

MIKROFACJE I DIAGENEZA BARIEROWYCH UTWORÓW DOLOMITU GŁÓWNEGO (Ca₂) NA OBSZARZE POMORZA ZACHODNIEGO

BARRIER MICROFACIES AND DIAGENESIS OF THE MAIN DOLOMITE (Ca₂) STRATA IN THE WEST POMERANIA AREA

MIROSLAW SŁOWAKIEWICZ¹, ZBIGNIEW MIKOŁAJEWSKI², MAGDALENA SIKORSKA¹

Abstrakt. Przeprowadzono mikrofacjalną i diagenetyczną charakterystykę czterech profili reprezentujących środowisko bariery zewnętrznej cechsztyńskiego dolomitu głównego (Ca₂) w rejonie platformy węglanowej Kamienia Pomorskiego (Benice-3, Ciechnowo-5) oraz platformy pomorskiej (Czarne-1, Gardomino-1). Analizowane profile składają się z dolomitów wykształconych w następujących mikrofacjach: greinstony i pakstony ooidowe, wackstony bioklastyczne, flotstony, rudstony intraklastowe, madstony stabilizowane mikrobialnie oraz utwory biogeniczne – maty mikrobialne i stromatolity. Bardzo często występuje biostabilizacja mikrobialna. Wyróżniono dwa etapy diagenety: eodiagenety – w nieznacznym stopniu wpływającą na pierwotnie wysoką porowatość, oraz związaną ze stopniowym pogrzebaniem osadu mezodiagenety, która odegrała znacznie większą rolę w obniżeniu potencjału zbiornikowego tych skał. Na tym etapie oddziaływały procesy związane z neomorfizmem agradacyjnym, z kompaktacją chemiczną oraz zróżnicowaną cementacją. Miejscami doszło także do znacznego zeszcelinowacenia skał, co spowodowało powstanie potencjalnych dróg migracji dla węglowodorów i roztworów zmineralizowanych. Przeprowadzone badania potwierdzają opinię, że utwory dolomitu głównego związane ze strefami barier na obszarze Pomorza Zachodniego charakteryzują się generalnie słabymi właściwościami zbiornikowymi.

Słowa kluczowe: mikrofacje, diagenetyza, bariera zewnętrzna, dolomit główny, Pomorze Zachodnie.

Abstract. Microfacies and diagenetic characteristics of four profiles representing outer barrier environment of the Zechstein Main Dolomite (Ca₂) have been performed in the area of the Kamień Pomorski (Benice-3, Ciechnowo-5) and Pomorze (Czarne-1, Gardomino-1) carbonate platforms. The profiles contain the following types of the dolomite microfacies: ooid grainstones and packstones, bioclastic wackstones, intraclast floatstones and rudstones, microbially stabilized mudstones and biogenic forms such as microbial mats and stromatolites. Microbial biostabilization is very common. Two stages of diagenesis have been distinguished: eodiagenesis – which only slightly affected the high primary porosity and mesodiagenesis associated with the gradual burial which played an essential role in lowering of the reservoir potential of the rocks. Aggradational neomorphism, chemical compaction and diverse cementation processes also acted at this stage. Fracturing of the rocks happened in some places causing formation of the potential migration routes for hydrocarbons and mineralized solutions. The studies confirmed previous opinions that the Main Dolomite rocks deposited in the barrier zones of West Pomerania have in general poor reservoir properties.

Key words: microfacies, diagenesis, outer barrier, Main Dolomite, West Pomerania.

¹ Państwowy Instytut Geologiczny, ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa; mslo@pgi.gov.pl; magdalena.sikorska@pgi.gov.pl

² Polskie Górnictwo Naftowe i Gazownictwo SA w Warszawie, Oddział w Zielonej Górze, Dział Poszukiwania Złóż, Plac Staszica 9, 64-920 Piła; zbigniew.mikolajewski@pgnig.pl

WSTĘP

Na obszarze Pomorza Zachodniego (od zachodniej granicy państwa po rejon wiercenia Czarne-1) odkryto do tej pory 15 niewielkich złóż ropy naftowej (Sikorski, 2002, 2006), których zasoby są w znacznym stopniu lub całkowicie wyeksploatowane. Z wykonanych w ostatnich latach obliczeń (Nowicka, 2002; Wolnowski, 2002, 2006) wynika, że prognostyczne geologiczne zasoby surowcowe dla utworów dolomitu głównego na obszarze Pomorza Zachodniego wynoszą: 47 mln ton ropy oraz 5,173 mld m gazu (2,58 mld m w przeliczeniu na gaz wysokometanowy).

Celem opracowania była mikrofacjalna i diagenetyczna charakterystyka 4 pomorskich profili dolomitu głównego (Ca₂), stanowiącego drugi poziom węglanowy w węglano-ewaporatowej sekwencji cechsztynu. Analizowane utwory pochodzą z otworów wiertniczych zlokalizowanych zarówno w obrębie platformy Kamienia Pomorskiego (Benice-3, Gardomino-1), jak i platformy pomorskiej (Czarne-1, Ciechnowo-5); fig. 1, 2. Pod względem środowisk depozycji wszystkie reprezentują strefę barier zewnętrznych, oddzie-

lających strefę wewnątrzplatformową od otwartego zbiornika morskiego (K. Jaworowski, inf. ustna).

