

Przewidywana wartość skał macierzystych: Małopolska Prowincja Naftowa na tle prowincji światowych w późnej jurze–wczesnej kredzie

Jan Golonka¹, Michał Krobicki², Wolfgang Kiessling³, Natalia J. Bocharova⁴,
Mary Edrich⁵, David Ford⁵, Robert Pauken⁵, Jim Wildharber⁵

Oszacowanie przewidywanej wartości skał macierzystych dla trzydziestu sześciu regionów późnojurajsko-wczesnokredowych wykazało związek między wydajnością trzech głównych procesów kontrolujących zawartość substancji organicznej a całkowitym potencjałem węglowodorów. Produktywność biologiczna, brak rozcieńczenia substancji organicznej przez sedymentację i zachowanie substancji organicznej w środowisku osadzania w specyficznych warunkach paleogeograficznych, klimatycznych i tektonicznych miejsc, gdzie górnourajskie–dolnokredowe morskie skały macierzyste są znane lub przewidywane, ma wpływ na przewidywaną wartość skał macierzystych (SRPV). Modelowanie SRPV umieściło marginalne baseny Tetydy wśród basenów w których mogły się osadzić najlepsze górnourajsko–dolnokredowe skały macierzyste na świecie. Baseny południowo-kaspijski i Azji Środkowej zajmują ósmą pozycję na liście, basen karpacki zaś pozycję dziewiątą. Wysoka produktywność organiczna w basenie karpackim jest spowodowana przez prądy wznoszące (upwelling) i warunki ograniczające w wąskich basenach ryftowych.

Słowa kluczowe: skały macierzyste, ropa naftowa, gaz ziemny, jura, kreda, Karpaty

Jan Golonka, Michał Krobicki, Wolfgang Kiessling, Natalia J. Bocharova, Mary Edrich, Robert Pauken & Jim Wildharber — **Source rock prediction value: Małopolska Oil Province versus world provinces in the Late Jurassic–Early Cretaceous.** *Prz. Geol.*, 49: 408–411.

Summary. The evaluation of source rock prediction value for thirty-six Late Jurassic–Early Cretaceous regions showed a relationship between three major processes, which control the content of organic matter, and the total hydrocarbon potential. Biologic productivity, lack of dissolution of organic matter during sedimentation, and preservation of organic matter in a depositional environment affected by specific paleogeographic, climatic and tectonic conditions, under which the Upper Jurassic–Lower Cretaceous marine source rocks are known or predicted, have an influence on the source rock prediction value (SRPV). The SRPV modeling placed the marginal Tethys basin among the basins featured by the richest Late Jurassic–Early Cretaceous source rocks throughout the world. The south-Caspian and Central Asia basins were ranked eighth, while the Carpathian basin ninth. The high organic productivity of the Carpathian basin was caused by upwelling, as well as restricted conditions in narrow rift basins.

Key words: source rocks, oil, gas, Jurassic, Cretaceous, Carpathians

Punktem wyjściowym dla przewidywania wartości skał macierzystych jest zrozumienie krytycznych procesów, które kontrolują akumulację i zachowanie substancji organicznej, która tworzy skały macierzyste i zależności tych procesów od specyficznych uwarunkowań paleogeograficznych, tektonicznych i klimatycznych. Liczne badania wykazały, że większość światowych zasobów węglowodorów pochodzi z morskich skał macierzystych, zwykle nagromadzonych podczas głównych epizodów podnoszenia się poziomu oceanu światowego (zob. Klemme & Ulmishek, 1991). Supersekwencja późnojurajsko–wczesnokredowa (kelowej–berias) została wybrana dla przedstawionych badań, jako przypadek testowy, gdyż obejmuje ona długie okresy transgresji i regresji. Morskie skały macierzyste tego okresu są rozmieszczone na całym świecie i dostarczyły więcej zasobów ropy i gazu ziemnego (25% odkrytych światowych zasobów węglowodorów), niż jakkolwiek inny okres akumulacji skał macierzystych (Klemme & Ulmishek, 1991; Klemme, 1994). Aczkolwiek niemorskie skały macierzyste tego wieku lokalnie dostar-

czają znacznych zasobów węglowodorów, ich globalne znaczenie jest podrzędne i nie były one przedmiotem prowadzonych badań. W dobrze rozpoznanym basenie istnieje korelacja pomiędzy zawartością substancji organicznej w skałach macierzystych a zasobami ropy i gazu ziemnego. Jeśli dane geochemiczne nie są dostępne, półilościowe badania mogą być użyte dla przewidywania występowania i jakości skał macierzystych. Oczywiście występowanie skał macierzystych jest tylko jednym z czynników koniecznych dla nagromadzenia się węglowodorów. Inne składniki systemu naftowego muszą również być obecne.

