

Paleogeografia basenów Małopolskiej Prowincji Naftowej w mezozoiku i kenozoiku na tle ewolucji obszaru wokółkarpackiego

Jan Golonka*, Michał Krobicki**, Nestor Oszczytko*, Andrzej Ślącza*

Odtworzono mezozoiczno-kenozoiczną paleogeografię i ewolucję basenów naftowych w obszarze wokółkarpackim w nawiązaniu do tektoniki płyt i pozycji głównych elementów skorupy badanego obszaru w globalnym układzie odniesienia. W wyniku mezozoicznych ryftów wzdłuż północnej krawędzi oceanu Tetydy powstało szereg basenów typu oceanicznego, takich jak Meliata i basen pieniński. Ocean alboranско-liguryjsko-pieniński powstał w wyniku oddzielenia się Gondwany i Laurazji jako fragment tektonicznego systemu rozpadu Pangei. W okresie od późnej jury do wczesnej kredy rozwinął się ryft Karpat zewnętrznych.

Na przełomie kredy i paleocenu nastąpiło zamknięcie basenu pienińskiego pasa skałkowego. W okresie od eocenu do wczesnego miocenu terrany Adri-alkapy i Karpat wewnętrznych kontynuowały ruch w kierunku północnym, a ich kolizja z płytą euroazjatycką doprowadziła do powstania pryzmy akrecyjnej Karpat zewnętrznych i basenu przedgórskiego. Pod koniec miocenu środkowego uformowały się ostatecznie nasunięcia Karpat Zachodnich, podczas gdy w Karpatach Wschodnich ruchy te przetrwały do końca pliocenu.

Słowa kluczowe: tektonika płyt, paleogeografia, Tetyda, Karpaty, mezozoik, kenozoik

Jan Golonka, Michał Krobicki, Nestor Oszczytko & Andrzej Ślącza — **Mesozoic-Cenozoic paleogeography of the Małopolska Oil Province versus evolution of the circum-Carpathian region.** Prz. Geol., 49: 396–400.

S u m m a r y. The Mesozoic-Cenozoic paleogeography and evolution of circum-Carpathian hydrocarbon basins was reconstructed in relation to plate tectonics and major tectonic elements of the studied area within the global framework. The Mesozoic rifting events resulted in the origin of oceanic type basins like the Meliata and the Pieniny along the northern margin of the Tethys. Separation of Eurasia from Gondwana formed the Alboran-Ligurian-Pieniny Ocean as a part of the Pangean tectonic system breakup. During the Late Jurassic–Early Cretaceous, the Outer Carpathian rift developed. In the latest Cretaceous–earliest Paleocene the Pieniny Ocean was closed. During Eocene–Early Miocene time, Adria-Alcapan terranes tended to move northward. Their oblique collision with the North European plate led to forming an accretionary wedge of the Outer Carpathians and the foreland basin. The formation of West Carpathian thrusts was completed by middle Miocene time, whereas in the Eastern Carpathians the thrust front was still progressing eastward.

Key words: plate tectonics, paleogeography, hydrocarbon basins, Tethys, Carpathians, Mesozoic, Cenozoic

W procesie powstawania i ewolucji basenów naftowych bardzo ważną rolę odgrywają uwarunkowania paleogeograficzne i paleotektoniczne. Mają one szczególne znaczenie w obszarach o tak skomplikowanej historii, jak Karpaty i ich przedpole. Na obszarze tym skały macierzyste i zbiornikowe dla węglowodorów występują zarówno w utworach platformowych, jak i w obrębie orogenu karpackiego, a znaczna część rozpoznanych w tym regionie złóż ropy naftowej i gazu usytuowana jest na styku platformy i orogenu. Późnopaleozoiczno-kenozoiczną paleogeografię i ewolucję basenów naftowych w obszarze wokółkarpackim odtworzono w nawiązaniu do tektoniki płyt i pozycji głównych elementów skorupy badanego obszaru w globalnym układzie odniesienia (ryc. 1). Mapy paleogeograficzne opracowano przy zastosowaniu modelowania tektoniki płyt za pomocą programów *Paleomap* i *Plates*, służących do rekonstrukcji położenia płyt tektonicznych. Informacje dotyczące litofacji i paleośrodowiska zostały naniesione na komputerowe mapy podstawowe, obrazujące wzajemne położenie poszczególnych terranów. Kompleksowe badania sedimentologiczne i paleontologiczno-mikrofacjalne umożliwiły ilościowe modelowanie basenów naftowych oraz określenie położenia i dynamiki grzbietów międzybasenowych.