Utwory dolomitu głównego z obszaru Pomorza Zachodniego były przedmiotem wielu opracowań archiwalnych (niepublikowane archiwalne materiały PGNiG S.A.) oraz wielu publikacji (m.in. Depowski i in., 1978; Protas, 1982, 1985, 1995; Peryt i in., 1989; Protas, Szwemin, 1995; Wichrowska, 1995; Knieszner, Protas, 1996; Knieszner i in., 1997). Szczegółowe zagadnienia mikrofacjalne były tematem jedynie kilku kompleksowych opracowań (Esteban, Juhasz, 2000; Kotarba red., 2000; Mikołajewski, 2007).

Problematyce dotyczącej diagenetyzacji utworów dolomitu głównego na obszarze Pomorza Zachodniego poświęcone były opracowania wykonane głównie dla potrzeb przemysłu naftowego (niepublikowane archiwalne materiały PGNiG S.A.; Esteban, Juhasz, 2000). Zagadnienia te były także przedmiotem kilku publikacji (m.in. Gąsiewicz, Wichrowska, 1996; Gąsiewicz i in., 1998).

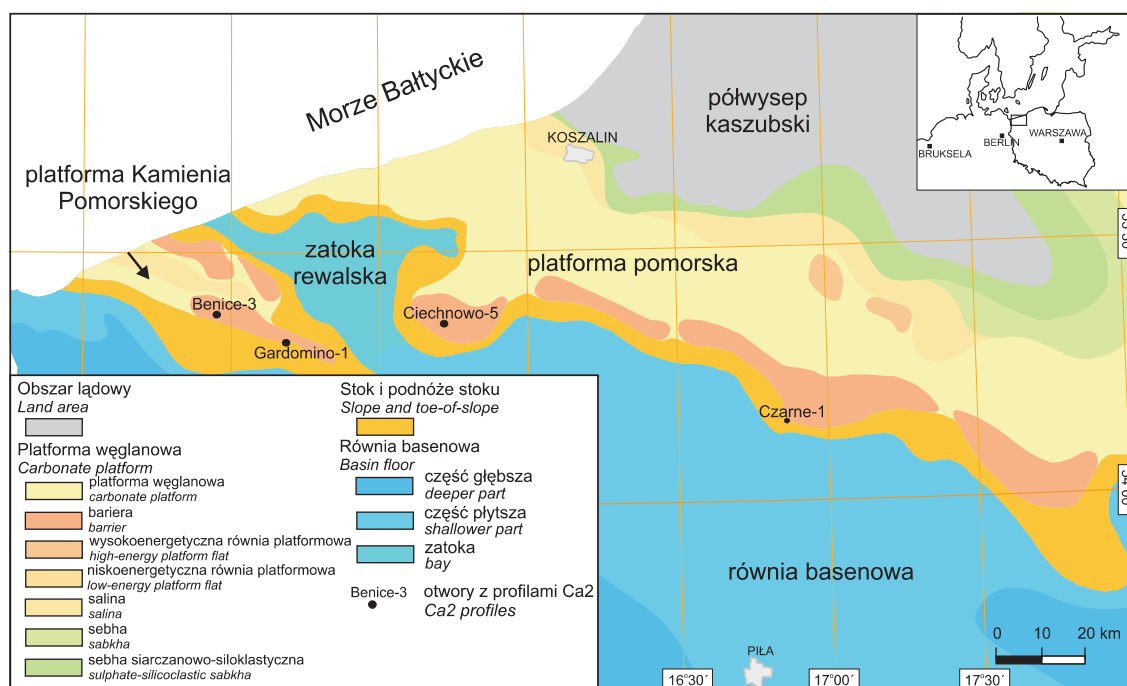


Fig. 1. Paleogeografia dolomitu głównego w rejonie Pomorza Zachodniego wraz z lokalizacją badanych otworów wiertniczych (zmodyfikowane wg Wagnera i in., 2000)

Paleogeography of the Main Dolomite in the West Pomerania area along with the locality of the boreholes studied (modified after Wagner *et al.*, 2000)

