

PALAEO GEOGRAFIA ARKTYKI W JURZE

Palaeogeography of Arctic during Jurassic times

Jan GOLONKA

*Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska,
al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków; e-mail: jan_golonka@yahoo.com*

Abstract: Four maps illustrate geodynamic evolution and development palaeoenvironment and palaeolithofacies of the circum-Arctic region during Jurassic times. Plate tectonic process involved break-up of the supercontinent Pangea, rifting and spreading, closure on Mongol-Okhock and Anui oceans, collision of terranes with North America. Clastic sedimentation prevailed during Jurassic in the region. Important source rocks were deposited during Late Jurassic-Early Cretaceous times.

Key words: Arctic, palaeogeography, palaeoenvironment, palaeolithofacies, plate tectonics, source rocks, Jurassic

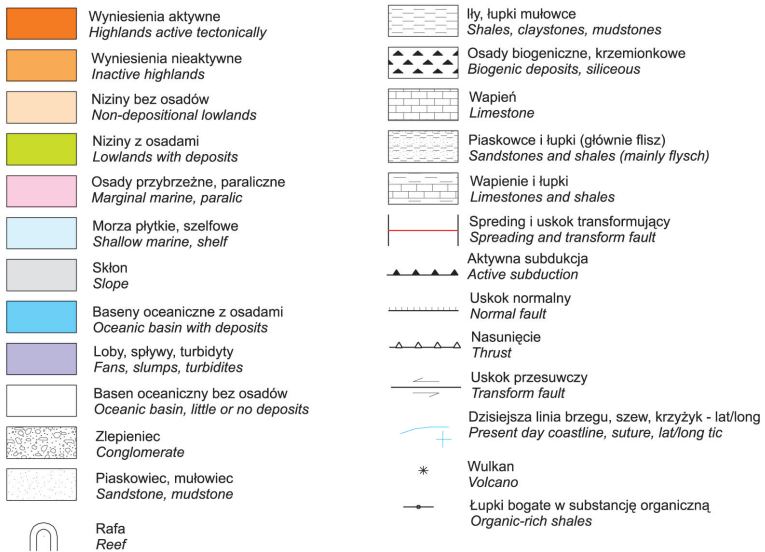
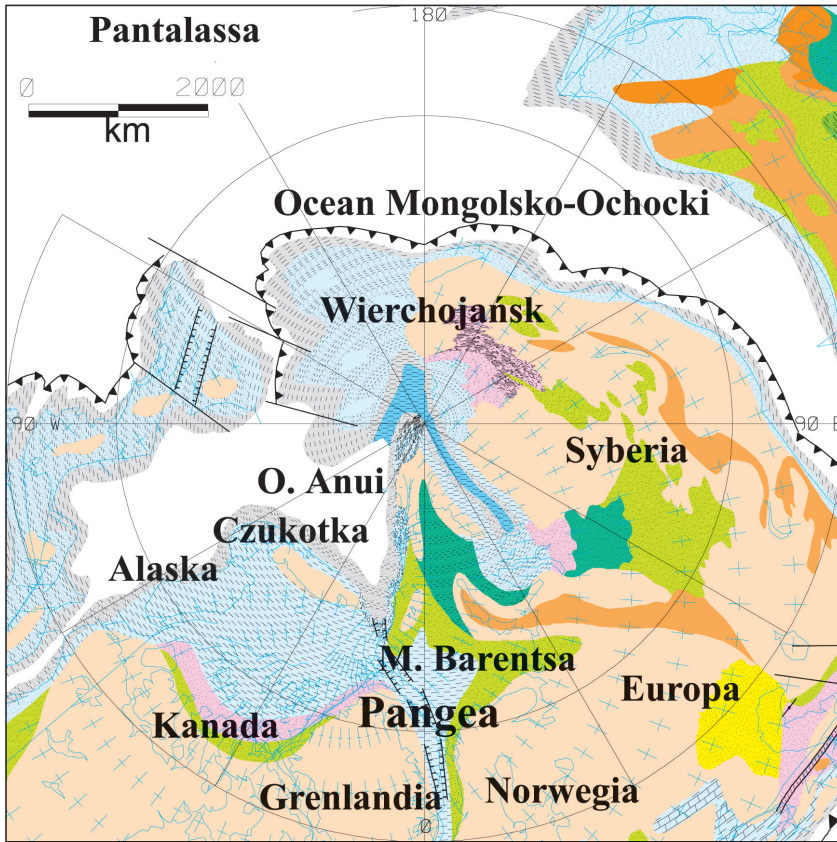
Słowa kluczowe: Arktyka, paleogeografia, paleośrodowisko, paleolitofacje, tektonika płyt, skały macierzyste, jura