Mezozoiczna ewolucja basenów karpackich

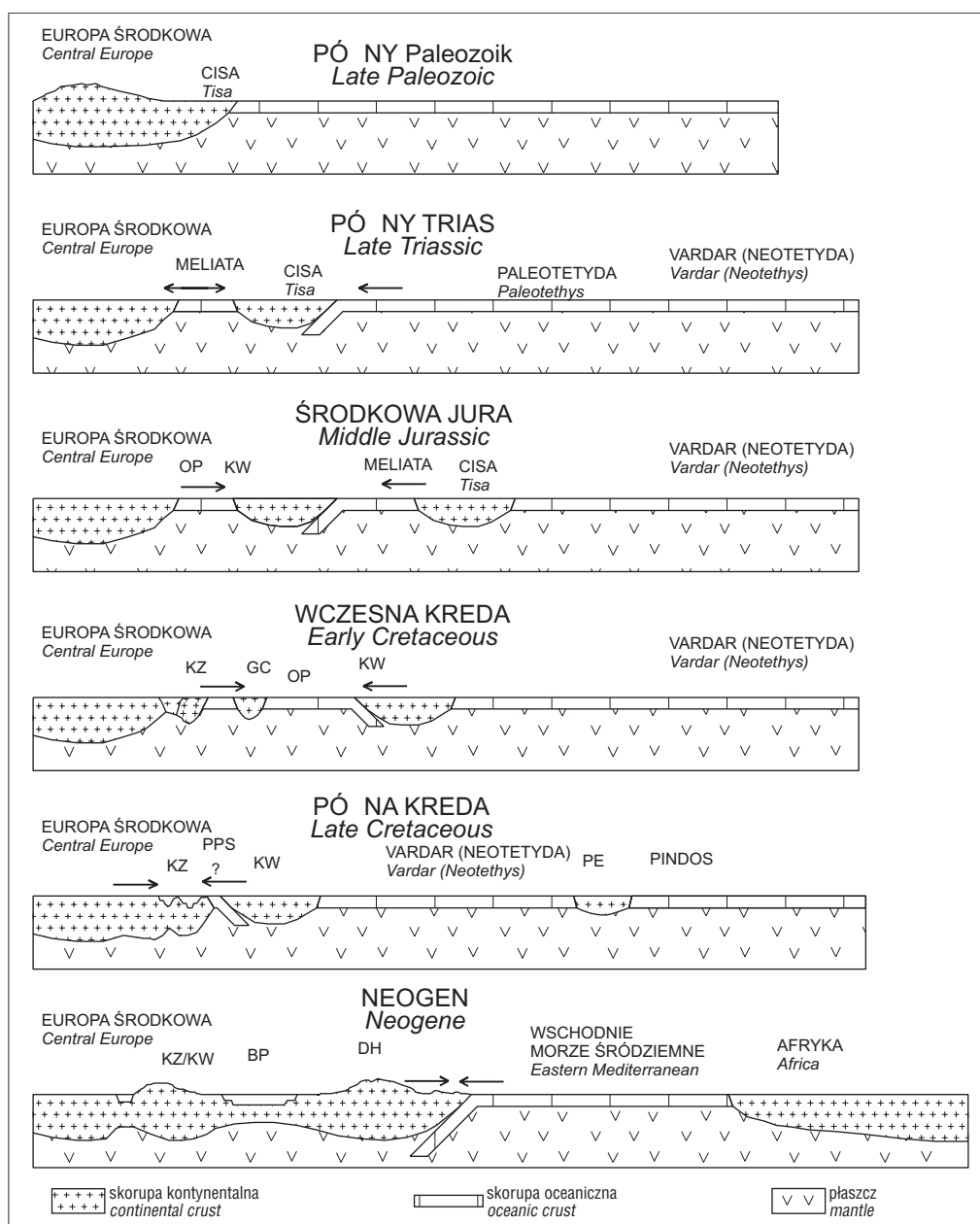
W karbonie, w następstwie orogenezy hercyńskiej, został uformowany superkontynent Pangea. Ocean Paleotetyda tworzył zatokę pomiędzy dwoma ramionami Pangei, Gondwaną i Laurazją. W tym czasie uformowało się podłoże większości płyt, które odgrywały znaczącą rolę w mezozoiczno-kenozoicznej ewolucji obszaru wokółkarpackiego.

Kontynent Pangei obrzeżony był strefami subdukcji. Strefa subdukcji skierowanej ku północy rozciągała się wzdłuż północnego obrzeżenia Paleotetydy. Szereg terranów, zwanych kontynentem kimeryjskim odrywało się od gondwańskiego ramienia Pangei i podążało w kierunku ramienia północnego, laurazjatyckiego. W triasie i jurze terrany kimeryjskie i płyty chińskie zderzyły się z Laurazją (Eurazją), zamykając Paleotetydę, a ruch płyt w kierunku północnym otworzył nowy ocean — Tetydę właściwą (Neotetydę).