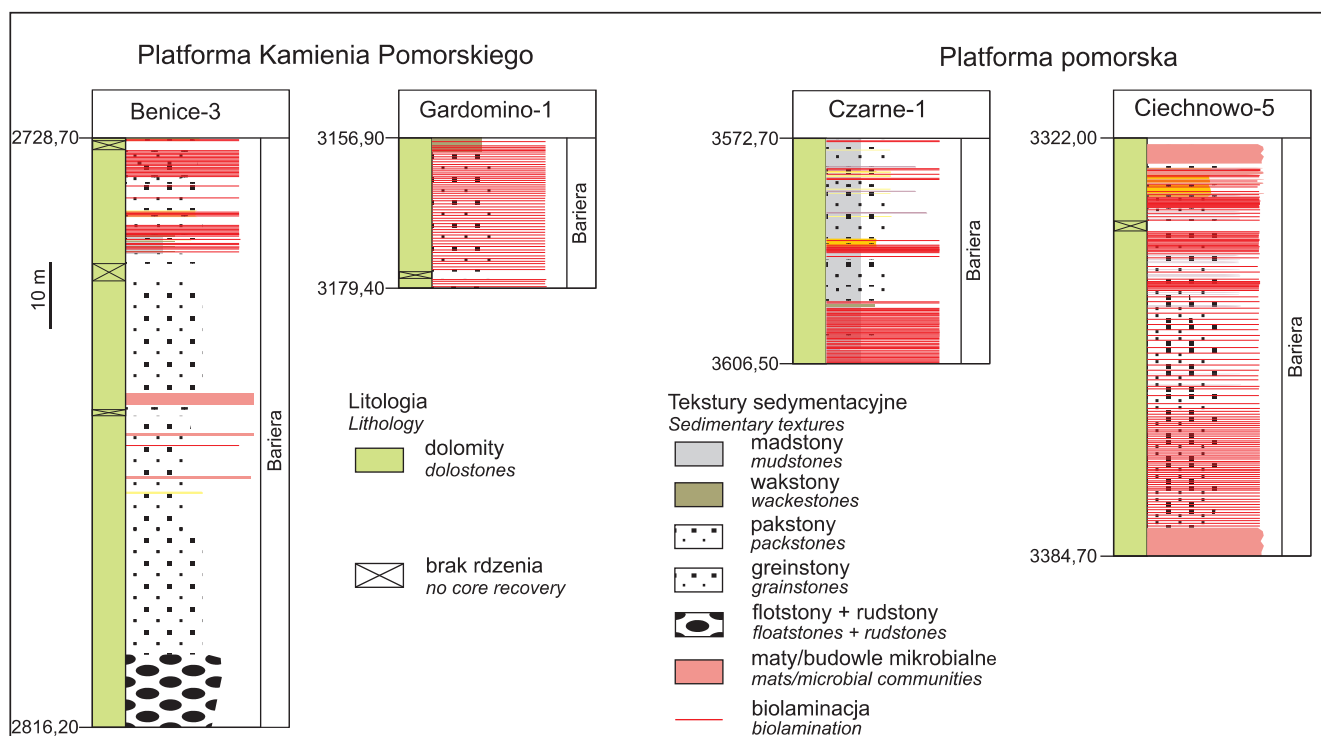


Fig. 2. Profile mikrofacjalne z wybranych barierowych utworów węglanowych dolomitu głównego (Mikołajewski, 2007)

Microfacies logs of the barrier carbonate rocks of the Main Dolomite (Mikołajewski, 2007)

METODYKA

Dla scharakteryzowania utworów dolomitu głównego (Ca₂) pod kątem wydzielenia mikrofacjalnych skały poddano szczegółowym obserwacjom w mikroskopie polaryzacyjnym (270 płytek cienkich). W celu zobrazowania przestrzeni porowej oraz identyfikacji minerałów płytki cienkie zostały również wykorzystane do obserwacji w katodoluminescencji w mikroskopie optycznym (CL) i w mikroskopie elektronowym (SEM-CL). W przypadkach wątpliwych identyfikowano minerały analizując skład chemiczny za pomocą mikroskopy energetycznej (EDS). Obserwacje przestrzennych

relacji między różnymi cementami przeprowadzono na odłupkach skalnych w mikroskopie skaningowym.

Do analizy CL wykorzystano tzw. zimną katodę – aparat CCL 8200 mk3 firmy Cambridge Image Technology, zintegrowany z mikroskopem polaryzacyjnym Optiphot 2 firmy NIKON. Badania w zakresie mikroskopii elektronowej wykonano przy użyciu wysokopróżniowego mikroskopu firmy LEO (model 1430), wyposażonego w aparaturę do katodoluminescencji obrazowej VIS-View 900, spektrometr CL i mikroskopy energetyczną ISIS-300.

