

Strefy perspektywiczne dla występowania węglowodorów w kambrze lubelsko-podlaskiej części starej platformy

Florian Stolarczyk*, Joanna Stolarczyk*, Hanna Wysocka*, Marek Buchelt*

W kambrze na obszarze obniżenia podlaskiego, skłonu wyniesienia łukowskiego oraz zapadliska włodawskiego występują dwa potencjalne poziomy zbiornikowe. Starszy obejmuje najwyższą część kompleksu piaszczystego kambru dolnego (horyzontu B3) i młodszy stanowiący piaskowce kambru środkowego (horyzont D), co przedstawiono na ryc. 2.

Piaskowce horyzontu B3 stratygraficznie należą do poziomu Holmia. Stropowe piaskowce kambru środkowego będąc najważniejszym horyzontem zbiornikowym stratygraficznie należą do poziomu *Paradoxides oleandicus* a w rejonie Okuniewa prawdopodobnie obejmują także poziom *Paradoxides paradoxissimus*. Z obserwacji makroskopowych i badań petrograficznych wynika, że oba horyzonty mają podobne wykształcenie. Są to drobno- i średnioziarniste prawie monomineralne piaskowce kwarcowe na ogół z nikłą ilością spoiwa pierwotnego.

Długotrwałe procesy wtórne znacznie utrudniają ocenę środowiska sedimentacyjnego tych osadów. Według Lenzion (1972) powstały one w strefie sublitoralnej na szelfie. Pogląd ten został rozwinięty w szczegółowych badaniach Jaworowskiego (1982) i Sikorskiej (1988). Zdaniem Jaworowskiego (1982) osady te tworzyły się w środowisku poddanym działaniu pływów i sztormów porównywalnym ze współczesnymi jeziorami piaszczystymi południowych wybrzeży M. Północnego. Sikorska (1988) starała się udowodnić, przez zastosowanie w badaniach mikrofacjalnych metod matematycznych, że środkowokambryjskie piaskowce należą do osadów wysokoenergetycznych, powstałych w ruchliwych wodach blisko brzeżnej strefy zbiornika sedimentacyjnego. Gwałtowne spadki wysokiej energii przepływu powodowały początkowo powstanie osadu o strukturze bezładnej, a w końcowym etapie już przy niskiej energii powstawał osad o warstwowaniu smużystym. Warstwy piaskowców bywają także uziarnione frakcjonalnie, gdyż osady sztormowe podobnie jak utwory prądów zawieszonych powstają w wyniku zanikających prądów.

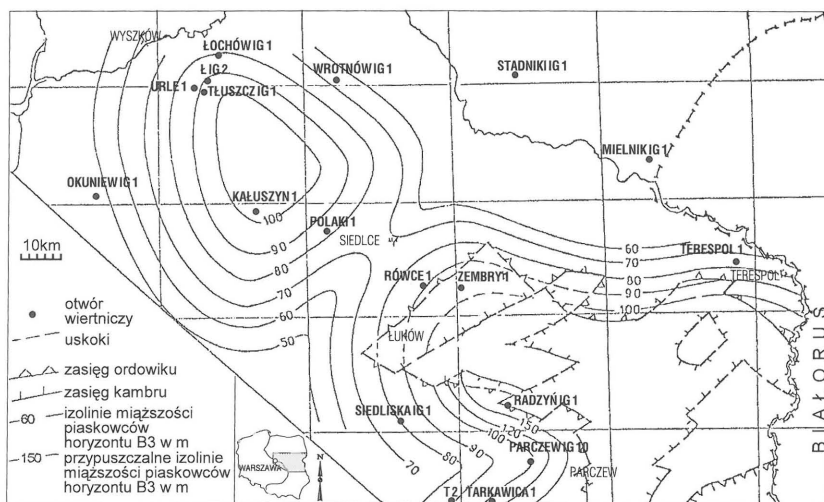
Głównym i często jedynym składnikiem piaskowców jest kwarc, którego ziarna wykazują różny stopień wysortowania i obtoczenia. Z reguły piaskowce środkowokambryjskie mają lepsze wysortowanie i obtoczenie niż dolnokambryjskie. Piaskowce górnego poziomu zbiornikowego mogły tworzyć się na brzegu spływającego się zbiornika morskiego, gdzie wskutek działania fal następowała dalsza obróbka mechaniczna, wysortowanie i przemycie materiału detrytycznego.