W triasie terrany północnych Alp wapiennych i Karpat wewnętrznych tworzyły platformę brzegową kontynentu eurazjatyckiego (Plašienka & Kováč, 1999). W późnym triasie blok Tisa był oddzielony od krawędzi europejskiej przez ocean Meliata-Halstatt. Odgańlenie tego oceanu rozciągało się prawdopodobnie pomiędzy Karpatami wewnętrznymi, Mezją i platformą europejską (Golonka i in., 2000). Pelagiczne osady triasu znajdowane w egzotykach pienińskiego pasa skałkowego mogły osadzić się w basenie tego odgańlenia (Birkenmajer, 1988; Birkenmajer i in., 1990).

*Instytut Nauk Geologicznych, Uniwersytet Jagielloński, ul. Oleandry 2a, 30-063 Kraków; e-mail: golonka@geos.ing.uj.edu.pl; nestor@ing.uj.edu.pl; slaczka@ing.uj.edu.pl

**Katedra Stratygrafii i Geologii Regionalnej, Akademia Górniczo-Hutnicza, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków; e-mail: krobicki@geol.agh.edu.pl



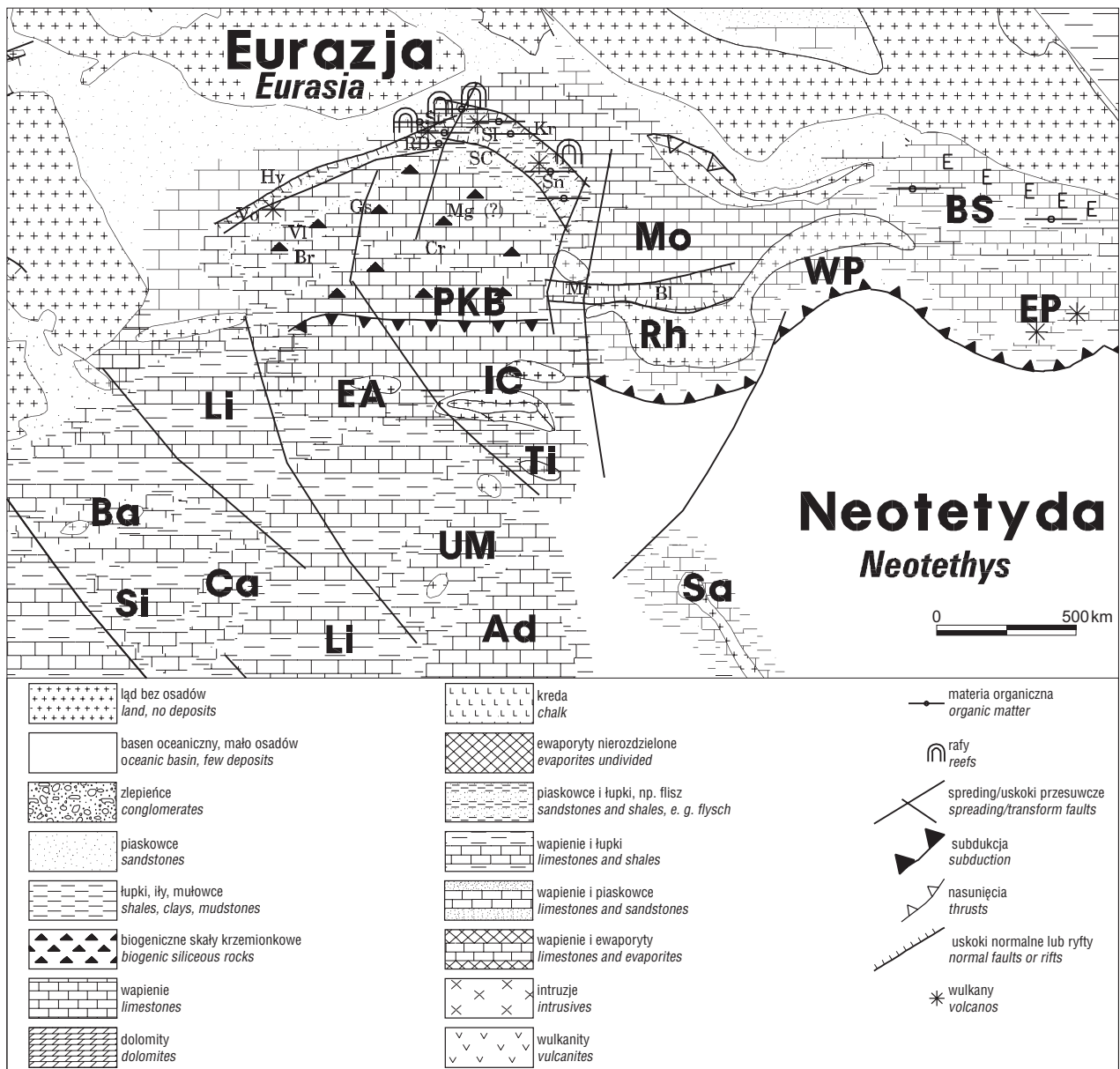
Ryc. 1. Profile tektoniki płyt — Europa Środkowa–Karpaty–Grecja (zmodyfikowane wg Golonka i in., 2000). Skróty: OP — ocean pieniński, PPS — pieniński pas skałkowy, GC — grzbiet czorsztyński, KZ — Karpaty zewnętrzne, KW — Karpaty wewnętrzne, BP — basen panoński, DH — dynarydy, hellenidy, PE — terran pelagoński