Przewidywana wartość skał macierzystych; metoda *delfi*

Wiele map paleogeograficznych o charakterze globalnym (np. Golonka, 2000) zostało użytych, aby określić wydajność procesu kontrolującego możliwości występowania skał bogatych w substancję organiczną w specyficznych warunkach paleogeograficznych, klimatycznych i tektonicznych, gdzie morskie skały macierzyste są znane lub przewidywane. Głównymi procesami działającymi w tych uwarunkowaniach są: produktywność biologiczna, brak rozcieńczenia substancji organicznej przez sedymentację i zachowanie substancji organicznej w środowisku osadzania. Procesy zwiększające zawartość substancji organicznej to:

□ Produktywność biologiczna (procesy i uwarunkowania koncentrujące nutrieny)

A. Prądy wznoszące:

- 1) przybrzeżne,
- 2) wód otwartych.

¹Instytut Nauk Geologicznych, Uniwersytet Jagielloński, ul. Oleandry 2a, 30-063 Kraków; golonka@geos.ing.uj.edu.pl

²Katedra Stratygrafii i Geologii Regionalnej, Akademia Górniczo-Hutnicza, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

³Dept of Geophysical Sciences, University of Chicago, 5734 S. Ellis Ave. Chicago, IL, 60637, USA

⁴Russian Academy of Sciences, 23 Krasikov Str. Moscow, 117851, Russia

⁵Mobil Exploration and Producing Center, 3000 Pegasus Park Drive Dallas, Texas 75265, USA

B. Występowania ewaporacji:
 1) zamknięte baseny,
 2) obniżenia na szelfach,
 3) ryfty na zalanych platformach kontynentalnych,
 4) pustynie w średnich i wysokich szerokościach geograficznych.

C. Ograniczające warunki geograficzne.

D. Spływ do basenu:

- 1) nutyenty — wpływ glonów,
- 2) dopływ kerogenu lądowego.

E. Efekt wysokich szerokości geograficznych (konwergencja oceaniczna).

□ Zachowanie substancji organicznej (materiału organicznego w środowisku osadzania).

A. Depocentra aktywnej subsydencji w czasie sedymentacji.

B. Utrzymywanie się anoksji:

- 1) pozytywny bilans wodny (dopływ wody słodkiej),
- 2) stratyfikacja salinarna,
- 3) stratyfikacja termalna,
- 4) wysoka produktywność,
- 5) ograniczona cyrkulacja (głębokie, wąskie niecki lub zamknięte baseny).

C. Czynniki izolujące:

- 1) odległość basenu od paleolinii brzegowej,
- 2) lokalne podniesienie odcinające odpływ z basenu (ryfty).

□ Brak rozcieńczania osadzanej substancji organicznej (niskie tempo sedymentacji).

A. Odległość od pasa orogenicznego w okresie osadzania się skał.

B. Spływ do basenu z obszarów podniesionych.

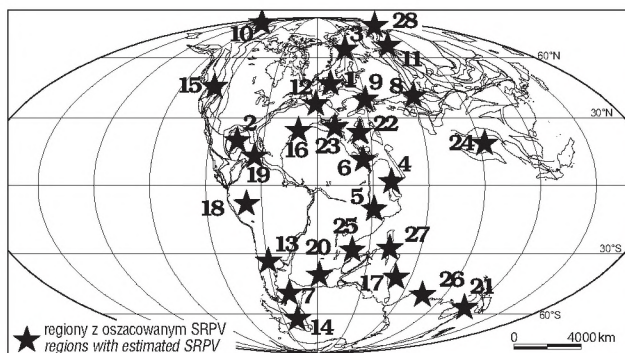
C. Wpływ klimatu, np. stref wilgotnych.