W poszukiwaniach węglowodorów istotna jest znajomość ewolucji przestrzeni porowej a zwłaszcza rozwoju spoiwa wypełniającego pory. W wię-

kszości przypadków procesy diagenetyczne prowadzą do redukcji przestrzeni porowej. W piaskowcach kambryjskich najczęściej występuje spoiwo wtórne. Jest to zwykle regeneracyjne spoiwo kwarcowe, które jak ujawniają badania katodoluminescencyjne ma dwie generacje. Według badań Łabęckiego (1995) głównym czynnikiem powstawania kwarcu I generacji była kompaktacja. Kwarc II generacji powstać miał znacznie później i jego genezę wiąże się z ługowaniem skaleni, dalszą transformacją illitu oraz krystalizacją krzemionki z roztworów porowych zasilanych przez wody hydrotermalne. Pomiędzy I i II generacją spoiwa kwarcowego wystąpiła, główna faza migracji węglowodorów. W głębszych strefach II generacja sylyfikacji mogła spowodować powstanie tzw. pułapek zapieczętowanych okolonych piaskowcami zupełnie pozbawionymi własności zbiornikowych (Weil, 1990).

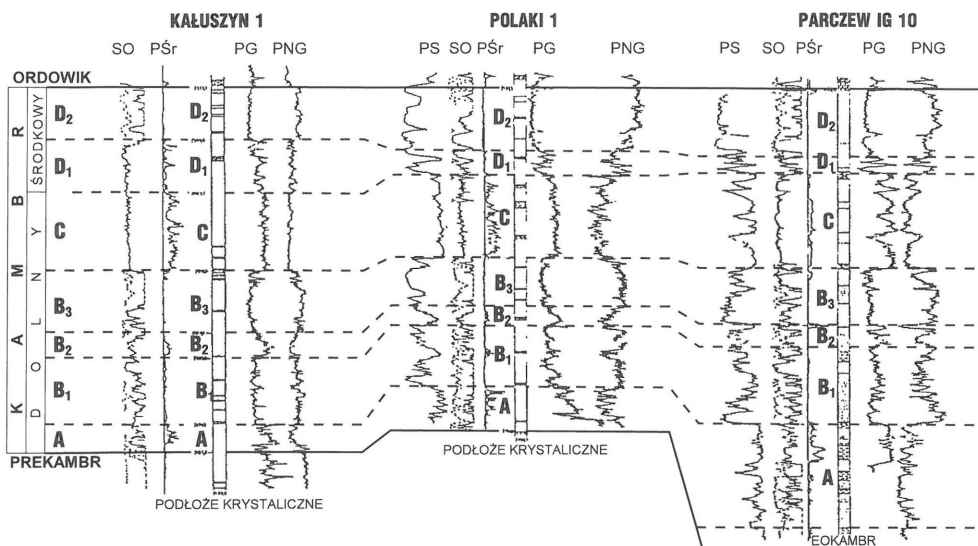
Węglany mają znacznie mniejszy udział ilościowy w spoiwie piaskowców, ale podobnie jak kwarc tworzyły się w kilku fazach. Z minerałów ilastych największy wpływ na własności zbiornikowe ma illit blaszkowaty tworzący w porach struktury typu plastra miodu, które nie wpływają na zmniejszenie porowatości, natomiast mogą całkowicie zredukować przepuszczalność.

Analiza zdjęcia katodoluminescencyjnego próby piaskowca kambryjskiego z otworu Okuniew IG-1 (Łabęcki, 1992) wykazała, że pierwotna jego porowatość wynosiła 41%, po utworzeniu spoiwa I generacji 19%, a w dalszej diagenecie została zredukowana prawie do zera. Tak więc obecnie stwierdzone cechy zbiornikowe kambru zależą w dużej części od procesów diagenetycznych. Zasięg i intensywność tych procesów pozostaje w zasadzie w pełnej korelacji do współczesnych głębokości występowania tych poziomów ponieważ nachylenie brzeżnej części platformy