WYNIKI

BENICE-3

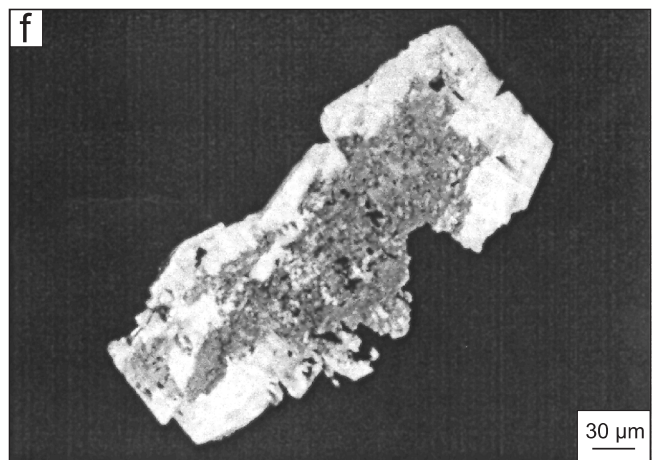
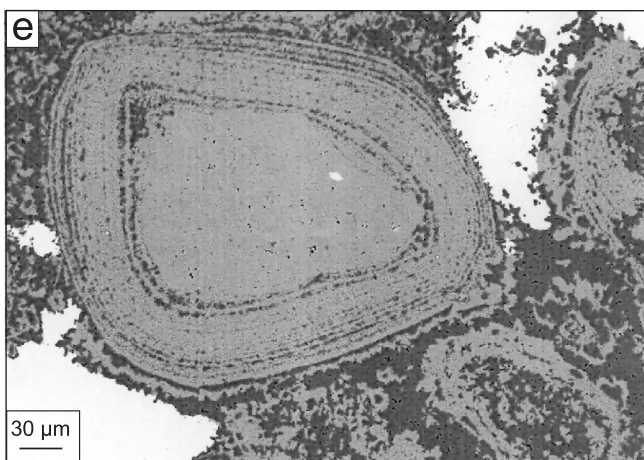
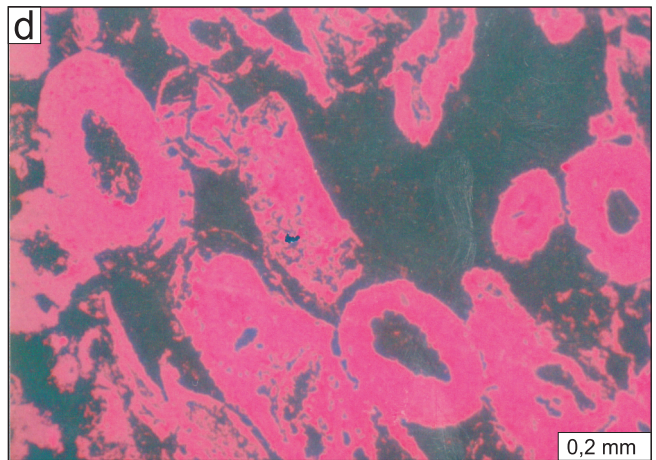
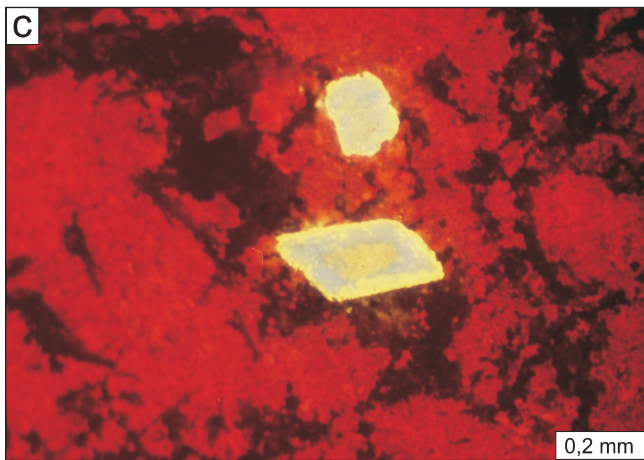
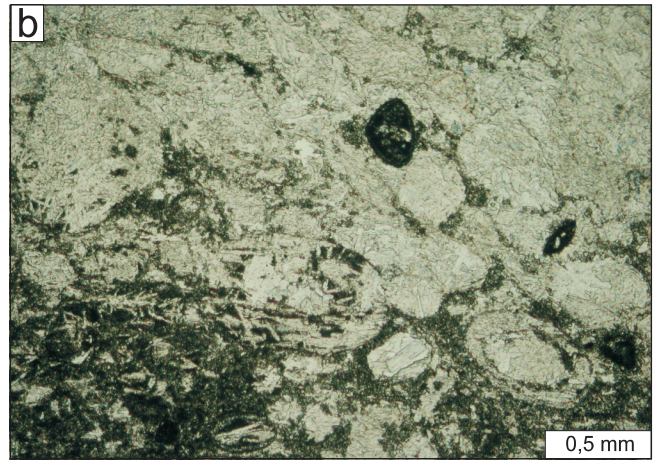
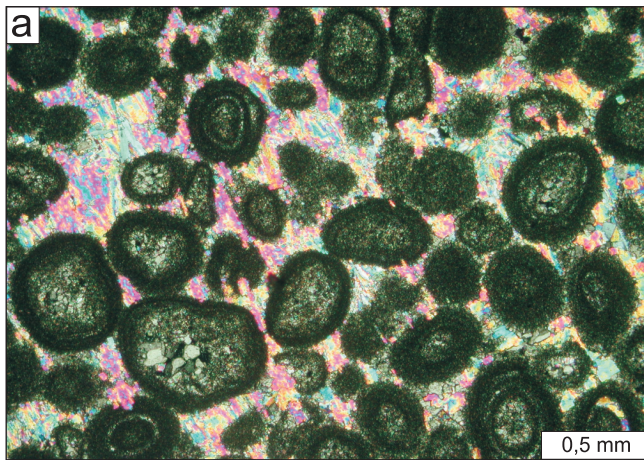
Interwał Ca₂: 2731,50–2814,70 m; miąższość Ca₂: 83,20 m

Litologia: dolomity

Mikrofacje: profil zbudowany w większości z węglanowych utworów ziarnistych – greinstonów i pakstonów ooidowych. Utwory biogeniczne występują rzadko i związane są z wyższą (maty mikrobialne) oraz środkową częścią profilu (stromatolity). W spągu występuje kompleks flot-

stonów intraklastowych, złożonych zarówno z fragmentów skał ziarnistych, jak i utworów o genezie biogenicznej (□ 4–256 mm). Szkielet ziarnowy stanowią głównie ooidy. Rzadziej występują peloidy, ziarna agregacyjne, onkoidy oraz ziarna obleczone o średnicy powyżej 2 mm (pizoidy).

