

Wskaźniki ropo- i gazonośności w wodach środkowokambryjskich poziomów zbiornikowych syneklizy bałtyckiej

Jurij Andriuszczenko*, Zdzisław Modliński**, Ingrida Puriene***, Andrzej Sokołowski**

Analiza mapy hydrochemicznej kambru środkowego syneklizy bałtyckiej wykazała, że na obszarze Polski, na zachód od okolic Bartoszyce, na większości obszaru Obwodu Kaliningradzkiego Rosji, w skrajnie zachodniej części Litwy oraz na przyległym akwenu Bałtyku występują wody o mineralizacji 150–200 g/dm³ i wyższej. Charakteryzują się one wysoką stabilnością składu chemicznego, wartością rNa : rCl poniżej 0,5 i wartością wskaźnika genetycznego Cl : Br — 100. Wszystkie te wskaźniki świadczą o bardzo korzystnych warunkach dla zachowania się złóż węglowodorów.

Słowa kluczowe: synekliza bałtycka, kambr, hydrochemia, ropo- i gazonośność

Jurij Andruszczenko, Zdzisław Modliński, Ingrida Puriene & Andrzej Sokołowski — **Oil and Gas Indicators in the Middle Cambrian Waters of the Baltic Syneclise.** Prz. Geol., 47: 737–739.

S u m m a r y. Analysis of the hydrochemical map of the Middle Cambrian of the Baltic Syneclise has revealed that in the area of Poland west of Bartoszyce, in the majority of the Kaliningrad area of Russia and in the westernmost part of Lithuania as well as in the adjacent Baltic Sea areas waters occur which show mineralisation of 150–200 g/dm³ and higher. They show high stability of chemical composition (the rNa : rCl below 0,5) (the generic index Cl : Br —100). All these indicators suggest favourable conditions for preservation of hydrocarbon deposits.

Key words: Baltic Syneclise, Cambrian, hydrochemistry, oil and gas content

W ramach prowadzonej w latach 1995–1998 międzynarodowej współpracy geologicznej zrealizowano temat *Porównawcze prace geologiczno-geochemiczne w celu opracowania kompleksu staropaleozoicznego w polskiej, litewskiej, łotewskiej i rosyjskiej części syneklizy perybałtyckiej* — sfinansowany ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej. Opracowanie tego tematu obejmowało wiele zagadnień z zakresu geologii regionalnej i geologii naftowej, w tym przedstawioną tu zmienność hydrochemiczną poziomów kambryjskich.

Przedstawioną na mapie (ryc. 1) zmienność hydrochemiczną poziomów wodonośnych kambru Litwy i Łotwy opracowali geolodzy z wymienionych krajów. Uwzględnili oni również obszar Obwodu Kaliningradzkiego Rosji na podstawie danych udostępnionych przez „Lukoil–Kaliningradmorneft” z Kaliningradu. W polskiej części syneklizy bałtyckiej do konstrukcji mapy wykorzystano wyniki badań uzyskanych z opróbowania głębokich wierceń badawczych Państwowego Instytutu Geologicznego, oraz wierceń poszukiwawczych Polskiego Górnictwa Naftowego i PP „Petrobaltic”. Sposób opróbowania głębokich poziomów wodonośnych w otworach miał istotny wpływ na jakość pobranych próbek. W wielu przypadkach były one skażone płuczką wiertniczą i po selekcji analiz chemicznych nie uwzględniono ich w opracowaniu.

Na mapie hydrochemicznej kambru środkowego (ryc. 1) wydzielono obszary występowania solanek poddawanych w różnym zakresie procesom przeobrażenia w czasie geologicznym. Na podstawie stopnia przeobrażenia składu chemicznego wód, obliczonych wskaźników hydrochemicznych oraz wielkości stężenia solanek określono gene-

tyczne typy wód. Należy tu podkreślić, iż wskaźniki hydrochemiczne są jednym z bardziej przydatnych kryteriów przy ocenie warunków zachowania się węglowodorów, szczególnie w obrębie basenów platformowych. W publikacji przyjęto klasyfikację Bojarskiego (1976) opartą o podstawowe tezy podziału wód Sulina (1946). Podstawą klasyfikacji jest uwzględnienie stopnia zaawansowania procesu wymiany jonowej solanek typu chlorkowo-wapniowego wyrażonego stosunkiem rNa : rCl, Cl : Br, rSO₄·100/rCl. W warunkach odizolowania poziomów zbiornikowych od strefy wymiany wód następuje spadek wartości stosunku rNa : rCl < 0,75, Cl : Br < 300 i r SO₄ · 100/rCl < 1.