WSTĘP

Artykuł przedstawia przygotowany dla polskiego czytelnika fragment większej całości obejmującej zestaw paleośrodowiskowych i paleolitofacjalnych map fanerozoiku Arktyki, a złożonej do druku w tomie dotyczącym geologii Arktyki w *Special Papers Geological Society of London*. Cztery zaprezentowane mapy jurajskie przedstawiają paleośrodowisko i paleolitofacje regionu wokółarktycznego na tle tektoniki płyt w projekcji stereograficznej polarnej. Tekst stanowi krótki przewodnik do map. Autor załączył jednocześnie dość obszerny spis literatury z której korzystał, a który może być pomocny dla czytelnika pragnącego zapoznać się z geologią regionalną różnych obszarów lądowych i morskich wchodzących obecnie w szeroko pojęty rejon wokółarktyczny.

WCZESNA JURA

We wczesnej jurze niemal wszystkie płyty i terany Ziemi były połączone w superkontynent Pangea. Intensywny ryfting, zapoczątkowany uwolnieniem się naprężeń na pograniczu permu i triasu, poprzedzał późniejszy rozpad superkontynentu. Ryfty istniały w rejonie Morza Północnego i północnego proto-Atlantyku pomiędzy Norwegią a Grenlandią (Fig. 1) (Ziegler 1988, Doré 1991). Aktywna subdukcja zapadająca pod kraton wschodniosyberyjski istniała wzdłuż krawędzi Oceanu Mongolsko-Ochotskiego, który był odgałęzieniem Oceanu Pantalassa (Zonenshain *et al.* 1990, Golonka 2000, 2002). Kolizje, będące zakończeniem orogenezy uralskiej miały miejsce w rejonie Pay-Khoy-Nowa Ziemia (Puchkov 1997).



Drobnoziarniste płytkowodne, morskie, jak również gruboziarniste lądowe osady klastyczne osadzały się na szelfie Morza Barentsa (Rønnevik *et al.* 1982, Johansen *et al.* 1993, Bogatski *et al.* 1996, Lindquist & Sagers 1998, Ford & Golonka 2003, Golonka *et al.* 2003a, O'Leary *et al.* 2004, Falleide *et al.* 2008). Podobne osady są znane z wczesnej jury północnej Kanady (Johanessen & Embry 1989, Trettin 1989). Morskie skały macierzyste, z których powstawała ropa naftowa (np. łupki Kingak/Otuk) występowały w ograniczonych, zamkniętych basenach północno-wschodniej Europy, zachodniej Europy i północnego skłonu Alaski (Leith *et al.* 1993, Ettensohn 1994).

Kontynentalne osady klastyczne dominowały na obszarze Syberii, podczas gdy środowiska morskie przeważały na obszarze Wierchojańska i Chatangi (Ronov *et al.* 1989, Golonka *et al.* 2003a, Golonka 2007a, b).

ŚRODKOWA JURA

Rozmiar Oceanu Mongolsko-Ochotskiego wyraźnie się zmniejszył (Fig. 2). Subdukcja, z którą związany był łuk wulkaniczny, rozwinęła się wzdłuż północnej krawędzi oceanu Anui (Zonenshain *et al.* 1990).

Według Lawver & Gahagan (1993), terany zaczęły przybywać do wybrzeży zachodniej Ameryki Północnej, czemu towarzyszyły kolizje, nasunięcia i deformacje transpresyjne. Ryfty były wciąż aktywne na obszarze proto-Atlantyku pomiędzy Norwegią a Grenlandią (Ziegler 1982, Doré 1991). Sedymentacja klastyczna na tym obszarze w środowisku płytkomorskim i deltowym (Ineson & Surlyk 2003) utworzyła ważne piaskowcowe skały zbiornikowe. Płytkowodne szelfy z sedymentacją klastyczną istniała na obszarze mórz Barentsa i Kara (Rønnevik *et al.* 1982, Green *et al.* 1984, Johansen *et al.* 1993, Bogatski *et al.* 1996, Bogdanov *et al.* 1998, Lindquist & Sagers 1998, Ford & Golonka 2003, Golonka *et al.* 2003a, O'Leary *et al.* 2004, Falleide *et al.* 2008). Nowa transgresywna środkowojurajska sekwencja rozwinęła się w basenie Sverdrup w Kanadzie (Embry 1991, 1993). Środkowojurajskie płytko i głębokomorskie utwory klastyczne z olistostromami i turbidytami, jak również osady wulkanosedymantacyjne tworzyły się w rejonie orogenu Wierchojańsko-Kołymskiego (Oxman 2003). Płytkomorskie, litoralne i kontynentalne środowiska z przeważającymi drobnoziarnistymi klastykami przeważały na terenie basenu zachodniosyberyjskiego (Clarke 1994, Surkov *et al.* 1997, 1998, 2004, Golonka *et al.* 2003a, Vyssotski *et al.* 2006, Le Heron *et al.* 2008).