Fig. 1. Plate tectonic profiles Central Europe–Carpathians–Greece (modified according to Golonka et al., 2000). Abbreviations for ocean and plate names: OP — Pieniny Ocean, PPS — Pieniny Klippen Belt, GC — Czorsztyń Ridge, KZ — Outer Carpathians, KW — Inner Carpathians, BP — Pannonian Basin, DH — Dinarids, Hellenids, PE — Pelagonian terrane

W wyniku oddzielenia się Gondwany i Laurazji utworzył się ocean albozańsko-liguryjsko-pienińsko-magurski, sięgający na wschodzie aż po Karpaty ukraińskie. Ocean ten był połączony z Atlantykiem centralnym systemem uskoku przesuwczego, powstałych w wyniku tektonicznego rozpadu Pangei. Ku północy ocean ten łączył się z bruzdą (aulakogenem) polsko-duńską poprzez system ryftów i uskoku, rozciągając się dalej w kierunku Morza Północnego, Norweskiego i Barentsa (Golonka i in., 2000). Basen pienińsko-magurski w późnej jurze charakteryzował się rozwojem facji pelagicznych, zawierających radiolarie i planktoniczne glony *Nannoconus* (Golonka & Sikora, 1981). Grzbiet czorsztyński oddzielał basen magurski od pieniń-

skiego (Birkenmajer, 1986). Analiza faunistyczna i sedymentologiczna osadów węglanowych grzbietu czorsztyńskiego wskazuje na istnienie prądów wznoszących (*upwelling*), wywołujących wymianę nutrientów między strefą basenową i strefą płytszą (Krobicki, 1996; Golonka & Krobicki, 2001).

W okresie od późnej jury do wczesnej kredy rozwinął się ryft Karpat zewnętrznych z przejawami wulkanizmu ekstensyjnego (Narebski, 1990; Golonka i in., 2000). Powstał wówczas basen śląski, oddzielony grzbietem śląskim (kordylierą) od basenu magurskiego (Oszczypko, 1999). W tym czasie erodowane z grzbietu śląskiego oraz południowej krawędzi płyty europejskiej płytkowodne osady węglano-