Ryc. 1. Szkic miąższości piaskowców horyzontu B3 w kambrze dolnym

*Biuro Geologiczne Geonafsta Ośrodek w Wołominie, ul. Przejazd 2, 05-200 Wołomin



Ryc. 2. Korelacja osadów kambru w otworach: Kałuszyn-1, Polaki-1, Parczew-IG10

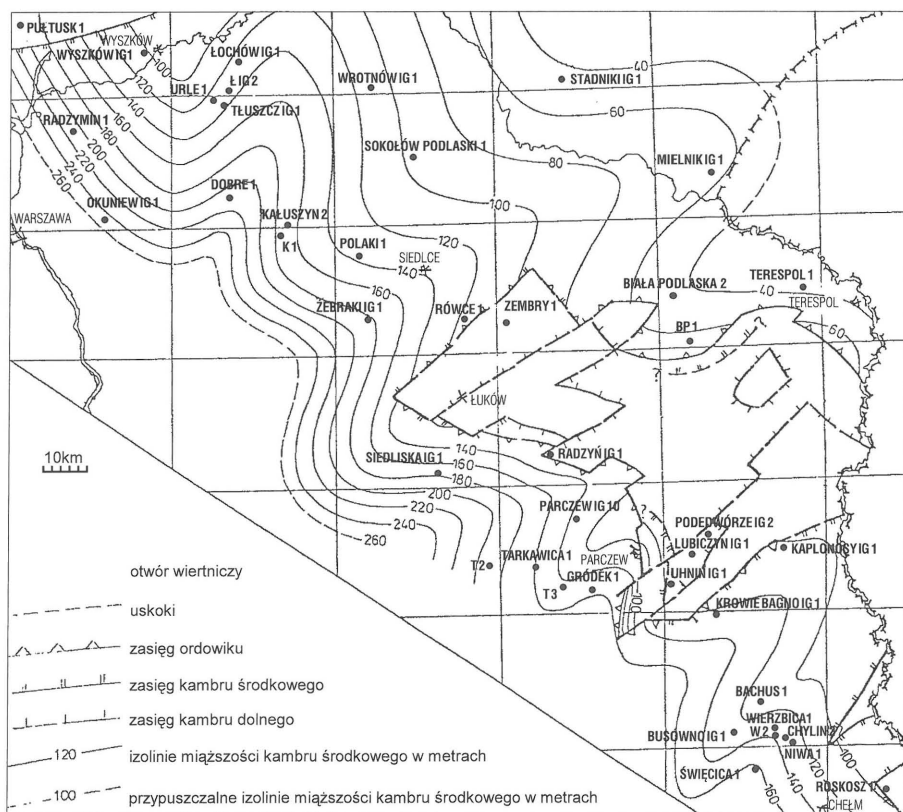
w prawie całej historii geologicznego rozwoju było w mniejszym lub większym stopniu na południowy-zachód i tak jest obecnie. Niekiedy jednak porównanie bliskich sobie otworów wskazuje na odstępstwa od tak zarysowanego regionalnego obrazu zależności między sylyfikacją i głębokością. Zdarza się bowiem, że otwory blisko położone np. Tarkawica 1 i Tarkawica 2 mają porowatości niewiele różniące się (odpowiednio 1,24 i 0,78%), a różnice w głębokościach zalegania poziomów zbiornikowych obu otworów wynoszą aż 1500 m. Fakt ten dowodzi, że sylyfikacja nie jest prostą funkcją obecnej głębokości zalegania osadów a o jej wielkości decydowały warunki w jakich znalazł się osad w czasie nasilenia procesu kwarcytyzacji.

to pakiet skał składający się z osadów bardzo drobnoziarnistych szczególnie łatwo ulegających kompaktacji występującej na początku przemian diagenetycznych. Przeobrażenia materiałów ilastych powodują uwalnianie znacznej ilości krzemionki. Uwolniona krzemionka krystalizuje następnie w sąsiadujących piaskowcach tworząc obwódki regeneracyjne I generacji. Już ten pierwszy etap sylyfikacji mógł spowodować, że kompleks ten stał się nieprzepuszczalny, co jest ważne z punktu widzenia poszukiwań węglowodorów, gdyż w tym przypadku pakiet skał C (ryc. 2) bardzo wcześniej stał się ekranem dla migrujących węglowodorów, które jak na to wskazują badania katodoluminescencyjne migrowały pomiędzy I i II generacją sylyfikacji.

Mając na uwadze znaczną miąższość tego horyzontu, często przekraczającą 100 metrów i szerokie rozprzestrzenienie, można traktować go jako regionalny ekran dla skał zbiornikowych horyzontu B3. Jednak lokalnie może on być otwarty dla migracji pionowej przez strefy spekań.

Analiza własności zbiornikowych skał kompleksu kambryjskiego

Dla najbardziej perspektywicznych horyzontów kambryjskich wykonano mapy miąższości (ryc. 1, 3) i porowatości (ryc. 4, 5). Wzrost miąższości horyzontu B3 występuje na NW przedłużeniu wyniesienia łukowsko-wisznickiego i jest wyrazem kontynuacji tego elementu w rejonie Siedlec-Sokołowa Podlaskiego-Łochowa. Pierwotne największe miąższości tego horyzontu występowały zapewne w środkowej części zrębu łukowskiego. Potwierdzały to wynik otworu Radzyń IG-1, w którym miąższość piaskowców wynosi 172 m.