Diageniza: stwierdzono efekt działania kilku procesów diagenetycznych. Są to: rozpuszczanie, cementacja, neomorfizm agradacyjny oraz kompaktacja (chemiczna i mechaniczna). Cementacja zachodziła w dwóch etapach: eodiagenety, związanej z precypitacją freatycznych cementów dolomito-



wych, oraz mezodiagenety, związanej z głębszym pogrzebaniem (cement anhydrytowy oraz późniejsze cementy fluorokowe, kwarcowe, perytowe). Blokowy cement dolomitowy oraz blokowy i włóknisty cement anhydrytowy wypełniają całą przestrzeń porową, a w niektórych przypadkach anhydryt zastępuje całkowicie dolomit (fig. 3a). Stwierdzono także znaczny wpływ procesu kompaktacji. Ooidy (□ 0,6–2,0 mm) i peloidy są niekiedy spłaszczone, wydłużone, miejscami wykazują deformacje plastyczne. Ich kontakty o charakterze wcisków dowodzą, że kompaktacja mechaniczna wystąpiła na

wczesnym etapie diagenety (Tucker, Wright, 1990). Kompaktacja chemiczna, związana z rozpuszczaniem pod ciśnieniem, zachodziła podczas pogrzebania tych utworów. Jej efektem są stylolity i mikrostylolity. Na wczesnym etapie diagenety doszło do rozpuszczenia jąder ooidów, w wyniku czego powstała porowatość oomoldyczna. Ooidy przed całkowitym rozpuszczeniem chroniły obwódki mikrytowe (Peryt, Piątkowski, 1977). Jądra rozpuszczonych ooidów wypełnia dolomitowy cement blokowy oraz anhydryt (fig. 3b). Ich ponowne rozpuszczenie doprowadziło do całkowitego lub części-

- Fig. 3**
- Cement anhydrytowy wypełniający ściśle przestrzeń międzyziarnową w dolomicie, Benice-3, głęb. 2781 m
 - Pseudomorfozy anhydrytowe po ziarnach węglanowych, Benice-3, głęb. 2823 m
 - Obraz CL z mikroskopu optycznego – automorficzne kryształy sellaitu (żółta barwa CL) w ooidowym greinstonie dolomitowym (brązowo-czerwona barwa CL) z cementem anhydrytowym (brak luminescencji), Benice-3; głęb. 2777,5 m
 - Obraz CL z mikroskopu optycznego – pierwotny greinston dolomitowy zastąpiony magnezylem (różowa barwa CL) i anhydrytem (brak luminescencji), Ciechnowo-5; głęb. 3326,4 m
 - Obraz BSE z mikroskopu elektronowego – ooidy dolomitowe (szara barwa) częściowo zastąpione przez magnezylem (ciemnoszara barwa), anhydryt – biała barwa, Ciechnowo-5; głęb. 3332,7 m
 - Obraz CL z mikroskopu elektronowego – kryształ fluorytu; widoczna skomplikowana budowa wewnętrzna świadcząca o procesach rozpuszczania i ponownej krystalizacji, Czarne-1; głęb. 3601,5 m
- Anhydrite cement filling tightly intragranular porosity in dolostone, Benice-3 borehole, depth 2781 m
 - Pseudomorphs of anhydrite after carbonate grains, Benice-3 borehole, depth 2823 m
 - Cathodoluminescence (CL) image taken at an optical microscope – automorphic crystals of sellait (yellow color of CL) in the dolomitic ooid grainstone (brown-red color of CL) with anhydrite cement (non-luminescent), Benice-3 borehole, depth 2777.5 m
 - Cathodoluminescence (CL) image taken at an optical microscope – primary dolomitic ooid grainstone replaced by anhydrite (non-luminescent), Ciechnowo-5 borehole, depth 3326.4 m
 - Backscattered image (BSE) taken at an electron microscope – dolomitic ooids (grey color) partly replaced by magnesite (darkgrey color), anhydrite – white color, Ciechnowo-5 borehole, depth 3332.7 m
 - Cathodoluminescence (CL) image taken at an electron microscope – a crystal of fluorite; a complex inner structure resulted from the dissolution and recrystallization processes is well seen, Czarne-1 borehole, depth 3601.5 m

ciowego usunięcia wypełniających je wcześniej faz mineralnych (Faazel, Schatzinger, 1985). Poza dolomitom i anhydrytem w zabudowie przestrzeni porowej uczestniczą minerały ilaste, piryty, bituminy, kwarc i sellait. Ten ostatni minerał, fluorek magnezu (MgF), został stwierdzony po raz pierwszy w Polsce (Sikorska, 2007). Tworzy on automorficzne słupowe kryształy lub nieregularne, bardzo drobne skupienia rozsiane w skale oraz występuje wzdłuż szwów mikrostylolitowych. Na obrazach CL charakteryzuje się żółtą barwą luminescencji (fig. 3c). W CL uwidaczniają się cienkie żyłki dolomitu o pomarańczowej barwie luminescencji (znacznie jaśniejszej od tła skalnego), podobnie jak cement dolomitowy wypełniający rozpuszczone środki ziarn. W profilu dolomitu głównego stwierdzono także cementsy wskazujące na wpływ procesu neomorfizmu agradacyjnego (Folk, 1965). Utwory te cechują się zwiększonymi rozmiarami kryształów dolomitu oraz występowaniem struktury zwanej neomorficznym sparytem lub pseudosparytem (Tucker, 1991; Flügel, 2004).

Właściwości zbiornikowe i filtracyjne: porowatość max 12%, najczęściej <5%; przepuszczalność – sporadycznie >10 mdcy, najczęściej <0,1 mdcy (fig. 4).