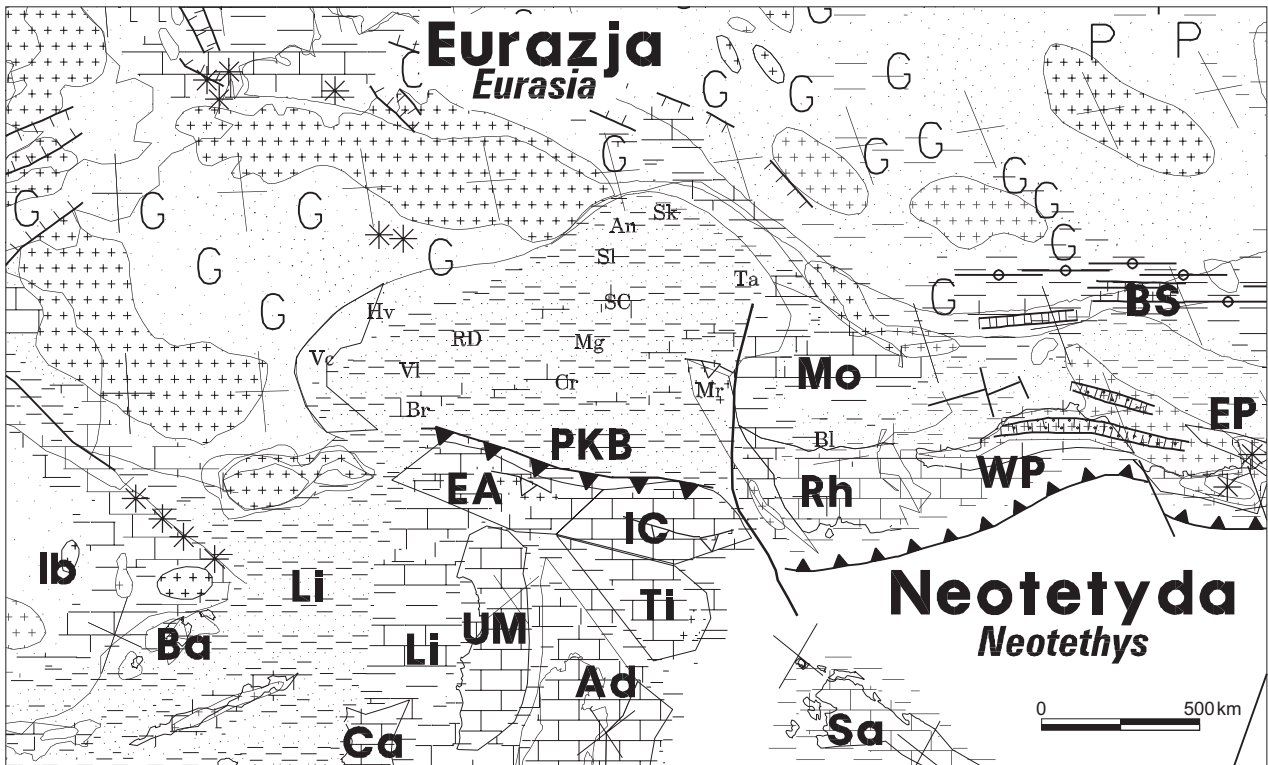


Ryc. 2. Paleogeografia i litofacieje rejonu wokółkarpaccy w późnej jurze–wczesnej kredzie (zmodyfikowane wg Golonka i in., 2000). Skrót: Ad — Adria (Apulia), An — grzbiet andrychowski, Ba — Baleary, Bl — Balkany, Br — Briançonnais, BS — Morze Czarne, Ca — Kalabria-Kampania, Cr — grzbiet czorsztyński, Di — dynardy, EA — Alpy Wschodnie, EP — pontydy wschodnie, Gs — Gresten, Hv — strefa helwecka, Ib — Iberia, IC — Karpaty wewnętrzne, Kr — Kruhel, Li — ocean liguryjski (Piemont), Mg — Magura, Mo — Moesia, Mr — Marmarosz, PKB — basen pienińskiego pasa skałkowego, RD — strefa renodunajska, Rh — Rodopy, Sa — Sakaria, SC — grzbiet śląski (kordyliera), Sl — basen śląski, Si — Sycylia, Sk — basen skolski, Sn — Sinaia, St — Štramberk, Ta — Tarçau, Ti — Cisa, UM — Umbria-Marche, Vc — Vercors, Vl — Valais, WP — pontydy zachodnie; E — ewapority, G — glaukonit, P — fosfority