Ryc. 3. Mapa miąższości osadów kambru środkowego

W ogólnym ujęciu dla obu horyzontów zbiornikowych wzrost porowatości wyraźnie zaznacza się w kierunku regionalnego wzniosu warstw kambryjskich. Dokładniejsza analiza poziomego rozkładu cech zbiornikowych ujawnia, że bloki, które w historii geologicznej miały tendencję do wznoszenia się mają większe porowatości, a zapadające się mniejsze.

W profilach pionowych rozkładu cech zbiornikowych piaskowców kambryjskich w wielu otworach (Kałuszyn-1, Gródek-1, Urle-1, Łochów IG-1 i 2) porowatość zwiększa się ku spągowi, co jest zgodne z wcześniej zauważoną prawidłowością (Łącka & Stolarczyk, 1983). Jednak nie

zawsze w ślad za wzrostem porowatości zwiększa się przepuszczalność.

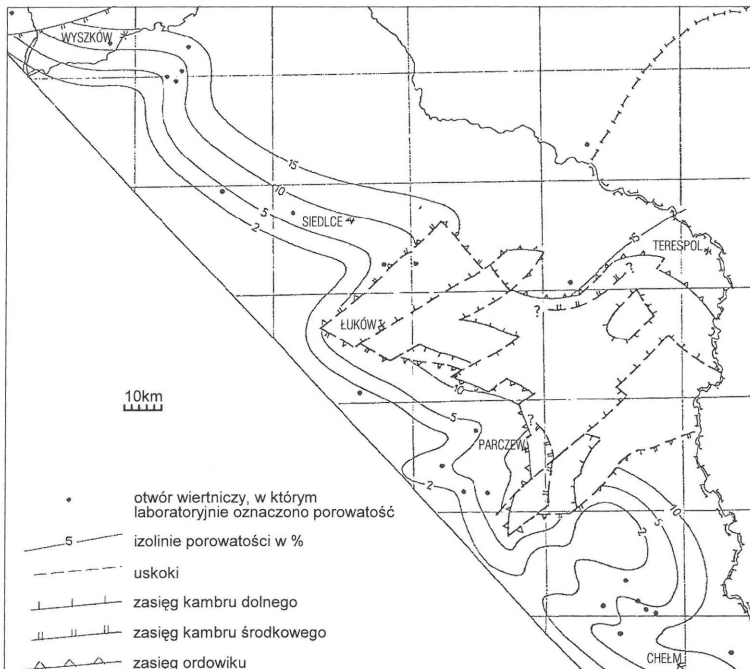
W tabeli 1 i 2 zestawiono dane określające własności zbiornikowe horyzontów perspektywicznych z wielkościami przyływów płynów złożowych uzyskanych podczas opróbowania. W strefach płytszych i brzeżnych partiach zbiornika piaskowce kambryjskie są poziomami zbiornikowymi typu porowego. W tych obszarach wielkości przyływów mediów złożowych są duże. W głębszych strefach perspektywiczne horyzonty kambryjskie stają się skałami porowo-szczelinowymi na co wskazują znaczne przykławy płynów złożowych przy stosunkowo małej porowatości. W obszarach gdzie procesy diagenetyczne są bardzo zaawansowane piaskowce kambryjskie mogą być szczelinowe. Wpływ szczelinowatości na wielkości przyływów bywa niekiedy dość wyraźny np. w otworach Tarkawica 1 i 3 z pozbawionych cech zbiornikowych piaskowców kambru środkowego otrzymano duże przykławy zgazowanej gazy palnym solanki.

Dla piaskowców kambru środkowego wykonano szkic przybliżonych wielkości przyływów płynów złożowych. Ze szkicu tego wynika jednoznacznie, że największe przykławy płynów złożowych występują w środkowej części obniżenia podlaskiego na NW przedłużeniu wyniesienia łukowsko-wisznickiego. Manifestuje się w ten sposób wyraźna zbieżność rozwoju korzystnych cech zbiornikowych kambru ze strefami wyniesień. Jest to niezmiernie ważny i korzystny wskaźnik do oceny perspektywiczności występowania węglowodorów w tym obszarze.

