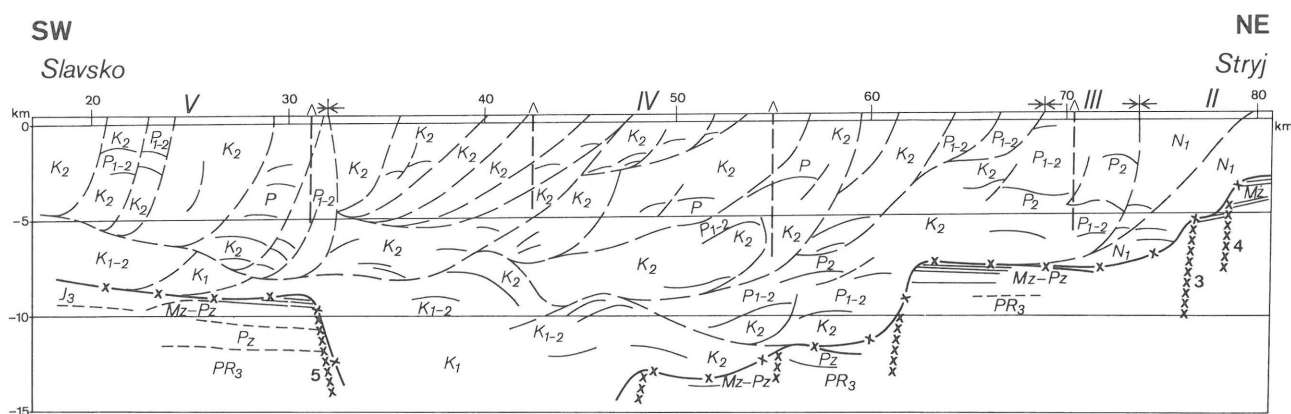
Według wyników GSS (Zayats, 1980), od dawna znana gazonośna strefa bilcze-wolicka ciągnie się na SE pod Karpatami Pokuckimi aż do rozłamu krakowiecko-wierchowińskiego. Miąższość osadów mezo-paleozoicznego kompleksu



**Ryc. 1.** Schemat tektoniczny ukraińskich Karpat: I — strefa bilcze-wolicka (a — podstrefa kosowsko-ugerska, b — podstrefa krukienicka), II — płaszczowina samborska, III — płaszczowina borysławsko-pokucka, IV — płaszczowina skibowa, V — strefa krośnieńska; 1–5 — rozłamy wglębne (1 — Rawa Ruska, 2 — Gorodok, 3 — Krakovets-Verkhovyna, 4 — przedkarpacki, 5 — użocki)

**Fig. 1.** Scheme of tectonic units in the Ukrainian Carpathians: I — Bilche-Volytsa zone (a — Kosiv-Ugersko subzone, b — Krukenits subzone), II — Sambir Nappe, III — Boryslav-Pokuttya Nappe, IV — Skiba Nappe, V — Krosno Zone, 1–5 — deep fractures (1 — Rawa Ruska, 2 — Gorodok, 3 — Krakovets-Verkhovyna, 4 — Forecarpathian, 5 — Uzhotsk)

\*Instytut Geologii i Geochemii NANU, ul. Naukowa 3A, 290053 Lwów (Ukraina)



Ryc. 2. Przekrój geologiczny-sejsmiczny wzdłuż linii R-II; J<sub>3</sub> — jura górna, K<sub>1</sub> — kreda dolna, K<sub>2</sub> — kreda górna, P — paleogen, P<sub>1</sub> — paleogen dolny, P<sub>2</sub> — paleogen górny, PR<sub>3</sub> — ryfej, P<sub>z</sub> — paleozoik