Dyskusja na temat, który z głównych procesów jest najbardziej istotnym czynnikiem kontrolującym akumulację facji bogatych w substancję organiczną nie jest rozstrzygnięta. W czasie wykonywanych badań założyliśmy, że wszystkie trzy procesy są równie ważne, a równowaga między nimi jest nadrzędnym czynnikiem kontrolującym. Zawartość substancji organicznej pogrzebanej w osadach morskich zależy więc od równowagi pomiędzy produkcją a niszczeniem, przy czym to ostatnie włącza żerowanie, dekompozycję i rozcieńczanie. Dla oszacowania zawartości substancji organicznej posłużyliśmy się metodą *delfi*.

Delfi jest metodą określającą w sposób półilościowy trzy równe, lecz nie w pełni określone i niepewne zmienne (Linstone & Turoff, 1975). Jest ona oparta na osiągnięciu rozsądnej zgodności opinii ekspertów w sposób systematyczny i obiektywny przez przeprowadzenie ankiety wśród grupy ludzi posiadających wiedzę, doświadczenie i szczegółową informację dotyczącą obserwowanych zjawisk. W wykonanych badaniach taka ankieta została przeprowadzona ze zwróceniem uwagi na temat wydajności trzech głównych procesów kontrolujących zawartość substancji organicznej w specyficznych warunkach paleogeograficznych, klimatycznych i tektonicznych miejsc, gdzie górnourajsko-dolnokredowe morskie skały macierzyste są znane lub przewidywane. Wartość od 1 do 5 została przypisana sumarycznej wydajności każdego z tych procesów przez co najmniej pięciu ekspertów, a rezultaty zostały przedstawione w postaci wartości średniej. Trzy wartości, jedna dla każdego z głównych procesów, zostały pomnożone razem aby otrzymać przewidywaną wartość skał macierzystych (SRPV — *source rock prediction value*).

Oszacowano w ten sposób trzydzieści sześć regionów późnourajsko-wczesnokredowych. Lista została przedstawiona w tabeli 1. Rozmieszczenie najważniejszych obszarów zostało przedstawione na mapie paleogeograficznej (ryc. 1). Każdy z obszarów reprezentuje pojedynczą tektoniczno-osadową prowincję w późnej jurze-wczesnej kredzie. Mogą one obejmować jeden lub więcej współczesnych basenów, które mogą, ale nie muszą mieć podobny, albo zbliżony rozwój tektoniczny i stratygraficzny od jury.

SRPV daje półilościowe oszacowanie wydajności akumulacji i zachowania materii organicznej w basenie. Nie wskazuje na to, czy facja organiczna będzie na tyle bogatą, ażeby być dobrą skałą macierzystą. Jednak procesy opisane powyżej kontrolują potencjał skały macierzystej, a potencjał ów może być zmierzony. Przez porównywanie SRPV ze znanym potencjałem skał macierzystych, występowanie i wartość skał macierzystych również mogą być przewidywalne.



Ryc. 1. Rozmieszczenie regionów dla których oszacowano SRPV na tle paleogeografii późnej jury-wczesnej kredy (paleogeografia wg Golonki, 2000). Przedstawiono 28 najwyższej skłasyfikowanych regionów: 1 — Morze Północne, 2 — Zatoka Meksykańska, 3 — wschodnia Grenlandia, Ph. Atlantyk/M. Barentsa, 4 — Arabia Saudyjska, 5 — Jemen/Somalia, 6 — wschodnie Morze Śródziemne, 7 — Falklandy/Morze Weddella, 8 — południowe Morze Kaspijskie/Azja Środkowa, 9 — Karpaty, 10 — Morze Czukockie/Wschodnia Syberia/Morze Beauforta, 11 — Zachodnia Syberia/Morze Kara, 12 — Nowa Fundlandia/Galicia, 13 — Neuquen, 14 — Morze Rossa, 15 — Tofino (B.C., Kanada), 16 — Zachodnia Afryka/Gwinea, Maroko, 17 — Północna India, 18 — basen Bogoty, 19 — Protokaraiby, 20 — Afryka Południowo-Wschodnia, 21 — Papua/Australia północno-wschodnia, 22 — Apulia, 23 — południowa Iberia (Hiszpania)/Korsyka/Sardynia, 24 — Tybet/Qantang, Lhasa, 25 — przejście wschodnioafrykańskie, 26 — północno-zachodni szelf Australii, 27 — północno-zachodnie Indie, 28 — Chatanga/Jenisiej