Fig. 1. Mapa tektoniki płyt, paleośrodowiska i litofacji Arktyki we wczesnej jurze. Legenda dotyczy również figur 2, 3 i 4. Oznaczenia literowe: B – boksyty/lateryty, C – węgle, E – ewaporyty, F – flisz, Fe – żelazo, G – glaukonit, M – margle, O – oolity, P – fosfaty, R – utwory czerwone, Si – krzemionka, T – tillity, V – utwory wulkaniczne

Fig. 1. Plate tectonic, palaeoenvironment and lithofacies map of the Arctic during Early Jurassic times. Explanations also to figures 2, 3, 4. Qualifiers: B – bauxites/laterites, C – coals, E – evaporites, F – flysch, Fe – Iron, G – glauconite, M – marls, O – oolites, P – phosphates, R – red beds, Si – silica, T – tillites, V – volcanics



Fig. 2. Mapa tektoniki płyt, paleośrodowiska i litofacji Arktyki w środkowej jurze

Fig. 2. Plate tectonic, palaeoenvironment and lithofacies map of the arctic during Middle Jurassic times

PÓŻNA JURA

W późnej jurze nastąpiło dalsze zamykanie oceanu Mongolsko-Ochotskiego (Fig. 3), któremu towarzyszyły fałdowania, nasunięcia i intruzje granitowe (Fig. 4). Ryfty były aktywne na obszarze proto-Atlantyku, Morza Barentsa i w rejonie pomiędzy płytami Kanady i Czukotki (Golonka 2000, 2002, 2004, 2007b, Golonka & Bocharova 200). Rozległe kontynentalne szelfy ustabilizowały się na obszarze Arktyki (Golonka *et al.* 1994, 2006, 2003a, Golonka 2007b). Dominowała sedymentacja łupkowa z ciemnymi łupkami bitumicznymi, zastępując sedymentację gruboklastyczną (Ulmishek & Klemme 1990, Ettensohn 1994, 1997, Golonka *et al.* 2003a, Golonka 2007b). Na obszarze Morza Barentsa, Zachodniej Syberii, Alaski i innych obszarach Arktyki warunki redukcyjne przyczyniły się do zachowania substancji organicznej w osadach (Dypvik 1985, Leith *et al.* 1993, Ettensohn 1994, 1997, Golonka 2007b). Basen zachodniosyberyjski tworzył rozległą morską zatokę pokryta

przez górnourajskie i dolnokredowe skały macierzyste (Kontorovich 1967, 2002, Clarke 1994, Peters *et al.* 1994, Kontorovich *et al.* 1997, 1998, Golonka *et al.* 2003a, Vyssotski *et al.* 2006, Zanin *et al.* 2008a, b). Na północnej Alasce sedimentacja bogatych w substancję organiczną łupków z Kingak trwała w jurze i wczesnej kredzie (Leith *et al.* 1993). Intensywna subdukcja, wulkanizm i akrecja teranów miały miejsce wzdłuż zachodniej krawędzi Ameryki Północnej. Akrecji Stikinii towarzyszyły nasunięcia i deformacje transgresyjne (Ford & Golonka 2002, Golonka 2007b). Z kolizją teranów wiąże się zakłócenie zachodniego ruchu Ameryki Północnej, inwersja i wzrost naprężeń na jej wschodnim wybrzeżu (Withjack *et al.* 1998). Pozycja innych dryfujących teranów proto-Pacyficznych jest przedmiotem dyskusji i spekulacji (np. Taylor *et al.* 1984, Engebretson *et al.* 1985, Panuska 1985, Panuska & Stone 1985, Debiche *et al.* 1987, Harbert 1990, Zonenshain *et al.* 1990, Beck 1992, Sengör & Natalin 1996, Harbert *et al.* 1998, 2001, 2003, Kiessling & Flügel 2000, Keppie & Dostal 2001, Johnston 2001, Belasky *et al.* 2002).