CIECHNOWO-5

Interwał Ca2: 3320,00–3382,00 m; miąższość Ca2: 62,00 m

Litologia: dolomity

Mikrofacje: w stropie i w spagu występują skały biogeniczne (maty mikrobialne). Pozostałą część profilu budują ziarniste skały węglanowe (greinstony i pakstony ooidowe). Sporadycznie występują wkładki flotstonów intraklastowych złożonych z fragmentów utworów ziarnistych (□ 30–35 mm). Szkielet ziarnowy zbudowany jest głównie z ooidów, ziarn

agregacyjnych oraz peloidów. Sporadycznie występują ziarna powyżej 2 mm (pizoidy) oraz onkoidy.

Diageniza: wewnętrzne części ooidów (□ 1,0–2,0 mm) są często rozpuszczone i wtórnie wypełnione dolomitowym lub anhydrytowym cementem blokowym. Korteks ziarn otoczony jest dolomitowym cementem obwódkowym lub izopachytowym. Przestrzeń międzyziarnowa jest na ogół ściśle wypełniona dolomitowym i anhydrytowym cementem blokowym. W niektórych częściach profilu ziarna dolomitowe

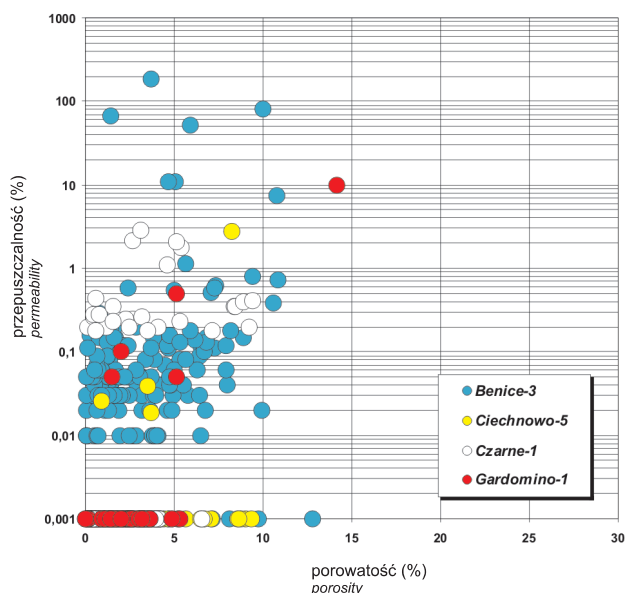


Fig. 4. Zależność przepuszczalności od porowatości w wybranych utworach barierowych dolomitu głównego na Pomorzu Zachodnim

Permeability versus porosity plot from the barrier rocks of the Main Dolomite in West Pomerania

zostały niemal całkowicie zastąpione przez magnezyt, charakteryzujący się różową luminescencją (fig. 3d). Potwierdzeniem późnodiagenetycznego pochodzenia magnezytu jest stopniowe, zgodnie z powłokami w ooidach, zastępowanie dolomitu (fig. 3e). W badaniach CL stwierdzono obecność bardzo drobnych ziarn sellaitu i pojedynczych automorficznych kryształów sfalerytu.

Właściwości zbiornikowe i filtracyjne: porowatość do max 10%, najczęściej <5%; przepuszczalność – sporadycznie ok. 0,1 mdcy, najczęściej <0,01 mdcy (fig. 4).

CZARNE-1

Interwał Ca2: 3572,50–3606,00 m; miąższość Ca2: 33,50 m

Litologia: dolomity

Mikrofacje: profil zbudowany głównie z greinstonów i pakstonów ooidowych. Szkielet ziarnowy stanowią głównie ooidy, ziarna agregacyjne oraz peloidy. W dolnej części występują, stabilizowane mikrobialnie, madstony z przewartwieniami wakstonów i pakstonów. Sporadycznie występują ziarna powyżej 2 mm (pizoidy) oraz onkoidy.

Diagenезa: puste pory związane z rozpuszczaniem niestabilnych mineralogicznie jąder ooidów zostały wypełnione przez anhydryt. Także większość przestrzeni międzyziarnowej zabudowuje włóknisty i blokowy cement anhydrytowy. Ooidy (□ 0,1–2,0 mm) otoczone są dolomitowym cementem izopachytowym. Dolomit uległ wyraźnej rekryształizacji (neomorfizm agradacyjny), tworząc charakterystyczną strukturę mozaikową. Niektóre ooidy uległy rozpuszczeniu i wypełnieniu przez cement anhydrytowy. Badania katodoluminescencyjne wykazały także obecność fluorytu, charakteryzującego się intensywną luminescencją o ciemnoniebieskawej barwie. Obrazy SEM-CL pokazują skomplikowaną strukturę wewnętrzną kryształów fluorytu, świadczącą o ich rozpuszczeniu i ponownej krystalizacji (fig. 3f). Fluoryt naj-

częściej występuje w obrębie gniazd anhydrytu, lecz wydaje się stanowić późniejszą, w stosunku do siarczanu, fazę cementacji.

Właściwości zbiornikowe i filtracyjne: porowatość 0–10%, najczęściej < 5%; przepuszczalność – sporadycznie >1 mdcy, najczęściej <0,01 mdcy (fig. 4).

GARDOMINO-1

Interwał Ca2: 3147,00–3169,50 m; miąższość Ca2: 22,50 m

Litologia: dolomity

Mikrofacje: profil budują głównie pakstony ooidowe o zatartych miejscami cechach strukturalno-teksturalnych (prawdopodobnie pierwotnie greinstony). W części stropowej stwierdzono występowanie bioklastycznych wakstonów, miejscami o charakterze muszłowców. Szkielet ziarnowy utworów ziarnistych budują głównie ooidy (□ 0,1–2,0 mm). Sporadycznie występują ziarna powyżej 2 mm (pizoidy) oraz onkoidy.