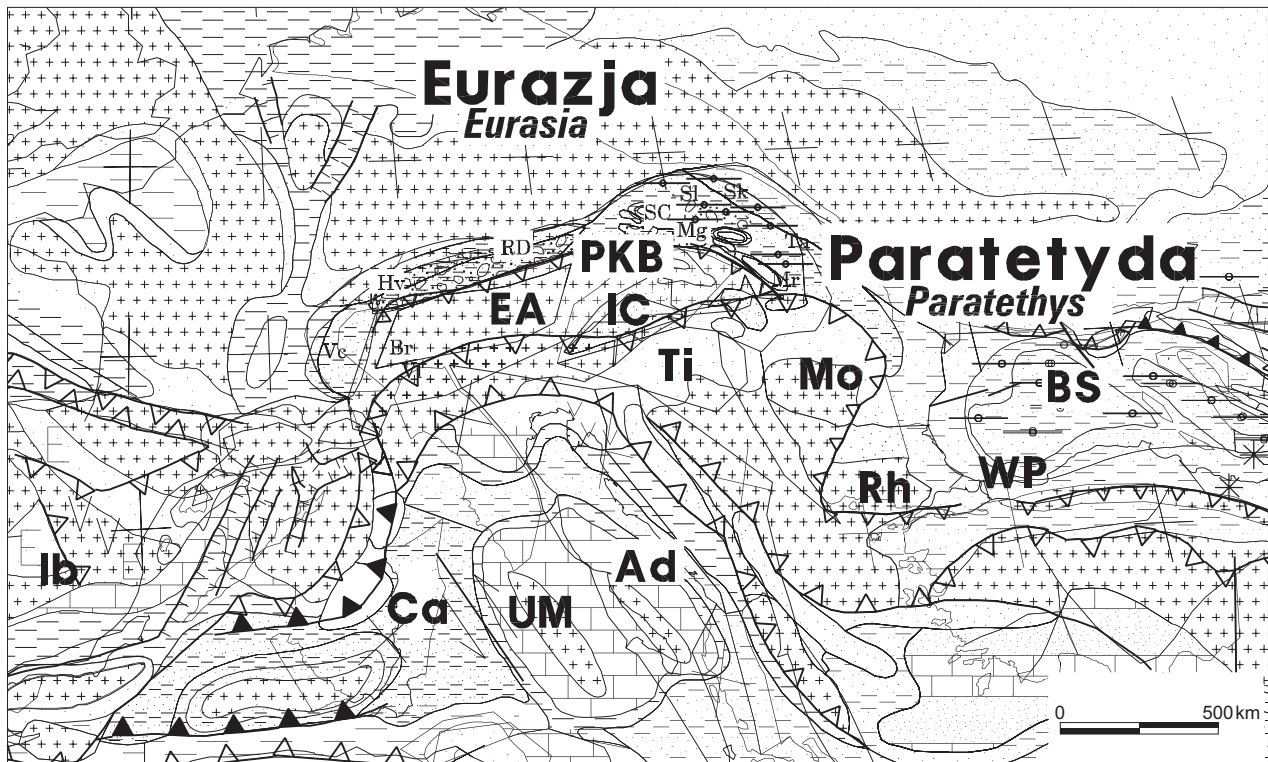
Fig. 2. Paleogeography and lithofacies of the circum-Carpathian area during Late Jurassic–Early Cretaceous (modified according to Golonka et al., 2000). Abbreviations for ocean and plate names: Ad — Adria (Apulia), An — Andrychov Ridge, Ba — Balearic, Bl — Balkans, Br — Briançonnais, BS — Black Sea, Ca — Calabria-Campania, Cr — Czorsztyn Ridge, Di — Dinarides, EA — Eastern Alps, EP — Eastern Pontides, Gs — Gresten, Hv — Helvetic, Ib — Iberia, IC — Inner Carpathians, Kr — Kruhel, Li — Ligurian (Piemont) Ocean, Mg — Magura, Mo — Moesia, Mr — Marmarosh, PKB — Pieniny Klippen Belt Basin, RD — Reno-Danubian, Rh — Rhodopes, Sa — Sakariya, SC — Silesian Ridge (Cordillera), Sl — Silesian Basin, Si — Sicily, Sk — Skole Basin, Sn — Sinaia, St — Štramberk, Ta — Tarçau, Ti — Tisa, UM — Umbria-Marche, Vc — Vercors, Vl — Valais, WP — Western Pontides; E — evaporites, G — glauconite, P — phosphorates

we (m.in. typu sztramberskiego) były redeponowane w strefach basenowych, tworząc flisz wapienny warstw cieczyńskich. W tytonie nastąpiła generalna reorganizacja płyt. Atlantyk zaczął się rozszerzać w kierunku obszaru pomiędzy Iberią i Nową Funlandią. Kierunek liguryjsko-pieniński został zarzucony, czemu towarzyszyło powstanie strefy subdukcji wzdłuż krawędzi basenu pienińskiego pasa skałkowego. Ocean Meliata-Halstatt został zamknięty

(Golonka i in., 2000). Powstały w tym czasie baseny cząstkowe, takie jak podśląski, dukijski, skolski (Tarçau), oddzielone lokalnymi strefami wyniesień. W basenach tych przeważały warunki redukcji i rozwijała się sedimentacja ciemnych osadów pelagicznych i fliszowych. Wysoka produktywność organiczna w basenach zewnętrzno-karpaccy była spowodowana przez prądy wznoszące i warunki ograniczające w wąskich basenach ryftowych (Golonka &



Ryc. 3. Paleogeografia i litofacje rejonu wokółkarpaccyego w albie (zmodyfikowane wg Golonka i in., 2000). Objaśnienia przy ryc. 2
 Fig. 3. Paleogeography and lithofacies of the circum-Carpathian area during Albian (modified according to Golonka et al., 2000). For explanations see fig. 2



Ryc. 4. Paleogeografia i litofacje rejonu wokółkarpaccyego w oligocenie (zmodyfikowane wg Golonka i in., 2000). Objaśnienia przy ryc. 2
 Fig. 4. Paleogeography and lithofacies of the circum-Carpathian area during Oligocene (modified according to Golonka et al., 2000). For explanations see fig. 2

Krobicki, 2001). Zachowanie materiału organicznego w środowisku osadzania jest wynikiem istnienia depocentrow aktywnej subsyduencji w czasie sedymentacji i utrzymywania się anoksji w warunkach ograniczonej cyrkulacji i braku odpływu z basenów ryftowych (dolne łupki cieszyń-

skie, warstwy wierzowskie, warstwy spaskie) (por. Ślącza, 1996; Ślącza i in., 1999).