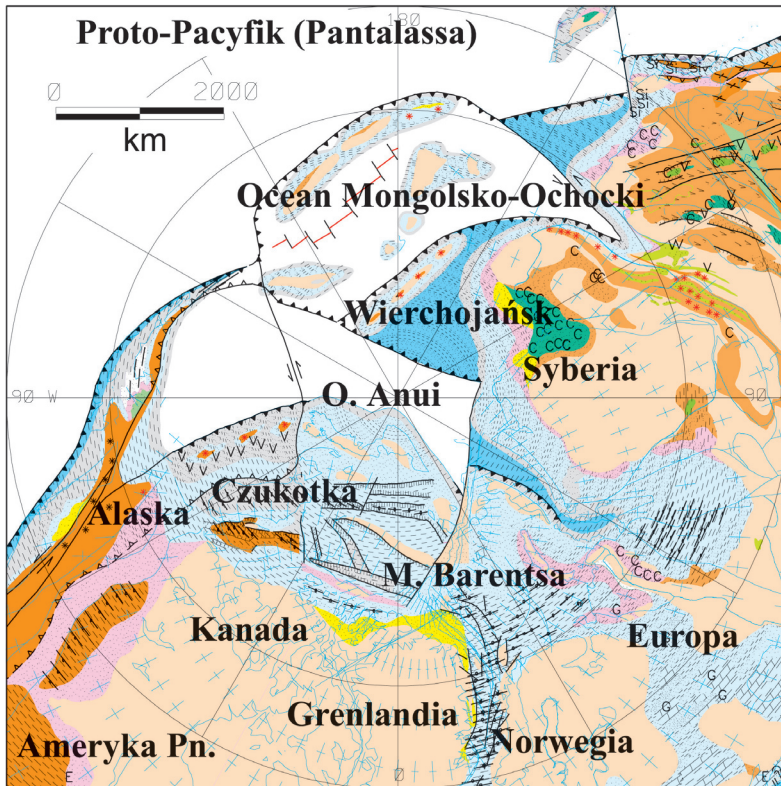


Fig. 3. Mapa tektoniki płyt, paleośrodowiska i litofacji Arktyki w późnej jurze

Fig. 3. Plate tectonic, palaeoenvironment and lithofacies map of the Arctic during Late Jurassic times

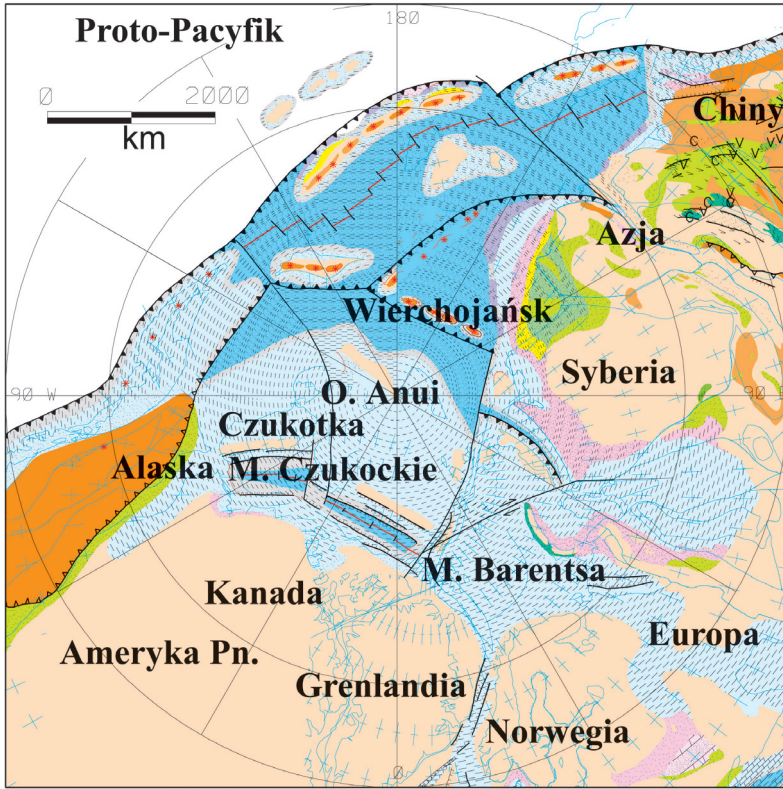


Fig. 4. Mapa tektoniki płyt, paleośrodowiska i litofacji Arktyki w tytonie-najwcześniejszej kredzie

Fig. 4. Plate tectonic, palaeoenvironment and lithofacies map of the Arctic during Tithonian-earliest Cretaceous times

TYTON-NAJWCZEŚNIEJSZA KREDA

Koniec jury (Fig. 4) był okresem reorganizacji płyt litosfery (Ford & Golonka 2003). Całkowite zamknięcie oceanu Mongolsko-Ochotskiego wiąże się ze zrośnięciem Chin, Mongolii i Syberii oraz powstaniem kontynentu azjatyckiego. Ryfty systemu Tetydy Atlantyckiej – Morza Północnego zostały zastąpione przez zespół tektoniki ekstensyjnej wzdłuż linii Zatoka Biskajska – Morze Labradorskie (Golonka 2000, 2002, 2007b, Golonka *et al.* 2003a). Nastąpiła intensyfikacja ryftów arktycznych. Wydarzenia tektoniczne zainicjowały wahania poziomu morza na obszarze Arktyki i liczne regionalne niezgodności oraz hiatusy. Baseny ryftowe rozwinęły się na obszarze wschodniej Syberii, Kanady i Morza Czukockiego (Kos'ko 1984, Polkin 1984, Grantz & May 1987, Grantz *et al.* 1990, 1998, Golonka & Bocharova 2000, Golonka *et al.* 2003b, Golonka 2007b). Ryft pomiędzy Kanadą a Czukot-