Fig. 1. Region with evaluated SRPV versus Late Jurassic–Early Cretaceous paleogeography (acc. to Golonka, 2000). 28 highest ranked regions were depicted: 1 — North Sea, 2 — Gulf of Mexico, 3 — East Greenland, N Atlantic/Barents, 4 — Saudi Arabia, 5 — Yemen/Somalia, 6 — Eastern Mediterranean, 7 — Falklands/Weddell Sea, 8 — South Caspian/Central Asia, 9 — Carpathians, 10 — Chukchi Sea/East Siberia/Beaufort Sea, 11 — West Siberia/Kara Sea, 12 — New Foundland/Galicia, 13 — Neuquen, 14 — Ross Sea, 15 — Tofino (B.C., Canada), 16 — West Africa/Guinea, Morocco, 17 — North India, 18 — Bogota Basin, 19 — Proto-Caribbean, 20 — South-East Africa, 21 — Papua/NE Australia, 22 — Apulia, 23 — South Iberia(Spain)/Corsica/Sardinia, 24 — Tibet/Qantang, Lhasa, 25 — East African Seaway, 26 — NW Australian shelf, 27 — North-West India, 28 — Khatanga/Yenisey

Indeks potencjału skały macierzystej (*source potential index* — SPI) jest miarą całkowitego potencjału węglowodorów (Demaison & Huizinga, 1991). Jest on zdefiniowany jako maksymalna ilość węglowodorów (w tonach metrycznych), która może być wytworzona z kolumny skał macierzystych pod powierzchnią 1 m². Indeks ten łączy miąższość warstwy i zawartość w niej substancji organicznej w jeden wskaźnik, który nie robi różnicy pomiędzy ropą naftową i gazem ziemnym, ani nie zależy od stopnia dojrzałości skały macierzystej, ani od jej rodzaju:

$$SPI = \frac{t(S1+S2)p}{1000}$$

gdzie:

SPI — *source potential index* (w tonach węglowodorów na m³)

p — gęstość skały (w metrach)

S1 + S2 — średni potencjał genetyczny (w kilogramach węglowodorów na tonę)

t — miąższość skał macierzystych (w metrach)

S1+S2 wskazuje na zawartość substancji organicznej w skale macierzystej lub jej potencjał genetyczny mierzony za pomocą pyrolizy Rock-Eval. Średni potencjał genetyczny jest liczony drogą systematycznego opróbowania kolumny skały macierzystej.

Średnie wartości SPI zostały zmierzone dla sześciu późnojurajsko-wczesnokredowych sekwencji skał macierzystych (Demaison & Huizinga, 1991). Sekwencje te zostały znalezione w pięciu niezależnych późnojurajskich prowincjach tektoniczno-osadowych. Dwie wartości SPI pochodzą z dwóch oddzielnych basenów na północno-zachodnim szelfie Australii. Baseny te były częścią tej samej tektoniczno-osadowej prowincji i ich wartości SPI są sobie równe. Wartości SRPV zostały oszacowane dla każdego z tych pięciu niezależnych obszarów i naniesione na wykres dla porównania ze zmierzoną wartością SPI, ażeby dokonać kalibracji metody i stworzyć krzywą przedstawioną na ryc. 2. Wartości te (przedstawione za pomocą gwiazdki) można połączyć krzywą. Wykres ten pozwala na przewidywanie wartości SPI dla każdego układu późnojurajsko-wczesnokredowego, dla którego dokonano oszacowania SRPV. Sklasyfikowane w tabeli 1 regiony zostały przedstawione jako kółka i gwiazdki na rycinie 2.