Pod koniec dolnej kredy basen Karpat zewnętrznych rozszerzał się, osiągając maksymalną szerokość (ryc. 3). Równocześnie w albie pojawiają się pierwsze deformacje

kompresyjne w południowo-wschodniej części Karpat wewnętrznych obszaru alpejsko-karpackiego (Săndulescu, 1988; Ślącza i in., 1999). Intensywnemu fałdowaniu towarzyszyła sedymentacja osadów gruboklastycznych. W Karpatach Zachodnich okres kompresji zamanifestował się wyniesieniem grzbietów wewnątrzbasenowych.

Rotacja Afryki i *spreading* we wschodnim Morzu Śródziemnym powodował konwergencję płyty Adrii z Eurazją. Na początku kredy górnej orogeneza Trupchun w Alpach (Frotzheim i in., 1996) spowodowała subdukcję skorupy oceanicznej oceanu liguryjskiego wraz z małymi terranami. W Karpatach wewnętrznych powstają nasunięcia kompresyjne (Plašienka, 1999). Basen pienińskiego pasa skałkowego ulega zwężeniu, podczas gdy baseny Karpat fliszowych są ciągle otwarte i połączone z oceanem światowym.

Podniesienie się poziomu oceanu światowego w cenomanie i turonie przyczyniło się do połączenia basenów karpackich z płytkim morzem szelfowym platformy europejskiej. Przeważać zaczęły warunki utleniające morza dobrze przewietrzanego (Bieda i in., 1963; Golonka i in., 2000). Zaznacza się sedymentacja pelagiczna w Karpatach zewnętrznych, osadzają się zielone łupki radiolariowe i radiolaryty a następnie łupki czerwone (Ślącza i in., 1999) w basenach osiągających głębokość abysalną. Pod koniec późnej kredy rozpoczyna się okres kompresji, który będzie kontynuował się w paleogenie (Golonka i in., 2000). Osady fliszowe zaczęły dominować w basenach zewnętrzno-karpackich.

Kenozoiczna ewolucja basenów karpackich

W okresie od późnej kredy do paleocenu nastąpiło zamknięcie basenu pienińskiego pasa skałkowego i kolizja terranów Karpat wewnętrznych z grzbietem czorsztyńskim (Birkenmajer, 1986; Golonka i in., 2000). Terrany Adrii, Alp Wschodnich i Karpat wewnętrznych kontynuowały ruch w kierunku północnym. W Europie środkowej nastąpiły ruchy laramijskie, inwersja basenów oraz deformacje tektoniczne osadów Morza Północnego i strefy polsko-duńskiej. W paleocenie poprzez połączenie bloków Alp Wschodnich, Cisy, Karpat wewnętrznych i innych małych terranów uformował się superterran Alkapa. Paleoceniński okres inwersji poprzedzał w Karpatach zewnętrznych nowy okres wzmózonej subsydencji, który zaczął się w wyższym paleocenie i kontynuował w lutecie i priabonie (Oszczypko, 1999). Nacisk przyzmy akrecyjnej powodował przesuwanie się depocentrow w kierunku północnym. Drobnorytmiczny flisz przechodzi ku górze w miąższy kompleks turbidytów i fluksoturbidytów.

W późnym eocenie w wyniku subdukcji część basenu magurskiego uległa pograżeniu, przez co basen został zredukowany (Oszczypko, 1992, 1999). Na skutek kolizji półwyspu indyjskiego z płytą euroazjatycką zaczyna formować się Paratetyda Wschodnia, odznaczająca się znacznym stopniem izolacji (ryc. 4). We wczesnym oligocenie (rupel) proces ten zaznacza się euksyniczną sedymentacją łupków bitumicznych (warstwy menilitowe). W wyniku późnooligocenijskich fałdowań uformowała się płaszczowina magurska, która przykryła większą część grzbietu śląskiego (Oszczypko, 1992; Golonka i in., 1999, 2000). W pozostałej części Karpat zewnętrznych rozwinęła się w tym czasie synorogeniczna sedymentacja warstw krośnieńskich.

Ruch płyt Adrii i Alkapy w kierunku północnym kontynuował się w miocenie. We wczesnym miocenie na przedpolu sfałdowanych Alp i Karpat utworzył się system basenów przedgórskich (Oszczypko, 1998). Płaszczowiny Karpat zewnętrznych, odkute i nasunięte na utwory platformy północnoeuropejskiej, ostatecznie uformowały się w środkowym i późnym miocenie. W Karpatach Wschodnich ruchy nasuwce kontynuowały się aż po czwartorzęd. Kierunek wschodni stał się kierunkiem dominującym od późnego miocenu (Golonka i in., 2000).