Diagenезa: ooidy uległy rozpuszczeniu i zastąpieniu przez blokowy cement dolomitowy lub igiełkowy cement anhydrytowy. Niektóre z ziarn posiadają obwódki mikrytowe. Dolomit w niektórych miejscach jest prawie całkowicie zastąpiony przez anhydryt (pseudomorfozy). Przestrzeń międzyziarnową wypełnia igiełkowy i włóknisty cement anhydrytowy. Ziarna są niekiedy silnie zdeformowane. Skąła jest miejscami pocięta siecią drobnych szczelin wypełnionych dolomit, które stają się bardziej widoczne w katodoluminescencji. Żyłki dolomitowe przecinają ziarna wraz z ich centrami wypełnionymi cementem dolomitowym, natomiast są wcześniejsze od cementu anhydrytowego. Obecne są również bardzo drobne ziarna sellaitu.

Właściwości zbiornikowe i filtracyjne: porowatość max 15%, najczęściej <5%; przepuszczalność – sporadycznie >1 mdcy, najczęściej <0,01 mdcy (fig. 4).

PODSUMOWANIE

Nowe badania nad diagenезą i mikrofacjami dolomitu głównego w strefie barierowej dolomitu głównego na Pomorzu Zachodnim wykazały destruktywną rolę przeobrażeń diagenetycznych w kształtowaniu przestrzeni porowej tych utworów (Darłak i in., 1998). Cementy powstałe na etapie eodiagenезy tylko w nieznacznym stopniu wpłynęły na pierwotnie wysoką porowatość tych utworów. Znacznie większy wpływ na pogorszenie właściwości zbiornikowych miał etap mezodiagenезy, związanej ze stopniowym pogrzebaniem osadu. Na tym etapie zaczęły oddziaływać procesy związane z neomorfizmem agradacyjnym, z kompaktacją chemiczną oraz zróżnicowaną cementacją (dolomit, anhydryt, fluoryt, sellait, magnezyt, piryty, sfaleryt, kwarc oraz minerały ilaste). Silnemu zatarciu uległy niekiedy pierwotne struktury sedymentacyjne (greinstony o strukturach zatartych – Wright, 1992). W etapie tym doszło także do zeszczelinowacenia masy

skalnej. Powstały w ten sposób system szczelin i mikroszczelin w powiązaniu z systemem stylolitów i mikrostylolitów był drogą migracji roztworów korodujących i rozpuszczających (wpływających na polepszenie właściwości zbiornikowych), jak i cementujących (wpływających na pogorszenie tych właściwości). Był także potencjalną drogą migracji węglowodorów.

Przeprowadzone badania potwierdzają opinię, że utwory dolomitu głównego, związane ze strefami barier na obszarze Pomorza Zachodniego, wskutek oddziaływania procesów w czasie eo- i mezodiagenезy charakteryzują się generalnie słabymi właściwościami zbiornikowymi. Polepszenie parametrów kolektorskich w strefach związanych ze stokiem platform węglanowych jest związane ze zjawiskami tektonicznymi, powodującymi powstanie systemu szczelin w ich obrzeżeniu (Gąsiewicz i in., 1998).