ką rozwinął się 140 do 133 milionów lat temu w basen oceaniczny kanadyjski. Miejsce spredingu zaznaczone jest przez pióropusz płaszczka znajdujący się obecnie pod Islandią a w okresie późnej jury znajdował się pod strukturą Chukchi Borderland w obrębie basenu kanadyjskiego (Golonka & Bocharova 2000, Golonka *et al.* 2003a, Golonka 2007b). Można odtworzyć drogę gorącej plamki Islandii przez Grenlandię w paleocenie, Zatokę Baffina w późnej kredzie, Alpha Ridge we wczesnej kredzie, Chukchi Borderland w środkowej-późnej jurze do zapadliska Jeniseju-Chatangi w późnym triasie i Zachodniej Syberii we wczesnym triasie (Golonka & Bocharova 2000). Subdukcja (*trench-pulling*) która skonsurowała ocean Anui-Anvil (Zonenshain *et al.* 1990), również odegrała znaczącą rolę w powstawaniu basenu kanadyjskiego.

Kolizja teranów wzdłuż zachodniej krawędzi Ameryki Północnej i zamknięcie oceanu Anui-Anvil zainicjowały nasunięcia allochtonu gór Brooks w północnej Alasce (Moore *et al.* 1994). Drobnodziarniste klastyki płytko- i głębokowodne reprezentowały główny wczesnokredowy typ sedymentacji. Głębokowodne drobnodziarniste klastyki dominowały na obszarze pomiędzy Norwegią i Grenlandią i w Morzu Barentsa. Osadzanie się utworów bogatych w substancję organiczną trwało aż do walażynu. Gruboziarniste klastyki i osady litoralne występowały w brzeżnych partiach megaregionu.

Praca była częściowo finansowana ze środków grantu AGH DS nr 11.11.140.447.

LITERATURA

- Beck M.E., Jr., 1992. Tectonic significance of paleomagnetic results for the western conterminous United States. W: Burchfiel B.C., Lipman P.W. & Zoback M.L. (eds), *The Geology of North America Volume G-3, The Cordilleran Orogen: Conterminous U.S.*, Geological Society of America, Boulder, Colorado, 683–69.
- Belasky P., Stevens C.H. & Hanger R.A., 2002. Early Permian location of western North American terranes based on brachiopod, fusulinid, and coral biogeography. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 179, 245–266.
- Bogatski V.I., Bogdanov N.A., Kostyuchenko S.L., Senin B.V., Sobolev S.F., Shipilov E.V., Khain V.E., Bogdanov N.A. & Khain V.E. (eds), 1996. *Explanatory Notes for the Tectonic Map of the Barents Sea and the Northern Part of European Russia*. Institute of the Lithosphere, Moscow.
- Clarke J.W., 1994. Genesis of the West Siberian Basin and its petroleum geology: a recent interpretation. *International Geology Review*, 36, 985–996.
- Debiche M.G., Cox A. & Engebretson D., 1987. The motion of allochthonous terranes across the North Pacific basin. *Geological Society of America Special Paper*, 207, 1–49.
- Doré A.G., 1991. The structural foundation and evolution of Mesozoic seaways between Europe and the Arctic. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 87, 441–492.