Pozycja Karpat (Małopolska Prowincja Naftowa) w klasyfikacji SRPV

W rezultacie rozłamu Pangei w jurze i kredzie powstał system ryftów, który rozciągał się wzdłuż północnej krawędzi Tetydy od Francji po Afganistan. Niektóre z tych ryftów rozwinęły się w baseny oceaniczne, podścielone skorupą typu oceanicznego. Inne rozwinęły się na skorupie przejściowej lub ścienionej skorupie kontynentalnej i przekształciły się później w aulakogeny. Baseny te były odseparowane od głównego oceanu Tetydy szeregiem płyt i wyniesionych grzbietów, takich jak Brianconnais, grzbiet czorsztyński, płyta mezyjska, płyty Rodopów, Pontydów, Armenii i Iranu (Lut).

Częściowe podniesienie głównej płyty europejskiej w czasie późnokimeryjskiej orogenezy spowodowało wytworzenie się warunków ograniczających w marginalnych basenach tetydzkich. Położenie paleogeograficzne i paleoklimatyczne stworzyło warunki korzystne dla prądów wznoszących (*upwelling*) wzdłuż grzbietów i krawędzi kon-

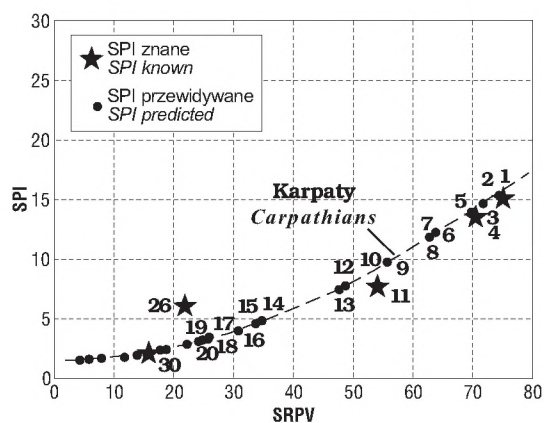
tyentalnych (Golonka & Krobicki, 2001). Szczegółowe studia osadów beriasu na grzbiecie czorsztyńskim basenu pienińskiego pasa skałkowego, udowodniły istnienie prądów wznoszących w Karpatach, na przełomie jury i kredy. Modelowanie przewidywanej wartości skał macierzystych (SRPV) umieściło marginalne baseny Tetydy wśród basenów, w których mogły się osadzić najlepsze jurajskie skały macierzyste na świecie. Baseny południowo-kaspijski i Azji Środkowej zajmują ósmą pozycję na liście, basen karpacki zaś pozycję dziewiątą (tab. 1).

Tab. 1. Oszacowanie SRPV i przewidywany SPI dla późnej jury-wczesnej kredy

Table 1. Evaluated SRPV and predicted SPI for the Late Jurassic-Early Cretaceous

Regiony	SRPV	SPI
Morze Północne*	75,0	15,0*
Zatoka Meksykańska	72,0	14,5
Wschodnia Grenlandia, Płn. Atlantyk/M. Barentsa	72,0	14,5
Arabia Saudyjska*	70,0	14,0*
Jemen/Somalia	70,0	13,9
Wschodnie Morze Śródziemne	64,0	11,9
Falklandy/M. Weddella	64,0	11,9
M. pld. Kaspijskie/Azja Środ.	63,0	11,5
Karpaty	56,0	9,8
M. Czukockie/Wsch. Syberia/M. Beauforta	56,0	9,8
Zachodnia Syberia/M. Kara*	55,0	8,0*
Nowa Funlandia/Galicja	49,0	7,7
Basen Neuquen	48,0	7,6
Morze Rossa	35,0	4,8
Tofino (B.C., Kanada)	34,0	4,4
Zach. Afryka/Gwinea, Maroko	31,0	4,0
Północne Indie	26,0	3,5
Basen Bogoty	26,0	3,5
Proto-Karaiby	26,0	3,5
Afryka Południowo-Wschodnia	26,0	3,5
Papua/Australia północno-wschodnia	26,0	3,5
Apulia	25,0	3,2
Połud. Iberia (Hiszpania)/Korsyka/Sardynia	25,0	3,2
Tybet/Qantang & Lhasa	24,5	3,1
Przejsie wschodnioafrykańskie	22,5	3,0
Północno-zachodni szelf Australii*	22,0	6,0*
Północno-zachodnia Indie	19,0	2,7
Chatanga/Jenisiej	18,0	2,5
Basen Sverdrup	18,0	2,5
Ogaden*	16,0	2,0*
Północna Afryka/Algeria/Tunezja/Maroko	16,0	2,1
Chile — baseny przedłukowe	14,0	2,0
Tajlandia/Malezja	12,0	1,9
Środkowy Atlantyk/wsch. wybrzeże USA	8,0	1,8
Sumatra-Borneo	6,0	1,6
Baja	4,5	1,5