LITERATURA

- DARŁAK B., KOWALSKA-WŁODARCZYK M., KOBYLECKA A., LEŚNIAK G., SUCH P., 1998 – Przegląd wyników badań właściwości zbiornikowych i filtracyjnych wybranych skał zbiornikowych basenów młodopaleozoicznych Niżu Polskiego. *Pr. Państw. Inst. Geol.*, **165**: 147–154.
- DEPOWSKI S., PERYT T.M., PIĄTKOWSKI T., WAGNER R., 1978 – Sedymentacja i paleogeografia cechsztyńskiego dolomitu głównego a jego ropo- i gazoność. *Prz. Geol.*, **26**, 3: 141–146.
- ESTEBAN M., JUHASZ E., 2000 – Main Dolomite and other Zechstein carbonates, Pomerania and West Warszawa. Arch. PGNiG S.A., Warszawa.
- FEAZEL C., SCHATZINGER R.A., 1985 – Prevention of carbonate cementation in petroleum reservoirs. *W: Carbonate cements* (red. N. Schneidermann, P.M. Harris). *SEPM Sp. Publ.*, Tulsa, Oklahoma, U.S.A.
- FLÜGEL E., 2004 – Microfacies of carbonate rocks. Analysis, interpretation and application. Springer Berlin, Heidelberg, New York.
- FOLK R.L., 1965 – Some aspects of recrystallization in ancient limestones. *W: Dolomitization and limestone diagenesis* (red. L.C. Pray, R.C. Murray). *SEPM Sp. Publ.*, **13**: 14–48.
- GAŚIEWICZ A., WICHROWSKA M., 1996 – Sedymentacja i diageniza dolomitu głównego w zachodniej części platformy pomorskiej. CAG Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- GAŚIEWICZ A., WICHROWSKA M., DARŁAK B., 1998 – Sedymentacja i diageniza a właściwości zbiornikowe utworów dolomitu głównego (Ca₂) w polskim basenie cechsztyńskim. *Pr. Państw. Inst. Geol.*, **165**: 195–206.
- KNIESZNER L., PROTAS A., 1996 – Próba określenia zasięgu stref litofacjalnych dolomitu głównego w rejonie Rymań–Piaski–Ciechnowo–Świdwin–Rosnowo. *W: Rozwój poszukiwań węglowodorów w północno-zachodniej Polsce w okresie 40-lecia ZPNiG w Pile oraz perspektywy dalszych odkryć*. Mat. Konf. Nauk.-Techn. Piła.
- KNIESZNER L., POLESZAK E., PROTAS A., 1997 – Określenie przebiegu bariery węglanowej dolomitu głównego cechsztynu w środkowej części Pomorza na podstawie danych sejsmicznych i wiertniczych. *Nafta*, **9**: 388–399.
- KOTARBA M. (red.), 2000 – Bilans i potencjał węglowodorowy dolomitu głównego basenu permjskiego Polski. Arch. AGH, Kraków.
- MIKOŁAJEWSKI Z., 2007 – Opracowanie profilów litologiczno-mikrofacjalnych dla ok. 20 odwiertów. *W: System geochemiczno-generacyjny utworów dolomitu głównego na obszarze Pomorza Zachodniego* (red. R. Wagner, M. Kotarba). Arch. PGNiG S.A., Warszawa.
- NOWICKA A., 2002 – Ilościowa ocena prognostycznych zasobów geologicznych węglowodorów w poziomie dolomitu głównego w północno-zachodniej Polsce. Mat. Konf. Nauk.-Techn.: 89–98. Piła.
- PERYT T.M., PIĄTKOWSKI T.S., 1977 – Procesy neomorficzne w utworach onkolitowych wapienia cechsztyńskiego syneklizy perybałtyckiej. *Kwart. Geol.*, **21**, 2: 257–265.
- PERYT T.M., ANTONOWICZ L., GAŚIEWICZ A., ROMAN S., 1989 – O fazach sedymentacji dolomitu głównego w Polsce północno-zachodniej. *Prz. Geol.*, **37**, 4: 187–193.
- PROTAS A., 1982 – Przydatność badań mineralogicznych i składu chemicznego węglanów w analizie facjalnej na przykładzie dolomitu głównego NW Polski. *W: Rola badań laboratoryjnych w poszukiwaniach złóż ropy naftowej i gazu ziemnego*. Mat. Konf. Nauk.-Techn. Wołomin.
- PROTAS A., 1985 – Właściwości zbiornikowe cechsztyńskiego dolomitu głównego (Ca₂) w Polsce północno-zachodniej. *Nafta*, **1**: 1–6.
- PROTAS A., 1995 – The Main Dolomite platform sedimentation in Western Poland – facies, tectonics and reservoir properties. Conference and Exhibition Modern Exploration and Improved Oil and Gas Recovery Methods. Kraków.
- PROTAS A., SZWEMIN, M., 1995 – Main Dolomite (Ca₂) – paleogeographic-facies zones. Facies section through the Kamień Pomorski Platform. 13th Int. Congr. on Carboniferous–Permian. Guide to Excursion A3 – Upper Rotliegend–Zechstein: terrestrial-marine sedimentary succession in Polish Permian Basin, **4**: 38–41.
- SIKORSKA M., 2007 – Sellaite – first finding in Poland. *Mineral. Pol.*, **38**, 2.
- SIKORSKI B., 2002 – Rezultaty poszukiwań w utworach dolomitu głównego. Mat. Konf. Nauk.-Techn.: 7–14. Piła.
- SIKORSKI B., 2006 – Rezultaty prac poszukiwawczych z perspektywy 50-lecia działalności Poszukiwań Nafty i Gazu „NAFTA” sp. z o.o. w Pile. Mat. Konf. Nauk.-Techn.: 5–13. Piła.
- TUCKER M.E., 1991 – Sedimentary petrology: an introduction to the origin of sedimentary rocks. Blackwell, Oxford.
- TUCKER M.E., WRIGHT V.P., 1990 – Carbonate sedimentology. Blackwell Science, USA.
- WAGNER R., DYJACZYŃSKI D., PAPIERNIK B., PERYT T.M., PROTAS A., 2000 – Mapa paleogeograficzna dolomitu głównego (Ca₂) 1:500 000. *W: Bilans i potencjał węglowodorowy dolomitu głównego basenu permjskiego Polski* (red. M.J. Kotarba). Arch. WGGiOŚ AGH. Kraków.
- WICHROWSKA M., 1995 – The slope of the Pomerania carbonate platform of the Main Dolomite (Ca₂). Sequences from the Czarne-1 and Czarne-2 boreholes. 13th Intern. Congr. on Carboniferous–Permian. Guide to Excursion A3 – Upper Rotliegend–Zechstein: terrestrial-marine sedimentary succession in Polish Permian Basin, **4**: 41–45.
- WOLNOWSKI T., 2002 – Prognoza zasobności dolomitu głównego w basenie permjskim Niżu Polskiego w świetle nowych technik poszukiwawczych. Mat. Konf. Nauk.-Techn.: 15–28. Piła.
- WOLNOWSKI T., 2006 – Perspektywy poszukiwań złóż ropy naftowej i gazu ziemnego na Niżu Połskim (po 50 latach poszukiwań). Mat. Konf. Nauk.-Techn.: 15–33. Piła.
- WRIGHT V.P., 1992 – A revised classification of limestones. *Sedim. Geol.*, **76**: 177–185.