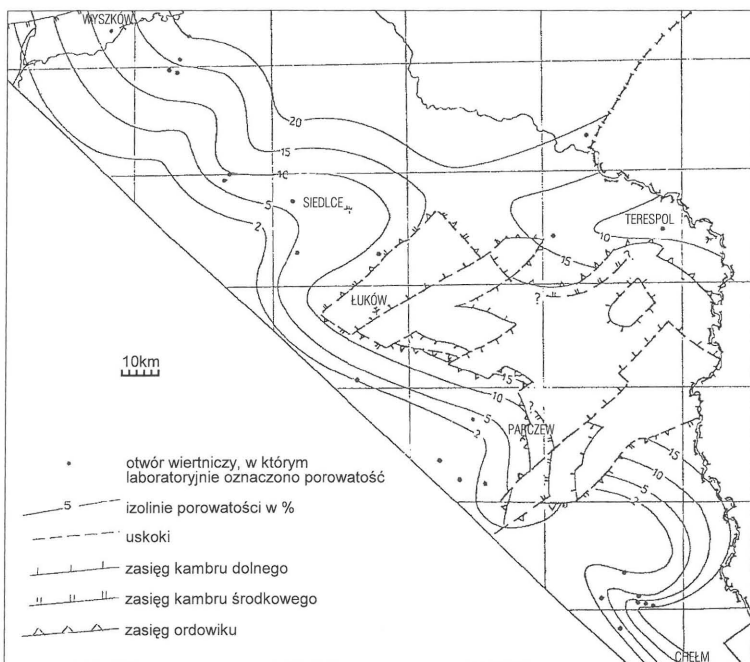
Geologiczne warunki akumulacji węglowodorów

Badania geochemiczne i geotermiczne prowadzone w Instytucie Geologicznym także w Górnictwie Naftowym wskazują, że w kompleksie staropaleozoicznym występują poziomy, które spełniają warunki do określenia ich jako skały macierzyste dla generowania węglowodorów. Zdaniem Wilczka (1985) należą do nich w szczególności iłowce górnych ogniw karadoku i landoweru. Według Merty (1992) wyniki pirolizy próbek pobranych z otworu Kałuszyn-1 nie dają podstawy do wydzielenia skał macierzystych w kambrze. Podobnie nie stwierdzono występowania skał macierzystych w profilu kambru z otworu Tarkawica-2. Natomiast spągowe partie syluru w Kałuszynie-1 stanowią główny pakiet skał macierzystych. We wszystkich badanych próbkach z syluru rejestrowano obecność kerogenu typu spropelowego o wartościach wskaźnika wodorowego HI w granicach 200–372 mg HC/g TOC, co skłania do wniosku, że te utwory mogą generować w większym stopniu gaz niż ropę. Badania próbek pobranych z otw. Tarkawica-2 wskazują, że dobrymi skałami macierzystymi są tu ciemne iłowce występujące w spągu syluru i czarne margle ze stropowych partii ordowiku (TOC-5,8 do 6,4%).

Analiza rozwoju pokrywy osadowej na omawianym obszarze wskazuje, że osady z dolnego paleozoiku osiągnęły temperatury potrzebne do uruchomienia głównej fazy generowania węglowodorów już pod koniec dewonu i proces ten



Ryc. 4. Szkic rozkładu porowatości horyzontu B3 w kambrze dolnym



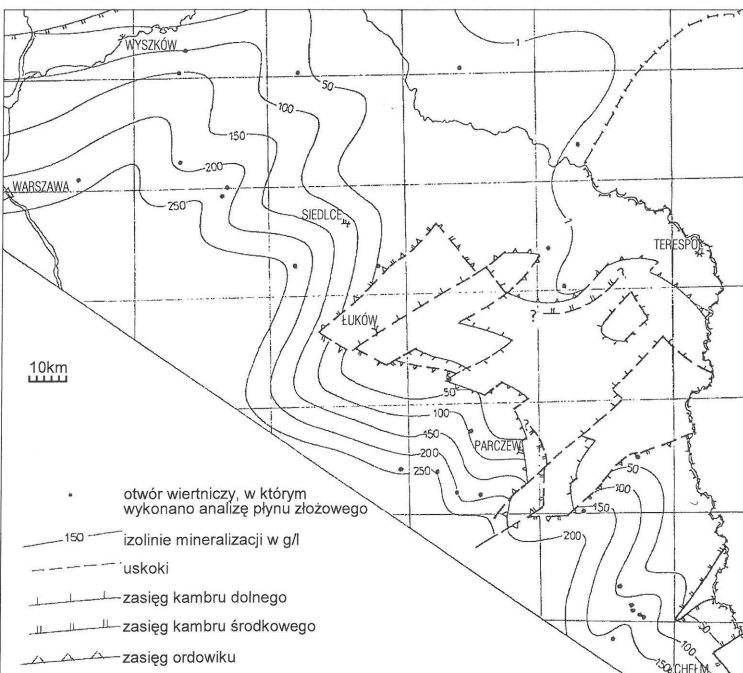
Ryc. 5. Mapa porowatości kambru środkowego