*pomierzone wartości SPI wg Demaison & Huizinga (1991)



Ryc. 2. Wykres zależności indeksu potencjału skały macierzystej (SPI) od przewidywanej wartości skał macierzystych (SRPV) dla prowincji późnojurajsko-wczesnokredowych: 1 — Morze Północne, 2 — Zatoka Meksykańska, 3 — wschodnia Grenlandia, Pn. Atlantyk/M. Barentsa, 4 — Arabia Saudyjska, 5 — Jemen/Somalia, 6 — wschodnie Morze Śródziemne, 7 — Falklandy/Morze Weddella, 8 — południowe Morze Kaspijskie/Azja Środkowa, 9 — Karpaty, 10 — Morze Czukockie/Wschodnia Syberia/Morze Beauforta, 11 — Zachodnia Syberia/Morze Kara, 12 — Nowa Funlandia/Galicia, 13 — Neuquen, 14 — Morze Rossa, 15 — Tofino (B.C., Kanada), 16 — Zachodnia Afryka/Gwinea, Maroko, 17 — północne Indie, 18 — basen Bogoty, 19 — Protokaraiby, 20 — Afryka Południowo-Wschodnia, 26 — północno-zachodni szelf Australii, 30 — Ogaden

Fig. 2. Graph showing relations between source potential index (SPI) and Source Rock Prediction Value (SRPV) for Late Jurassic–Early Cretaceous provinces: 1 — North Sea, 2 — Gulf of Mexico, 3 — East Greenland, N Atlantic/Barents, 4 — Saudi Arabia, 5 — Yemen/Somalia, 6 — Eastern Mediterranean, 7 — Falklands/Weddell Sea, 8 — South Caspian/Central Asia, 9 — Carpathians, 10 — Chukchi Sea/East Siberia/Beaufort Sea, 11 — West Siberia/Kara Sea, 12 — New Foundland/Galicia, 13 — Neuquen, 14 — Ross Sea, 15 — Tofino (B.C., Canada), 16 — West Africa/Guinea, Morocco, 17 — North India, 18 — Bogota Basin, 19 — Proto-Caribbean, 20 — South-East Africa, 26 — NW Australian shelf, 30 — Ogaden

Wysoka produktywność organiczna w basenie karpacim jest spowodowana przez prądy wznoszące i warunki ograniczające w wąskich basenach ryftowych (Golonka & Krobicki, 2001). Zachowanie materiału organicznego w środowisku osadzania jest spowodowane istnieniem depocentrow aktywnej subsydencji w czasie sedymentacji i utrzymywanie się anoksji w warunkach ograniczonej cyrkulacji i braku odpływu z basenów ryftowych. Brak rozcieńczenia substancji organicznej jest wywołany niskim tempem sedymentacji w warunkach słabego dopływu substancji terygeniczej. Dopływ ten był wyjątkowo niski, szczególnie w początkowym okresie rozwoju basenu.

Łupki i skały węglanowe bogate w substancję organiczną znane są z wielu lokalizacji w marginalnych basenach tetydzkich (np. Shein, 1985; Ladwein, 1988; Clarke, 1994; Klemme, 1994; Picha, 1994; Sobornov, 1994). Jurajskie systemy naftowe składające się z górnourajsko-dolnokredowych skał macierzystych, węglanowych skał zbiornikowych i ewaporytowych skał ekranujących (*self-contained petroleum systems*) występują na obszarze położonym na wschód od Małopolskiej Prowincji Nafto-

wej. Obecnie wydobycie ropy i gazu na wielką skalę jest prowadzone w prowincji Amu-Daria w Azji Środkowej (Turkmenistan, Uzbekistan i Afganistan). Coraz większe znaczenie nabiera wydobycie ropy i gazu ziemnego na obszarze Austrii i Czech (Picha, 1966; Wessely, 1990), a także Ukrainy (Ślącza, 1996).