- Embry A.F., 1991. Mesozoic History of the Arctic Islands. W: Trettin H.P. (Ed.), *Geology of the Innuitian Orogen and Arctic Platform of Canada and Greenland. Geological Survey of Canada, Geology of Canada*, 3, 369–436.
- Embry A.F., 1993. Transgressive-regressive (T-R) sequence analysis of the Jurassic succession of the Sverdrup Basin, Canadian Arctic Archipelago. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 30, 301–320.
- Engebretson D.C., Cox A. & Gordon R.G., 1985. Relative motions between oceanic and continental plate in the Pacific basin. *Geological Society of America, Special Paper*, 206, 1–59.
- Ettensohn F.R., 1994. Marine, Organic-rich, Dark Shale Deposition on North American Parts of Pangea, Carboniferous to Jurassic: Effect of Supercontinent Reorganization W: Embry A.F., Beauchamp B. & Glass D.J. (eds), *Pangea: Global environment and resources, Canadian Society of Petroleum Geologists Memoir*, 17, 743–762.
- Ettensohn F.R., 1997. Assembly and dispersal of Pangea: Large-scale tectonic effects on coeval deposition of North American, marine, epicontinental, black shales. *Journal of Geodynamics*, 23, 287–309.
- Faleide J.I., Tsikalas F., Breivik A.J., Mjelde R., Ritzmann O., Engen Ø., Wilson J. & Eldholm O., 2008. Structure and evolution of the continental margin of Norway and the Barents Sea. *Episodes*, 31, 82–91.
- Ford D. & Golonka J., 2003. Phanerozoic paleogeography, paleoenvironment and lithofacies maps of the circum-Atlantic margins. W: Golonka J. (Ed.), *Thematic set on paleogeographic reconstruction and hydrocarbon basins: Atlantic, Caribbean, South America, Middle East, Russian Far East, Arctic, Marine and Petroleum Geology*, 20, 249–285.
- Golonka J., 2000. *Cambrian-Neogene Plate Tectonic Maps*. Wydawnictwa Uniwersytetu Jagiellońskiego, Kraków, 1–125.
- Golonka J., 2002. Plate-tectonic maps of the Phanerozoic. W: Kiessling W., Flügel E. & Golonka J. (eds), *Phanerozoic reef patterns, SEPM (Society for Sedimentary Geology) Special Publication*, 72, 21–75.
- Golonka J., 2007a. Late Triassic and Early Jurassic paleogeography of the world. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 244, 297–307.
- Golonka J., 2007b. Phanerozoic Paleoenvironment and Paleolithofacies Maps. Mesozoic. Mapy paleośrodowiska i paleolitofacje fanerozoiku. Późny mezozoik. *Geologia (kwartalnik AGH)*, 33, 2, 211–264.
- Golonka J. & Bocharova N.Y., 2000. Hot spot activity and the break-up of Pangea. W: Stemmerik L.S. & Trappe J. (eds), *Pangea: The Late Carboniferous to Late Triassic interval, Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 161, 49–69.

- Golonka J., Bocharova N.Y., Ford D., Edrich M.E., Bednarczyk J. & Wildharber J., 2003a. Paleogeographic reconstructions and basins development of the Arctic. W: Golonka J. (Ed.), Thematic set on paleogeographic reconstruction and hydrocarbon basins: Atlantic, Caribbean, South America, Middle East, Russian Far East, Arctic, *Marine and Petroleum Geology*, 20, 211–248.
- Golonka J., Krobicki M., Oszczytko N., Ślącza A. & Słomka T., 2003b. Geodynamic evolution and palaeogeography of the Polish Carpathians and adjacent areas during Neocimmerian and preceding events (latest Triassic – earliest Cretaceous). W: McCan T. & Saintot A. (eds), Tracing tectonic deformation using the sedimentary record, *Geological Society Special Publications*, 208, 138–158.
- Grantz A. & May S.D., 1987. Regional geology and petroleum potential of the United States Chukchi Shelf north of Point Hope. W: Scholl D.W., Grantz A. & Vedder J.G. (eds), *Geology and resource potential of the continental margin of western North America and adjacent ocean basins; Beaufort Sea to Baja California. Circum-Pacific Council for Energy and Mineral Resources, Earth Sciences Series*, 6, 37–58.
- Grantz A., Clark D.L., Phillips R.L. & Shrivastava S.P., 1998. Phanerozoic stratigraphy of Northwind Ridge, magnetic anomalies in the Canada basin, and the geometry and timing of rifting in the Amerasia basin, Arctic Ocean. *Geological Society of America Bulletin*, 110, 801–820.
- Grantz A., May S.D., Taylor P. & Lawver L.A., 1990. Canada Basin, W: Grantz A., Johnson L. & Sweeney J.F. (eds), *The Arctic Ocean region. The geology of North America*, Geological Society of America, Boulder, Colorado, 379–402.
- Green A.R., Kaplan, A.A. & Vierbuchen R.C., 1986. Circum-Arctic Petroleum Potential. W: Halbouty M.T. (Ed.), *Future Petroleum Provinces of the World. American Association of Petroleum Geologists Memoir*, 40, 101–130.
- Harbert W., 1990. Paleomagnetic data from Alaska; reliability. Interpretation and terrane trajectories. *Tectonophysics*, 184, 111–135.
- Harbert W., Kepezhinskas P., Krylov K., Grigoriev V., Sokolov S., Aleksutin M., Heiphetz A. & Layer P., 1998. Paleomagnetism and tectonics of the Kamchatka region, northeastern Russia: Implications for the development and evolution of the northwest Pacific basin. *Polarforschung*, 68, 297–308.
- Harbert W., Alexutin M., Sokolov S., Krylov K., Grigoriev Heiphetz A. & Graham R., 2001. Paleomagnetism of the Mametchinskiy Peninsula, Kuyul region, northeastern Russia: Implications for development and evolution of the northwest Pacific basin. *Tectonophysics*, 340, 215–231.
- Harbert W., Sokolov S., Krylov K., Alexutin M., Grigoriev V. & Heiphetz A., 2003. Reconnaissance Paleomagnetism of Late Triassic Blocks, Kuyul Region, Northern Kamchatka Peninsula, Russia. *Tectonophysics*, 361, 215–227.