Tab. 1. Zestawienie właściwości zbiornikowych horyzontu D i wielkości przepływów płynów złożowych

Nazwa otworu	Śr. porowatość efektywna w %	Przepuszczalność w mdcy	Przyptyw płynu złożowego w m ³ /h
Bachus 1	1,93	śr. 0,01	śladowy przyptyw solanki
Biała Podlaska 2	14,08	56,3–348,3	2,6
Busówno IG-1	2,50	poniżej 0,75	brak przyptywu
Chylin 2	3,10	średnia 0,5	1,0
Gródek 1	4,5	pon. 0,1–38,6	5,0
Kałużyn 1	5,99	pon. 0,1–54,8	8,0
Kałużyn 2	10,30	pon. 0,1–123	5,7
Krowie Bagno IG-1	1,44	śr. pon. 1	22,0
Łochów IG-1	21,4	brak danych	4,2
Łochów IG-2	9,25	brak danych	3,5
Niwa 1	13,90	śr. 310	1,56
Parczew IG-10	4,72	śr. 6,64	2,5
Polaki 1	6,8	nie wykonano	31,2
Rówce 1	10,9	1,79–339,6	28,0
Siedliska IG-1	2,09	śr. 1	brak prób
Święcica 1	2,86	śr. 2,71	1,2
Tarkawica 1	1,35	śr. pon. 0,1	7,08
Tarkawica 3	0,78	pon. 0,1	7,0
Wierzbica 1	3,68	pon. 0,75–195	ok. 0,14
Wierzbica 2	9,25	pon. 0,1–300	5,2
Żebrak IG-1	5,38	brak danych	2,5

Tab. 2. Zestawienie właściwości zbiornikowych horyzontu B3 i wielkości przepływów płynów złożowych

Nazwa otworu	Śr. porowatość efektywna w %	Przepuszczalność w mdcy	Przyptyw płynu złożowego w m ³ /h
Bachus 1	2,37	śr. 0,03	9,4
Gródek 1	7,11	pon. 0,1	3,5
Kałużyn 1	3,7	0,1–289,6	0,18
Niwa 1	6,46	śr. 0,28	2,6
Święcica 1	5,51	śr. 0,27	2,0
Tarkawica 1	4,16	pon. 0,01	3,6

**Ryc. 6. Mapa mineralizacji kambru środkowego**

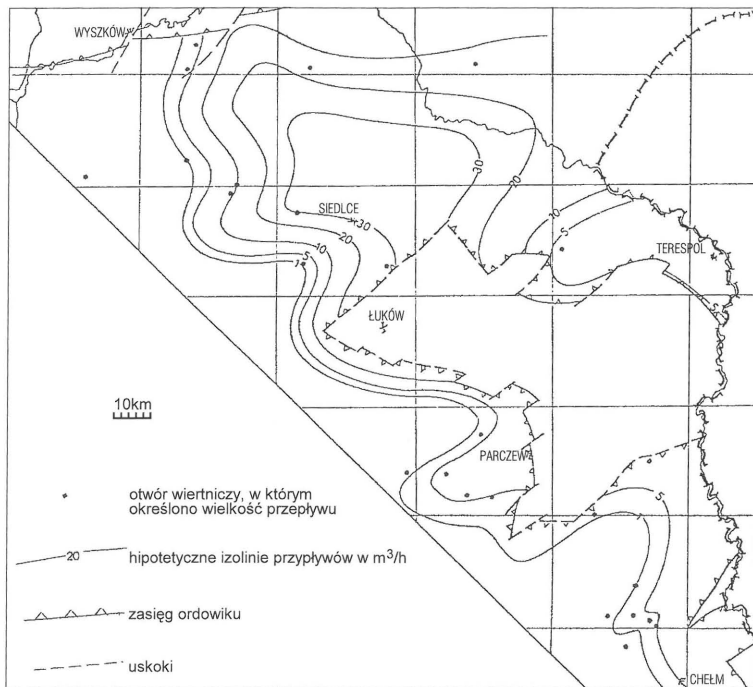
trwał zapewne w całym waryscyjskim cyklu tektonicznym. Współczesne temperatury mierzone w stropie ordowiku mieszczą się w granicach 120–50°C (Jaworski, 1985). Są one przede wszystkim odbiciem głębokości i morfologii stropu skał podłoża krystalicznego platformy.

Wyróżnione zasadnicze dwa perspektywiczne horyzonty (poziom B3 i D) posiadają regionalne rozpręstrzenie na platformie, w miarę korzystne cechy zbiornikowe oraz uszczelnienie nieprzepuszczalnymi seriami skał ilastych lub ilasto-węglanowych (ryc. 2).