Badania były częściowo finansowane przez grant Komitetu Badań Naukowych nr PB 1171/P04.

Literatura

- BIEDA F., GEROCH S., KOSZARSKI L., KSIĄŻKIEWICZ M. & ŻYTKO K. 1963 — Stratigraphie des Karpates externes polonaises. Biul. Inst. Geol., 182: 5–174.
- BIRKENMAJER K. 1986 — Stages of structural evolution of the Pieniny Klippen Belt, Carpathians. Stud. Geol. Pol., 88: 7–32.
- BIRKENMAJER K. 1988 — Exotic Andrusov Ridge: its role in plate-tectonic evolution of the West Carpathian Foldbelt. Stud. Geol. Pol., 91: 7–37.
- BIRKENMAJER K., KOZUR H. & MOCK R. 1990 — Exotic Triassic pelagic limestone pebbles from the Pieniny Klippen Belt of Poland: a further evidence for Early Mesozoic rifting in West Carpathians. Ann. Soc. Geol. Pol., 60: 3–44.
- FROITZHEIM N., SCHMID S. M. & FREY M. 1996 — Mesozoic paleogeography and the timing of eclogite facies metamorphism in the Alps: a working hypothesis. Ecl. geol. Helv., 89: 81–110.
- GOLONKA J. & SIKORA W. 1981 — Mikrofacje ścienionych sedymentacyjnie osadów pienińskiego pasa skałkowego w Polsce. Biul. Inst. Geol., 31: 7–37.
- GOLONKA J. & KROBICKI M. 2001 — Upwelling regime in the Carpathian Tethys from the Jurassic-Cretaceous paleogeographic and paleoclimatic perspective. Geol. Quart., 45: 15–32.
- GOLONKA J., OSZCZYPKO N. & ŚLĄCZKA A. 1999 — Geodynamic evolution of the Carpathian Foredeep basin — a global perspective. Biul. Państw. Inst. Geol., 387: 100–101.
- GOLONKA J., OSZCZYPKO N. & ŚLĄCZKA A. 2000 — Late Carboniferous-Neogene geodynamic evolution and paleogeography of the circum-Carpathian region and adjacent areas. Ann. Soc. Geol. Pol., 70: 107–136.
- KROBICKI M. 1996 — Neo-Cimmerian uplift of intraoceanic Czorsztyń pelagic swell (Pieniny Klippen Belt, Polish Carpathians) indicated by the change of brachiopod assemblages. In: Riccardi A.C. (ed.), Advances in Jurassic research. 4th International Congress on Jurassic Stratigraphy and Geology, GeoResearch Forum, 1–2: 255–264.
- NARĘBSKI W. 1990 — Early rifts in the evolution of western part of the Carpathians; geochemical evidence from limburgite and teschenite rock series. Geol. Sb., 41: 521–528.
- OSZCZYPKO N. 1992 — The Late Cretaceous through Paleogene evolution of Magura. Geol. Carp., 43: 333–338.
- OSZCZYPKO N. 1998 — The Western Carpathian Foredeep — development of the foreland basin in front of the accretionary wedge and its burial history (Poland). Geol. Carp., 49: 415–431.
- OSZCZYPKO N. 1999 — From remnant ocean basin to collision-related foreland basin — a tentative history of the Outer Western Carpathians. Geol. Carp., 50: 161–165.
- PLAŠIENKA D. 1999 — Tectonochronology and paleotectonic model of the Jurassic-Cretaceous evolution of the Central Western Carpathians. Veda, Bratislava, 1–127.
- PLAŠIENKA D. & KOVÁČ M. 1999 — How to loop Carpathians — an attempt to reconstruct Meso-Cenozoic palinspastic history of the Carpathian orocline. Geol. Carp., 50: 163–165.
- SĂNDULESCU M. 1988 — Cenozoic tectonic history of the Carpathians. In: Royden L. & Horváth F. (eds.), The Pannonian Basin: a study in basin evolution. Am. Ass. Pet. Geol. Mem., 45: 17–25.
- ŚLĄCZKA A. 1996 — Oil and gas in the Ukrainian part of the Carpathians and their foredeep. In: Wessely G. & Liebl W. (eds.), Oil and gas in Alpidic thrustbelts and basins of Central and Eastern Europe. Spec. Publ. Eur. Ass. Geos. Eng., 5: 17–21.
- ŚLĄCZKA A., OSZCZYPKO N., MALATA E. & CIESZKOWSKI M. 1999 — An early history of the Outer Carpathian basin. Geol. Carp., 50: 170–172.