Fig. 2. Geological-seismic cross-section along the line R-II; J<sub>3</sub> — Upper Jurassic, K<sub>1</sub> — Lower Cretaceous, K<sub>2</sub> — Upper Cretaceous, P — Paleogene, P<sub>1</sub> — Lower Paleogene, P<sub>2</sub> — Upper Paleogene, PR<sub>3</sub> — Riphean, P<sub>z</sub> — Paleozoic

perspektywicznego zwiększa się między rozłami Rawy Ruskiej i krakowiecko-wierchowińskim od 2 do 5 km, a także od 1 do 3 km na SE końcu podstrefy kosowsko-ugerskiej. Należy oczekiwać, że erozyjny charakter powierzchni mezo-paleozoiku, potwierdzony wierceniami i dokładną sejsmiką, z rozwojem paleodolin i wcięć, występów i ostańców, z którymi są związane pułapki węglowodorów w tej strefie, będzie zaznaczać się także pod nasunięciem Karpat.

Tym samym perspektywy poszukiwań nowych złóż w autochtonie Karpat są związane z kompleksem mezo-paleozoicznym i pułapkami, analogicznymi do stwierdzonych w podstrefie kosowsko-ugerskiej. Górską budową bajkalidów (grzęda leżajsko-dobrudzka) ciągnie się pod płaszczowiną skibową Karpat między wgłębnymi rozłami: krakowiecko-wierchowińskim i użockim. Najwyższy poziom dzisiejszego występowania określa się na -3 do -5 km w podstrefie krukienickiej. Osiowa część została opuszczona wzdłuż wgłębnego rozłamu przedkarpackiego na poziom -8 km na NW i -12 km w środkowej części strefy skibowej.

W obrębie platformy zachodnioeuropejskiej na profilu wyraźnie śledzi się fałę sejsmiczną — powierzchnię przedryfejskiego fundamentu krystalicznego na poziomie -10 do -20 km. Górnoproterozoiczny kompleks różni się wśród utworów osadowych brakiem wszystkich długich fal sejsmicznych. Ich ilość rośnie w utworach kambryjskich i staje się stała zwłaszcza w poziomach jury i kredy. Ostro rysuje się strefa rozłamu gorodzkiego i zmiany zalegania poziomów w związku z przejściem do zapadliska przedkarpackiego.

W podstrefie kosowsko-ugerskiej najbardziej ostrymi osiami synfazowości fal sprężystych cechuje się kompleks utworów sarmatu, powierzchnia poziomu gipsowo-anhydrytowego i utwory jury górnej i środkowej. W serii utworów dolnojurajskich synfazowych impulsów sejsmicznych praktycznie brak. Niektóre obserwuje się w utworach kambru. Miąższość kompleksu górnoproterozoicznego rośnie tam, gdzie nie obserwuje się poziomów sejsmicznych. Poziom sejsmiczny, powiązany z powierzchnią fundamentu przedryfejskiego, rejestruje się na poziomie -12 do -15 km. W kierunku SW głębokość poziomu zwiększa się i wychodzi poza granice przekroju czasowego 6 sek.

Ostra strefa rozłamu krakowieckiego świadczy o przejściu profilu R-I do podstrefy krukienickiej i płaszczowiny

samborskiej. Tu wyraźnie zaznacza się powierzchnia poziomu gipsowo-anhydrytowego, poziomy dolnego sarmatu i linia podstawy nasunięcia utworów stebnickich. W dolnej części nasuniętego kompleksu obserwuje się ich fałdy. Utwory masywu leżajskiego (ryfeidy) na przekroju czasowym są wyrażone serią niemą.

Rozłam przedkarpacki na przekroju czasowym zaznacza się ostrym zakończeniem charakteru sejsmicznego poziomu gipsowo-anhydrytowego. W autochtonicznej części przekroju obserwuje się kontakt różnych pól pod względem charakterystyki zapisu sejsmicznego: małoinformacyjnych, należących do płaszczowiny samborskiej, i z dodatkowymi oddzielnymi częściami fal sejsmicznych, jakie są związane z fałdami paleogeńskimi fliszowego kompleksu płaszczowiny borysławsko-pokuckiej. Cechy pola sejsmicznego pozwalają śledzić długość płaszczowiny borysławsko-pokuckiej na przekroju sejsmicznym aż do jego zakończenia 20 km na SW.

