

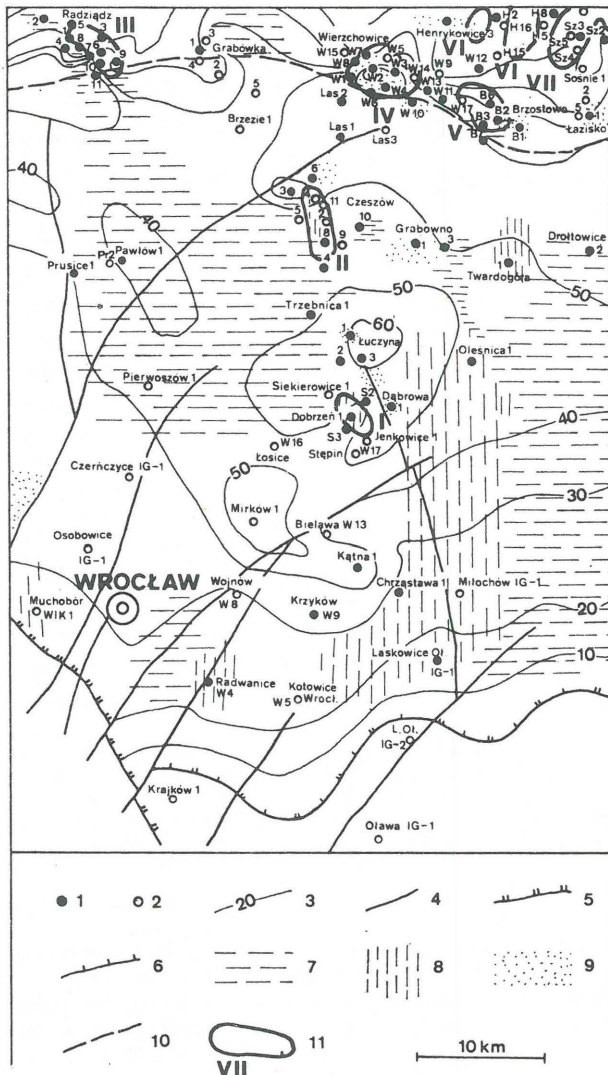
WPLYW PROCESÓW DOŁOMITYZACJI I DEDOŁOMITYZACJI NA WŁASNOŚCI KOLEKTORSKIE WAPIENIA CECHSZTYŃSKIEGO (NA PRZYKŁADZIE ZŁÓŻ GAZU ZIEMNEGO DOBRZEŃ I WIERZCHOWICE)

UKD 553.242.3:553.981.061.4:552.541:551.736.3:552.144"712.4" + 539.217(438-14)

Poszukiwania nagromadzeń węglowodorów w utworach permu na Niziu Polskim doprowadziły do odkrycia wielu złóż gazu ziemnego w wapieniu cechsztyńskim (Ca 1) na monoklinie przedsudeckiej (ryc. 1; 2, 3, 4). Złoża te wykryto w brzeźnej części basenu, którą charakteryzuje występowanie barier węglanowych z rafami algo-

wo-mszywiolowymi, oddzielających strefę lagunową od otwartego zbiornika (1). Opracowania paleogeograficzne i litofacjalne wapienia cechsztyńskiego umożliwiły dokładniejsze określenie i zbadanie tych stref na Niziu Polskim i przeprowadzenie porównawczych badań w skali basenu permiejskiego Europy Środkowej (1, 7). Szczególną uwagę zwrócono przy tym na strefę bariery śląskiej z uwagi na występowanie złóż gazu ziemnego.

W południowej części brzeźnej strefy basenu nagromadzenia gazu ziemnego na monoklinie przedsudeckiej napotykaną są zazwyczaj w wapieniu cechsztyńskim, natomiast w północnej gaz ziemny występuje zarówno w wapieniu cechsztyńskim, jak i w piaskowcach czerwonego spągowca. Na ogół w złożach o małej wysokości gazonośny jest tylko wapień cechsztyński. Powierzchnie złóż mają wielkość od kilku do parudziesięciu km²; największe z



Ryc. 1. Rozmieszczenie złóż gazu ziemnego na tle mapy litofacjalnej wapienia cechsztyńskiego.