- Ineson J.R. & Surlyk F. (eds) 2003. The Jurassic of Denmark and Greenland. *Geological Survey of Denmark and Greenland Bulletin*, 1, 1–948.
- Johannessen E.P. & Embry A.F., 1989. Sequence correlation: Upper Triassic to Lower Jurassic succession, Canadian and Norwegian Arctic. *Correlation in hydrocarbon exploration. Proc. conference, Bergen 1988*, 155–170.
- Johansen S.E., Ostistiy B.K., Birkeland Ø., Federovsky Y.F., Martirosjan V.N., Christensen O.B., Cheredeev S.I., Ignatenko E.A. & Margulis L.S., 1993. Hydrocarbon potential in the Barents Sea region: play distribution and potential. W: Vorren T.O., Bergsær E., Dahl-Stammes O.A., Holter E., Johansen B., Lie E & Lund T.B. (eds.), *Arctic geology and petroleum potential, Norwegian Petroleum Geology Special Publication*, 2, Amsterdam, Elsevier, 273–320.
- Johnston S.T., 2001. The Great Alaskan Terrane Wreck: Oroclinal Orogeny and reconciliation of paleomagnetic and geological data in the northern Cordillera. *Earth & Planetary Science Letters*, 193, 259–272.
- Keppie J.D. & Dostal J., 2001. Evaluation of the Baja controversy using paleomagnetic and faunal data, plume magmatism, and piercing points. *Tectonophysics*, 339, 427–442.
- Kiessling W. & Flügel E., 2000. Late Paleozoic and Late Triassic Limestones from North Palawan Block (Philippines): Microfacies and Paleogeographical Implications. *Facies*, 43, 39–78.
- Kontorovich A.E., 1967. Geochemistry of Upper Jurassic deposits of the West-Siberian platform. *Lithology and Mineral Resources*, 3, 90–101.
- Kontorovich A.E., 2002. A regional geological model and the petroleum potential of Neocomian deposits in southeastern West Siberia. *Geologiya i Geofizika*, 43, 68–77.
- Kontorovich A.E., Melenevskii V.N., Zanin Y.N., Zamirailova A.G., Kazanenkov V.A., Kazarbin V.Y., Makhneva E.N., Yamkovaya L.S., 1998. Lithology, organic geochemistry, and formation conditions of basic rocks in the Bazhenovka Formation (West Siberia). *Geologiya i Geofizika*, 11, 1477–1491.
- Kontorovich A.E., Zanin Y.N., Melenevskii V.N., Zamirailova A.G., Fomin A.N., Davydov D.Y., 1999. Solid Bitumens of the Bazhenovo Formation of the West Siberian Plate and Their Main Geochemical Features. *Geochemistry International*, 37, 792–799.
- Kos'ko M.K., 1984. East Siberian Sea. W: Gramberg L.S. & Pogrebitskiy Y.Y. (eds), *Geologic structure and economic minerals of the USSR*, 9, *Seas of the Soviet Arctic*, Nedra, Leningrad, USSR, 60–66 (in Russian).
- Le Heron D.P., Buslov M.M., Davies C., Richards K. & Safonova I., 2008. Evolution of Mesozoic fluvial systems along the SE flank of the West Siberian Basin, Russia. *Sedimentary Geology*, 208, 45–60.