Przypuszczalnie niektóre ropy małopolskiej prowincji naftowej były zasilane jurajsko-kredowymi skałami macierzystymi. Rezultaty prac poszukiwawczych są jednak na razie rozczarowujące. Być może systemy naftowe uległy zniszczeniu w wyniku procesów metamorficznych. Przykłady zmetamorfizowanych skał macierzystych — marmury z Hohstegen — są znane z okna Taurów w Alpach austriackich (Golonka i in., 1997). W rejonie karpacim metamorfizm związany z orogenezą alpejską jest znany z rejonu Iňačovce-Krichevo we wschodniej Słowacji (Soták i in., 1999).

Dziękujemy Mobil Exploration and Producing Center za pozwolenie wydrukowania pracy. Praca była finansowana w ramach grantu KBN nr PB 1171/P04 (JG, MK), oraz przez Mobil Exploration and Producing Center.

Literatura

- CLARKE J.W. 1994 — Petroleum potential of the Amu-Dar'ya Province, Western Uzbekistan and Eastern Turkmenistan. *Inter. Geol. Rev.*, 36: 407–415.
- DEMAISON G. & HUIZINGA B.J. 1991 — Genetic Classification of Petroleum Systems. *AAPG Bull.*, 70: 1626–1643.
- GOLONKA J. 2000 — Cambrian-Neogene Plate Tectonic Maps. Wyd. UJ, Kraków.
- GOLONKA J., KIESSLING W., KROBICKI M. & BOCHAROVA N.Y. 1997 — Origination and death of petroleum systems along the Late Jurassic/Early Cretaceous northern Tethyan margin. [W:] B. Beauchamp (ed.), *CSPG-SEPM Joint Convention, Program with Abstracts 111*. Calgary.
- GOLONKA J. & KROBICKI M. 2001 — Upwelling regime in the Carpathian Tethys from the Jurassic–Cretaceous paleogeographic and paleoclimatic perspective. *Geol. Quart.*, 45: 15–32.
- KLEMME H.D. 1994 — Petroleum Systems of the World Involving Upper Jurassic Source Rocks. [W:] Magoon L. B. & Dow W. G. (eds.), *The Petroleum System — From Source To Trap*. *AAPG Mem.*, 60: 51–72.
- KLEMME H.D. & ULMISHEK G.F. 1991 — Effective petroleum source rocks of the world: stratigraphic distribution and controlling depositional factors. *AAPG Bull.*, 75: 1809–1851.
- LADWEIN H.W. 1988 — Organic geochemistry of Vienna basin: Model for hydrocarbon generation in overthrust belts. *AAPG Bull.*, 72: 586–599.
- LINSTONE H.A. & TUROFF M. 1975 — The Delphi method, techniques and applications. Addison-Wesley Publishing Co., Reading, Mass.
- PICHA F.J. 1996 — Exploring for hydrocarbons under thrust belts a challenging new frontier in the Carpathians and elsewhere. *AAPG Bull.*, 89: 1547–1564.
- SHEIN V.S. 1985 — A geodynamic model for the petroliferous regions of the Southern USSR. *Inter. Geol. Rev.*, 27: 253–266.
- SOBORNNOV K.O. 1994 — Structure and petroleum potential of the Dagestan thrust belt, Northern Caucasus, Russia. *Bull. Canadian Petr. Geol.*, 42: 352–364.
- SOTÁK J., BIRÓN A., PROKEŠOVÁ R., MAGYAR J., RUDINEC R. & SPIŠIAK J. 1999 — Alpine Penninics in the Eastern Slovakia: from crustal updoming to basin downfaulting. *Geol. Carpathica*, 50: 172–174.
- ŚLĄCZKA A. 1996 — Oil and gas in the Ukrainian part of the Carpathians and their foredeep. [W:] Wessely G. & Liebl W. (eds.), *Oil and gas in Alpidic thrustbelts and basins of Central and Eastern Europe: Spec. Publ. Europ. Assoc. Geosc. Eng.*, 5, Geol. Soc., London: 17–21.
- WESSELY G. 1990 — Geological results of deep exploration in the Vienna basin. *Geol. Rundschau*, 79: 513–520.