Poziomy sejsmiczne, które można by powiązać z powierzchnią podłoża, pod płaszczowiną borysławsko-pokucką stwierdza się na poziomie -7 do -8 km. Miejscami można oczekiwać podniesienia albo występu w powierzchni podstawy autochtonu, jednakże obraz falowy w obrębie podniesień nie jest ostro wyrażony. Obecność dodatkowych ciągłych faz sejsmicznych pozwala oczekiwać na powierzchni występów utworów fliszowych (?) albo mezozoicznych.

Dalej na SW brak jest informacji z górnej części przekroju geologicznego, gdzie stwierdza się elementy pod paleogeńskimi fałdami strefy krośnieńskiej. Obserwuje się niektóre fragmenty impulsów synfazowych, które cechami nie można odnieść do powierzchni autochtonu. Prawdopodobnie dolna część przekroju reprezentuje gruby kompleks utworów kredowych.

Wzdłuż profilu na SW od otworu Borynia falowy obraz znacznie się zmienia od poprzedniego i świadczy o podłożu. Odbicia na głębokości -6 do -7 km mogą być równoważne z powierzchnią autochtonu strefy krośnieńskiej.

### Profil R-II

Regionalny transkarpacki profil sejsmiczny R-II, o długości ponad 80 km, idący przez miejscowości Stryj, Skole i

Sławskie, przecina z NE na SW strefę bilcze-wolicką (pod płaszczowiną samborską), płaszczowinę borysławsko-pokucką zapadliska przedkarpackiego, płaszczowinę skibową i ciągnie się 20 km w obrębie strefy krośnieńskiej sfałdowanych Karpat (ryc. 1, 2).

Przedalpejski fundament Karpat opuszcza się od poziomu -1 km do -2 km. Na tym obszarze profil ciągnie się wzdłuż paleodoliny, gdzie na przedneogeńską powierzchnię wychodzą utwory poziome gipsowo-anhydrytowego, kredowe i jurajskie.

Na przekroju czasowym regionalnego profilu R-II otrzymano nową, chociaż nie zawsze jednoznaczną informację o zaleganiu przedneogeńskiego podłoża zapadliska przedkarpackiego i sfałdowanych Karpat, jego hipsometrii i elementach tektoniki. Przesuwając się z NE na SW powierzchnia mezozoicznych utworów stopniowo obniża się od -1 km w rejonie Stryja do -2 km w strefie rozłamu przedkarpackiego, zanurza się pod płaszczowinę samborską (nasunięcie stebnickie) i tworzy lokalne podniesienia, paleowystępy i paleowięcienia, które wyraźnie widać na refleksach dynamicznych od poziomu gipsowo-anhydrytowego, oblekającego wszystkie nierówności powierzchni mezozoicznej. Miąższość utworów mezozoicznych wynosi 400–1000 m.

Przez strefy rozłamów: przedkarpackiego i krakowiecko-wierchowińskiego fundament mezo-paleozoiczny obniża się na poziom 6 km i więcej, gdzie brak utworów mezozoicznych. Sądząc po charakterze zapisu sejsmicznego, uskoki te pojawiają się dalej na SW, tworząc podniesienia fundamentu pod płaszczowiną borysławsko-pokucką. Należy wszakże zastrzec, że te twierdzenia mają charakter hipotezy, ponieważ są oparte wyłącznie na porównaniach charakteru zapisu sejsmicznego.

Dalej na SW za głębokim rozłamek (szewczenkowski?) podłoża przedalpejskie opuszcza się na poziom 12 km. Za głębokim rozłamek użockim, na granicy kontaktu strefy krośnieńskiej i strefy skibowej, podnosi się on na poziom -7 do -8 km; można tu dopuścić obecność utworów jurajskich.