- Leith T.L., Weiss H.M., Mírĳ A., Arhus N., Elvebakk N., Embry A.F., Brooks P.W., Stewart K.R., Pchelina T.M., Bro E.G., Verba M.L., Danushevskaya A. & Borisov A.V., 1993. Mesozoic hydrocarbon source rocks of the Arctic region. W: Vorren T.O., Bergsær E., Dahl-Stammes O.A., Holter E., Johansen B., Lie E. & Lund T.B. (eds), *Arctic geology and petroleum potential, Norwegian Petroleum Geology Special Publication*, 2, 1–25.
- Lindquist S.J. & Sagers M.J., 1998. Arctic petroleum systems of European Russia. *Polar Geography*, 23, 251–302.
- O’Leary N., White N., Tull S., Bashilov V., Kuprin V., Natapov L. & MacDonald D., 2004. Evolution of the Timan-Pechora and South Barents Sea basins. *Geological Magazine*, 141, 141–160.
- Oxman V.S., 2003. Tectonic evolution of the Mesozoic Verkhoyansk-Kolyma belt (NE Asia). *Tectonophysics*, 365, 45–76.
- Panuska B.C., 1985. Paleomagnetic evidence for a post-Cretaceous accretion of Wrangellia. *Geology*, 13, 880–883.
- Panuska B.C. & Stone D.B., 1985. Latitudinal motion of the Wrangellia and Alexander terranes and Southern Alaska Superrerrane. W: Howel D.G. (Ed.), *Tectonostratigraphic Terranes of the Circum-Pacific Region, Circum-Pacific Council for Energy and Mineral Resources. Earth Science Series*, 1, 109–120.
- Peters K.E., Kontorovich A.E., Huizinga B.J., Moldowan J.M. & Lee C.Y., 1994. Multiple oil families in the West Siberian Basin. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 78, 893–909.
- Polkin Y.L., 1984. Chukchi Sea. W: Gramberg L.S. & Pogrebitskiy Y.Y. (eds), *Geologic structure and economic minerals of the USSR, 9, Seas of the Soviet Arctic*, Nedra, Leningrad, USSR, 67–79 (in Russian).
- Puchkov N., 1997. Structure and geodynamics of the Uralian Orogen. W: Burg J.-P. & Ford M. (eds), *Orogeny through time, Geological Society Special Publication*, 121, 201–236.
- Ronov A., Khain W.J. & Balukhovski A., 1989. *Atlas of Lithological Paleogeographical Maps of the World: Mesozoic and Cenozoic of the Continents*. USSR Academy of Sciences, Leningrad, 1–79.
- Rřnnevik H.C., Beskow B. & Jacobsen H.P., 1982. Structural SPACES and stratigraphic evolution of the Barents Sea. W: Embry A.F. & Balkwill H.R. (eds), *Arctic Geology and Geophysics, Canadian Society of Petroleum Geologists Memoir*, 8, 431–441.
- Şengör A.M.C. & Natalin B.A., 1996. Paleotectonics of Asia: fragment of a synthesis W: Yin A. & Harrison T.M. (eds), *The Tectonic Evolution of Asia*, Cambridge University Press, Cambridge, 486–640.

- Surkov V.S., Smirnov L.V., Gurari F.G., Devyatov V.P. & Kazakov A.M., 1997. Dynamics of the accumulation of the Mesozoic-Cenozoic sedimentary layer in the West-Siberian basin. *Geologiya i Geofizika*, 38, 919–926.
- Surkov V.S., Serebrennikova O.V., Kazakov A.M., Devyatov V.P., Smirnov L.V. & Tishchenko G.I., 1998. The lower-middle jurassic source rocks in South West Siberia (Tomsk region). *Doklady Akademii Nauk*, 359, 659–662.
- Surkov V.S., Smirnov L.V., Gurari F.G., Devyatov V.P. & Ekhanin A.E., 2004. Lower-Middle Jurassic complex of the West Siberian Plate: Structure and petroleum potential. *Geologiya i Geofizika*, 45, 55–58.
- Taylor D.G., Callomon J.H., Hall R., Smith P.L., Tipper H.W. & Westermann G.E.G., 1984. Jurassic ammonite biogeography of western North America, the tectonic implications. W: Westermann G.E.G. (Ed.), *Jurassic-Lower Cretaceous Biochronology and Biogeography of North America, Geological Association of Canada Special Paper*, 27, 121–124.
- Trettin H.P., 1989. The Arctic Islands. W: Bally A.W. & Palmer A.R. (eds), *The Geology of North America, A*, Geological Society of America, Boulder, Colorado, 349–370.
- Ulmishek G.F. & Klemme H.D., 1990. Depositional Controls, Distribution, and Effectiveness of World's Petroleum Source Rocks. *United States Geological Survey Bulletin*, 1931, 1–59.
- Vyssotski A.V., Vyssotski V.N. & Nezhdanov A.A., 2006. Evolution of the West Siberian Basin. *Marine and Petroleum Geology*, 23, 93–126.
- Withjack M.O., Schlische R.W. & Olsen P.O., 1998. Diachronous rifting, drifting, and inversion on the passive margin of central eastern North America: an analog for other passive margins. *American Association Petroleum Geologists Bulletin*, 82, 817–835.
- Zanin Y.N., Eder V.G. & Zamirailova A.G., 2008a. Composition and formation environments of the Upper Jurassic-Lower Cretaceous black shale Bazhenov Formation (the central part of the West Siberian Basin). *Marine and Petroleum Geology*, 25, 289–306.
- Zanin Y.N., Zamirailova A.G., Livshits V.R. & Eder V.G., 2008b. The role of skeletal and nonskeletal biogenic material in the accumulation of organic matter of the Bazhenov Formation. *Russian Geology and Geophysics*, 49, 272–279.
- Ziegler P.A., 1988. Evolution of the Arctic-North Atlantic and the Western Tethys. *American Association of Petroleum Geologists Memoir*, 43, 1–198.
- Zonenshain L.P., Kuzmin M.L. & Natapov L.N., 1990. Geology of the USSR: A Plate-Tectonic Synthesis. Editor Page, B.M. *Geodynamics Series*, 21, American Geophysical Union, Washington, D.C., 1–242.