Ze szczegółowego badania rozwoju litologicznych profili kambru wynika, że w strefach lokalnych platformowych wyniesień spiaszczenie osadów — wyrażające się zwiększeniem grubości ziarna skalnego, a także zwiększaniem grubości poziomów piaszczystych — jest wyraźnie większe. W ślad za tym w strefach tych piaskowce mają relatywnie korzystniejsze cechy zbiornikowe. W strefach obniżonych zailenie osadów wyraźnie wzrasta, ze wzrostem zailenia jak się wydaje genetycznie związane jest nasilenie sylikfikacji piaskowców ograniczających istotnie cechy zbiornikowe skał. Mając na uwadze te spostrzeżenia za najbardziej interesujące z punktu widzenia poszukiwań węglowodorów ocenia się piaskowce w strefach rozwijających się w czasie sedymentacji lokalnych wyniesień. Analiza litologiczno-miąższościowa osadów kambru i młodszych pozwala wnioskować o istnieniu takiej strefy w środkowej części obniżenia podlaskiego stanowiącej przedłużenie NW podniesienia łukowsko-wisnickiego. Ma to bardzo korzystne znaczenie dla formowania ewentualnych złóż węglowodorów. Świadczy bowiem o rozwoju pułapek złożowych przed główną fazą generowania węglowodorów.

Ograniczeniem optymalnych stref węglowodorów są w kambrze platformowym mało korzystne cechy zbiornikowe w brzeżnej południowo-zachodniej części platformy prekambryjskiej (ryc. 4 i 5) i istotnie pogarszające się warunki uszczelniające kolektorów kambryjskich w obszarach położonych bardziej na północnym-wschodzie, gdzie następuje znaczna redukcja grubości skał uszczelniających i mniejsza głębokość występowania kambru. O gorszych warunkach izolacji skał zbiornikowych świadczy wyraźny spadek w tej strefie mineralizacji wód złożowych (ryc. 6). Zdaniem autorów optymalne warunki dla nagromadzenia węglowodorów w kambrze występują w strefie ograniczonej od zachodu porowatością wielkości 5% i od wschodu mineralizacją wód złożowych o suchej pozostałości rzędu 50 g/l (ryc. 8). Granice stref perspektywicznych w kambrze zostały więc wyznaczone głównie w oparciu o mapy porowatości wyróżnionych perspektywicznych horyzontów (D i B3) oraz mapę rozkładu mineralizacji wód złożowych. Ponadto przy określaniu stref perspektywicznych wzięto pod uwagę także obecność serii przykrywających, rozwój tektoniczny pokrywy osadowej a także przesłanki geochemiczne.

Regionalne wznoszenie się warstw w tym samym kierunku, w którym następuje wzrost ilości piaskowców i zanik wkładek ilastych powoduje, że istnienie pułapek litologicznych jest wątpliwe. Występowanie węglowodorów w istniejących warunkach budowy geologicznej wiązać należy głównie z pułapkami typu strukturalnego znalezionych w obrębie przedstawionej strefy perspektywicznej.



Ryc. 7. Szkic przybliżonych wielkości przyływów płynów złożowych z kambru środkowego

regionalnym formacji geologicznej istnienie pułapki strukturalnej jest mniej prawdopodobne. Wyniki badania podniesienia Kałuszyn zdają się potwierdzać ten pogląd. Korzystniej przedstawia się obszar położony na południowy-wschód od Kałuszyna w rejonie Polaków i Żebraka, gdzie osady staropaleozoiczne zapadają w kierunku SW pod znacznie łagodniejszymi kątami.

L i t e r a t u r a

Dokumentacje wynikowe otworów przemysłu naftowego 1959–1996 — Arch. Geonafta, Warszawa. JAWOROWSKI K. 1982 — Prz. Geol., 30: 220–223. JAWORSKI K. 1985 — Mapa temperatur w stropie osadów ordowiku. Arch. Geonafta, Warszawa. LENDZION K. 1972 — Biul. Inst. Geol., 233: 81. LENDZION K. 1983 — Pr. Inst. Geol., 105: 10–22. ŁABĘCKI J. 1992 — Diagenaza i własności zbiornikowe utworów kambru na Niżu Polskim. Arch. Geonafta, Warszawa: 15–19.

ŁAĆKA M. & STOLARCZYK F. J. 1983 — Nafta, 12: 381–386.

MERTA H. 1992 — Ocena skał macierzystych przeprowadzona w oparciu o badania pirolityczne. Rock-Eval dla otworów naftowych. Arch. Geonafta, Warszawa.

Profile głębokich otworów IG 1974–1989 — Wyd. Geol.