W pobliżu profilu i bądź na ich liniach (ryc. 1) są położone wiercenia Witla 1 i Borynia 1 w strefie krośnieńskiej, a także kilka wierceń w obrębie płaszczowin: skibowej i borysławsko-pokuckiej, jednakże żadne z nich nie osiąga podłoża Karpat. Wyjątkiem są wiercenia w okolicach Łopuszna (Karpaty Pokucko-Bukowińskie), gdzie stwierdzono autochtoniczne utwory trzeciorzędowe i mezozoiczne (Buderkevich i in., 1985).

### Profil R-III

Na pokuckim odcinku przekroju poziomy sejsmiczne obserwuje się na poziomie -4 km do -8 km, co odpowiada autochtonowi. Występują tu utwory paleozoiku, jury, kredy i paleogenu, zanurzające się w kierunku SW. Obecność

rozłamów, wśród których dominuje rozłam przedkarpacki, określa blokowy charakter tektoniki. W pokrywie autochtonu wyróżnia się szereg fałdów antyklinalnych, typu struktury Łopuszańskiej. Można przyjąć, że układają się one w pasma o kierunku karpackim.

### Podsumowanie

W rezultacie interpretacji sejsmicznych otrzymano nowe informacje o możliwej hipsometrii fundamentu mezo-paleozoicznego, uskokach i blokowej budowie autochtonu wzdłuż profilów R-I, R-II i R-III. Oprócz tego profile dostarczyły informacji o budowie kompleksu allochtonicznego oraz autochtonicznego, które są bardzo interesujące z punktu widzenia perspektyw ropogazoności.

Możliwe, iż na skłonach grzędy na odcinkach opuszczania można spodziewać się miąższych utworów mezo-paleozoiku i ich ostańców. Dlatego w podłożu kompleksu allochtonicznego pod płaszczowinami: borysławsko-pokucką i samborską, na SW od rozłamów: przedkarpackiego i krakowiecko-wierchowińskiego można oczekiwać zarówno utworów mezo-paleozoicznych, jak i ryfejskich. Obecność utworów mezo-paleozoicznych będzie zależać od hipsometrii podstawy pokrywy karpackiej i powierzchni bajkalidów. Podniesienia odcinków powierzchni przedalpejskiej podstawy Karpat (podstawy nasunięcia karpackiego) należy traktować jako perspektywiczne dla złóż węglowodorów. W granicach tych odcinków należy wykonać dokładniejsze badania sejsmiczne łącznie z wierceniami parametrycznymi.

Potwierdzono obecność w autochtonie głębokich rozłamów oraz występowanie kompleksu mezo-ryfejskiego pod Karpatami, określono jego hipsometrię i miąższość. Dokładny charakter budowy i występowania mezo-paleozoicznego oraz ryfejskiego podłoża pod Karpatami zasługuje na dalsze badania. Na podstawie uzyskanych informacji można będzie przedstawić schemat przedalpejskiego podłoża Karpat biorąc pod uwagę szczegóły hipsometrii oraz budowy geologicznej, prognozować rozszerzenie oraz rozwój jej elementów.

### L i t e r a t u r a

- BUDERKEVICH M.D., ZAYATS C.B. & IVAKHIV B.I. 1985 — Nieftjanaja i gazowaja promiszlennost, 1: 8–10.  
SOLLOGUB V. B. 1978 — Strojenie ziemnoj kory i wierchniej mantii Centralnoj i Wostocznoj Jewropy. Naukowa Dumka, Kijew: 178–189.  
SOLLOGUB V. B. 1993 — Geofiziczeskije issledowania litosfery. Naukowa Dumka, Kijew: 11–140.  
ZAYATS C.B. 1980 — Geofiziczeskij Żurnał, 11: 29–34.