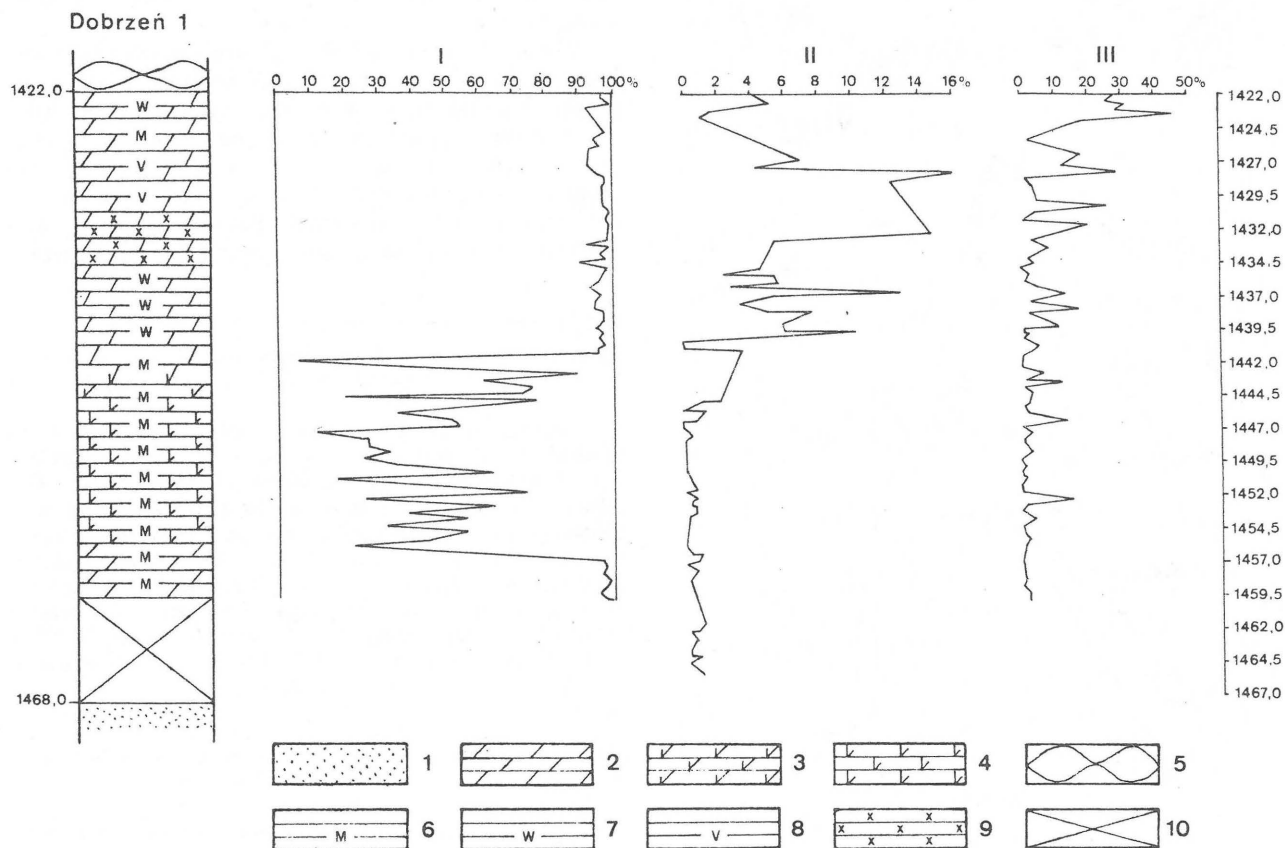
1 - otwory wiertnicze, w których wapień cechsztyński został przebadany petrograficznie, 2 - pozostałe otwory wiertnicze, 3 - izopachty wapienia cechsztyńskiego (w metrach), 4 - dyslokacje, 5 - współczesny zasięg wapienia cechsztyńskiego, 6 - pierwotny zasięg wapienia cechsztyńskiego, 7 - rejon o szczególnie intensywnej cementacji anhydrytowej, 8 - rejon o intensywnej diagenезie wadycznej, 9 - rejon intensywnej dedolomityzacji, 10 - granica strefy lagunowej wapienia cechsztyńskiego (według 1), 11 - złoża gazu ziemnego (I - Dobrzeń, II - Czeszów, III - Radziszów, IV - Wierzchowice, V - Brzostowo, VI - Henrykowice, VII - Bogdaj-Uciechów).