SIKORSKA M. 1988 — Pr. Państw. Inst. Geol., 126: 23–38.

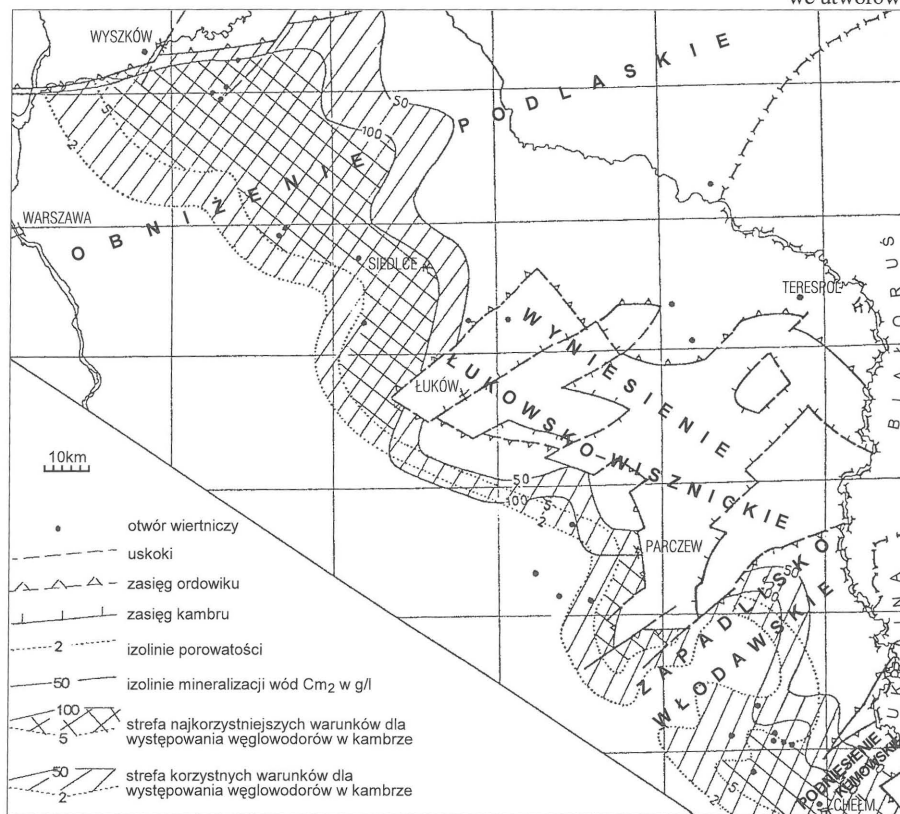
STOLARCZYK F. 1990 — Ocena warunków geologicznych dla występowania węglowodorów w kambrze zach. obrzeżenia wyniesienia mazursko-suwalskiego. Arch. Geonafta, Warszawa: 9–15.

STOLARCZYK F., JAMROZIK J. & ŁABĘCKI J. 1995 — Analiza geologiczno-geofizyczna i ocena perspektywiczności kambru i dewonu w obniżeniu Włodawy. Ibidem: 29–113.

STOLARCZYK F. & JAMROZIK J. 1996 — Analiza geologiczno-geofizyczna i ocena perspektywiczności paleozoicznego kompleksu osadowego strefy Parczew–Kałuszyn. Ibidem: 58–88.

WEIL W. 1990 — Zebranie i analiza materiałów geologiczno-geofizycznych z pogranicza obniżenia podlaskiego i synklinorium warszawskiego i ich korelacja z wynikami badań sejsmicznych dla rozpoznania pułapek złożowych ropy naftowej i gazu ziemnego w utworach kambru. Arch. PBG, Warszawa.

WILCZEK T. 1985 — Mapa stopnia katagenezy SO w stropie osadów ordowiku. Arch. Geonafta, Warszawa.



Ryc. 8. Perspektywiczne strefy występowania węglowodorów w kambrze

Jednak badania sejsmiczne wykonane ostatnio w tej perspektywicznej strefie charakteryzowały się niską jakością i dotyczyły w zasadzie obszaru północnego skrzydła obniżenia podlaskiego, w którym utwory staropaleozoiczne podnoszą się wyraźnie pod większym kątem w kierunku wyniesienia mazursko-suwalskiego. Przy takim układzie

wskiego i ich korelacja z wynikami badań sejsmicznych dla rozpoznania pułapek złożowych ropy naftowej i gazu ziemnego w utworach kambru. Arch. PBG, Warszawa.

WILCZEK T. 1985 — Mapa stopnia katagenezy SO w stropie osadów ordowiku. Arch. Geonafta, Warszawa.