Fig. 1. Distribution of gas deposits at the background of lithofacies map of the Zechstein Limestone.

1 - borehole columns with Zechstein Limestone covered by petrographic studies, 2 - other boreholes, 3 - isopachs of Zechstein Limestone (in meters), 4 - dislocations, 5 - present extent of Zechstein Limestone, 6 - original extent of Zechstein Limestone, 7 - area of exceptionally intense anhydrite cementation, 8 - area of intense wadi diagenesis, 9 - area of intense dedolomitization, 10 - boundary of Zechstein Limestone lagoon zone (after 1), 11 - gas deposits: I - Dobrzeń, II - Czeszów, III - Radziszów, IV - Wierzchowice, V - Brzostowo, VI - Henrykowice, VII - Bogdaj-Uciechów.

nich ma powierzchnię 40 km². Wysokości złóż są także zróżnicowane; dochodzą one do kilkudziesięciu metrów. Poziomy gazoność występują na głębokościach rzędu 1500–1800 m. Ciśnienia złożowe są zbliżone do hydrostatycznych. Gazy ziemne zawierają przeciętnie 50–70% metanu, do 1% etanu, poniżej 1,1% propanu, śladowe ilości butanu, do 0,1% dwutlenku węgla, do 47% azotu i małe ilości gazów szlachetnych (w tym do 0,3–0,4% helu). W niektórych złożach napotyka się małe ilości siarkowodoru (np. w złożu Dobrzeń do 0,014%). Warunki produkowania złóż można określić jako typowo gazowo-ekspansyjne; określa się je także jako wolumetryczne.

Złoże Dobrzeń zostało odkryte w 1969 r. otworem Dobrzeń 1 (ryc. 1). Poziomym gazoność jest wapień cechsztyński. Wysokość złoża ocenia się na około 30 m. Powierzchnia złoża wynosi 6 km². Wykształcenie litologiczne wapienia cechsztyńskiego w profilu otworu Dobrzeń 1 (ryc. 2) wykazuje identyczny – regresywny ogólnie ujmując – schemat następstwa tekstur depozycyjnych jak w innych profilach pochodzących ze strefy lagunowej. W dolnej części występują osady typu mudstones; są one silnie zailone, zwłaszcza w środkowej części wapienia cechsztyńskiego. Wyżej występują osady typu wackestones, a następnie sparyty z cienkimi przewarstwieniami pizolitowych grainstones, występującymi także powyżej sparytów. W najwyższej części wapienia cechsztyńskiego obecne są głównie osady typu mudstones i wackestones (ryc. 2).



Ryc. 2. Profil wapienia cechsztyńskiego w otworze Dobrzeń 1.

I – zawartość dolomitu w stosunku do sumy minerałów węglanowych, II – porowatość, III – zawartość anhydrytu, 1 – piaskowiec, 2 – dolomit, 3 – dolomit wapienisty, 4 – wapień dolomitowy, 5 – anhydryt, 6 – skały typu mudstones, 7 – skały typu wackestones, 8 – utwory wadyczne, 9 – skały zrekrytalizowane, 10 – brak obserwacji sedimentologicznych.

Pizoidy powstały w trakcie wczesnej diagenety macierzystego osadu oolitowego w rezultacie precypitacji laminowanych otoczek wokół grup ziarn już pogrzebanych. Pizolitowe grainstones były poddane działaniu diagenety wadycznej (a zwłaszcza cementacji typu isopachous) i słodkowodnej freatycznej, w trakcie której wszystkie istniejące pory uległy wypełnieniu przez cement blokowy. W słodkowodnym środowisku freatycznym nastąpiło także rozpuszczenie ziarn dotychczas niezgeomorfizowanych, głównie ooidów.

Biorąc pod uwagę tekstury depozycyjne oraz sekwencje procesów diagenetycznych wyróżnić można następujące stadia zmian przestrzeni porowej:

1. Depozycja osadów I cyklu wapienia cechsztyńskiego i ich dolomityzacja; brak zasadniczych zmian porowatości.
2. Dedolomityzacja górnej części I cyklu wapienia cechsztyńskiego; zniszczenie porowatości powstałej w związku ze słodkowodnym rozpuszczaniem poprzedzającym dedolomityzacją.
3. Depozycja osadów II cyklu wapienia cechsztyńskiego, ich dolomityzacja, a następnie dedolomityzacja; wynik jak w punkcie 2.
4. Depozycja osadów III cyklu wapienia cechsztyńskiego, ich dolomityzacja oraz redolomityzacja osadów II cyklu, a następnie rozpuszczanie w środowisku słodkowodnym freatycznym; wybitny wzrost porowatości.

Fig. 2. Section of the Zechstein Limestone in borehole Dobrzeń 1.

I – dolomite content in relation to sum of carbonate minerals, II – porosity, III – content of anhydrite, 1 – sandstone, 2 – dolomite, 3 – calcareous dolomite, 4 – dolomitic limestone, 5 – anhydrite, 6 – rocks of mudstone type, 7 – rocks of wackestone type, 8 – wadi deposits, 9 – recrystallized rocks, 10 – lack of sedimentological data.

5. Depozycja stropu wapienia cechsztyńskiego, dolomityzacja w środowisku sebhya i cementacja anhydrytem; częściowe zniszczenie porowatości, ale później część anhydrytu została rozpuszczona, co odnowiło większą część zacementowanych porów.

Ogólnie ujmując, w wapieniu cechsztyńskim Dobrzeńca występuje cukrowaty typ dolomitów, jaki często jest związany z anhydrytem, którego kryształy wypełniają przestrzeń porową albo też anhydryt selektywnie zastępuje skamieniałości lub poikilitowo — całe części skał. Cukrowaty typ dolomitów tworzy dobre kolektory o porowatościach do 30%, ale ich przepuszczalność jest zależna od wielkości przejść między rombami (9). Analogiami typu kolektor-skiego Dobrzeńca są: środkowy perm zachodniego Teksasu (5) oraz ordowik-sylur basenu Williston w USA (8).

Złoże Wierzchowice odkryto w 1971 r. (ryc. 1). Gazonośne są: wapień cechsztyński (o miąższości dochodzącej w obrębie złoża do 74,5 m) oraz stropowa część czerwonego spągowca (do 54,5 m w centralnej części złoża). Powierzchnia złoża w wapieniu cechsztyńskim wynosi około 23 km², a w czerwonym spągowcu — 10 km². Już na wstępnym etapie rozpoznawania złoża zaznaczyła się dwudzielność wapienia cechsztyńskiego pod względem własności zbiornikowych. W górnej części występowały skały bardziej porowate i skawernowane; średnia ważona przepuszczalności wynosi 13,9%, a przepuszczalność 11,4 mD, w porównaniu z odpowiednimi wartościami — wynoszącymi 3,6% oraz 6,7 mD — dla dolnej części. Przeważająca część zasobów złoża związana jest z górną częścią wapienia cechsztyńskiego. Złoże Wierzchowice należy do grupy dużych złóż gazu ziemnego w naszym kraju i charakteryzują je wydajne otwory eksploatacyjne oraz znaczne wydobyćce roczne.

W rejonie złoża Wierzchowice wykształcenie litologiczne wapienia cechsztyńskiego jest zmienne, co wiąże się z położeniem tego złoża w obrębie strefy barierowej oraz przyległych do niej częściach strefy przedbarierowej i lagunowej. W trakcie sedymentacji dolnej części wapienia cechsztyńskiego na całym tym obszarze osadzały się twory typu mudstones, lokalnie z małymi biohermami typu Productusbank, natomiast w trakcie depozycji górnej części wapienia cechsztyńskiego dominowały pozostałe typy depozycyjne, a więc osady typu wackestones, packstones i grainstones, a w pewnych częściach obszaru także osady typu boundstones. Można wyróżnić kilka terenów o wyraźnej przewadze jednej z mikrofacji: biolitytowej (tworzącej jądra bioherm) oraz — położonych wokół niej — bioklastycznej, ziarn obłeczonych, pelmikrytowej oraz sparytowej; zróżnicowanie to zaznacza się wyłącznie w górnej części wapienia cechsztyńskiego.

Cykliczność depozycji i diagenety zarysowana na przykładzie złoża Dobrzeńca panowała także i tutaj, przy czym ze względu na położenie paleogeograficzne rejonu Wierzchowic (skraj bariery wapienia cechsztyńskiego) wzór diagenety jest dużo bardziej złożony. Dolomityzacja sekwencji wapienia cechsztyńskiego (lub ich części) położonych w różnych częściach rejonu Wierzchowic była prawie jednoczesna i spowodowana tym samym mechanizmem. Z reguły po dedolomityzacji niszczącej porowatość następowało rozpuszczanie kalcytu (dedolomitu), co prowadziło do znacznego wzrostu porowatości i przepuszczalności. Ogólnie ujmując, złoże Wierzchowice to typ pułapki stratygraficzno-strukturalnej z dużym wpływem wód meteorycznych w powstaniu porowatości i przepuszczalności. Jest to typ kolektorów o wysokich porowatościach i przepuszczalnościach. Jego analogiem jest złoże w triasowej formacji Taormina na Sycylii (6), chociaż tam de-

dolomityzacja nastąpiła — jak się uważa (6) — na głębokości kilkuset metrów, gdy w przypadku wapienia cechsztyńskiego w brzeżnej części zbiornika był to z reguły proces przypowierzchniowy.

Węglanowe skały zbiornikowe różnią się od kolektorów piaszczytych tym, że porowatość w tych drugich jest zazwyczaj międzyziarnista i dlatego też w eksploracji kładziony jest nacisk na interpretację facji depozycyjnych, rządzących z reguły rozkładem porowatości. W skałach węglanowych porowatość występuje często całkowicie niezależnie od facji depozycyjnych (ryc. 2), gdyż facje diagenetyczne mogą być i często (jak np. w wapieniu cechsztyńskim) są niezależne od facji depozycyjnych i zmieniają się w czasie. Z tego względu stwierdzenie produktów diagenetycznych powstałych w różnych środowiskach diagenetycznych odgrywać można kluczową rolę w prognozowaniu trendów porowatości w skałach węglanowych. Badania takie są także nieodzowne dla rozpoznawania złoża, projektowania otworów eksploatacyjnych i eksploatacji oraz oceny zasobów.

LITERATURA

1. Depowski S. (ed.) — Atlas litofacjalno-paleogeograficzny permu obszarów platformowych Polski. Wyd. Geol. 1978.
2. Depowski S. — Obszary gazonośne i roponośne Polski. Prz. Geol. 1981 nr 5.
3. Depowski S., Pokorski J., Wagner R. — Problemy badań utworów permu na obszarach platformowych Polski w aspekcie występowania surowców mineralnych. Ibidem 1978 nr 12.
4. Karnkowski P. — Formowanie się złóż gazu ziemnego na obszarze przedsudeckim. Nafta nr 8–9.
5. Lucia F. J. — Recognition of evaporite-carbonate shoreline sedimentation. SEPM Spec. Publ. 1972 vol. 16.
6. Mattavelli L., Chalingarian G. V., Storer D. — Petrography and diagenesis of the Taormina Formation, Gela Oil Field, Sicily (Italy). Sediment. Geology 1969 vol. 2 no. 1.
7. Peryt T. M. — Charakterystyka mikrofacjalna cechsztyńskich osadów węglanowych cyklotemu pierwszego i drugiego na obszarze monokliny przedsudeckiej. Studia Geol. Pol. 1978 vol. 54.
8. Roehl P. O. — Stony Mountain (Ordovician) and Interlake (Silurian) facies analogs of Recent low energy marine and subaerial carbonates, Bahamas. Bull. Am. Assoc. Pet. Geol. 1967 no. 10.
9. Wilson J. L. — Limestone and dolomite reservoirs. [W:] G. D. Hobson (ed.), Developments in Petroleum Geology, vol. 2. Applied Science Publishers London 1980.

SUMMARY

Early diagenesis was the major factor determining collector properties of Zechstein Limestone rocks in area of occurrence of gas accumulations in the Fore-Sudetic Monocline. Diagenetic facies are completely independent of depositional ones and they were varying in time. In the studied gas fields, dolomitization was accompanied by either marked increase or no changes in porosity, and dedolomitization — by significant decrease in porosity. Solution in fresh-water environment from time of sedimentation of the Zechstein Limestone is found to be the process mainly responsible for formation of pores.