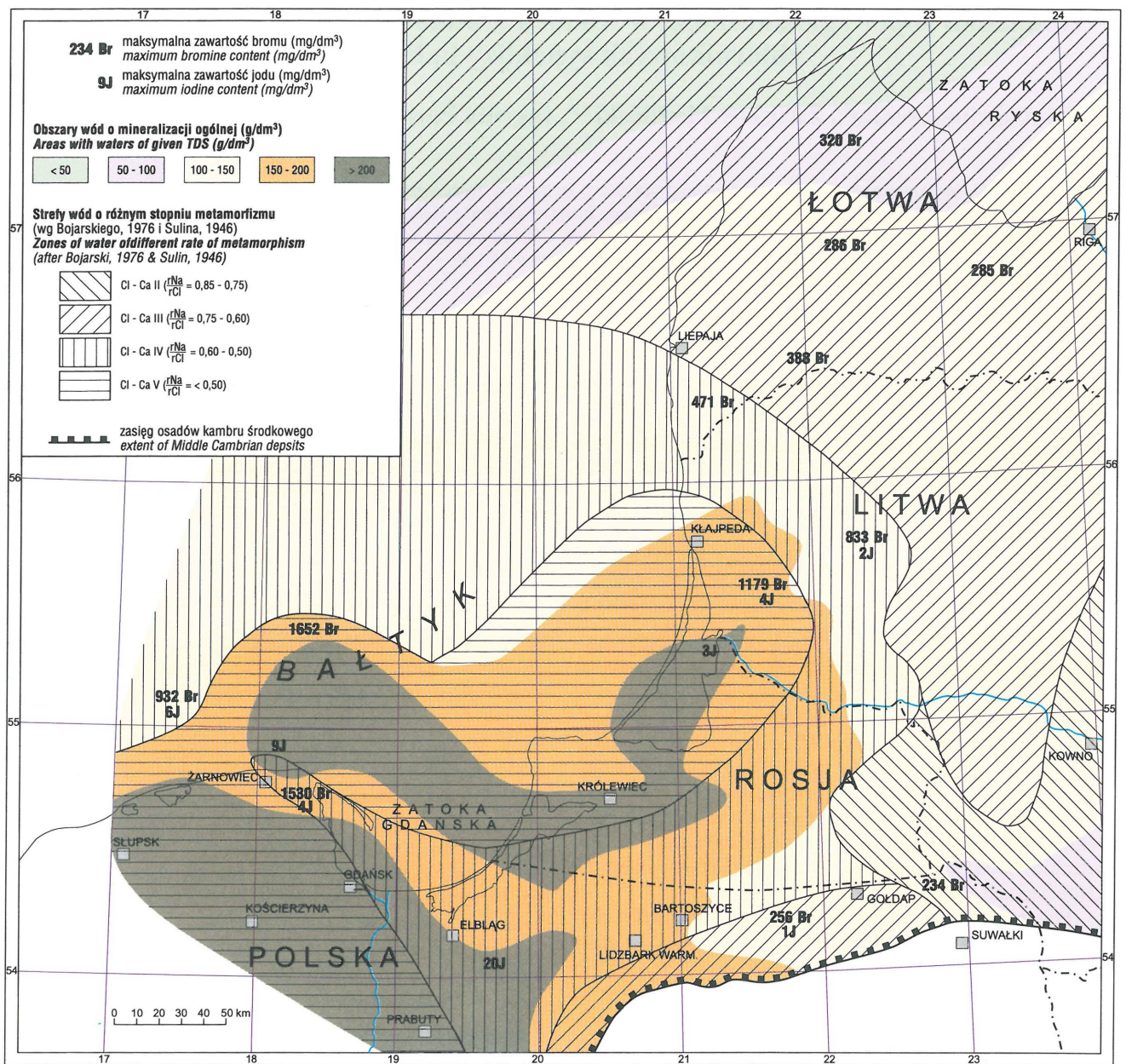
Wzrost zawartości w wodzie jonu Ca²⁺, przy jednoczesnym spadku zawartości jonu Na⁺, świadczy o istnieniu ukierunkowanego procesu przemian chemicznych i odizolowaniu poziomów. Najkorzystniejsze warunki dla zachowania się złóż węglowodorów występują w odizolowanej części basenu wypełnionego solankami o charakterze wód reliktowych chlorkowo-wapniowymi przy stosunku rNa : rCl ≤ 0,60 i Cl : Br ≤ 100.

Podstawowym poziomem zbiornikowym syneklizy bałtyckiej są piaskowce kambru środkowego, z którymi jest związana większość stwierdzonych tu złóż ropy i gazu. Charakteryzują się one na ogół dość korzystnymi właściwościami zbiornikowymi. Zmienność porowatości efektywnej tych piaskowców ogólnie biorąc polega na wyższych wartościach na wschodzie w słabiej pograżonych częściach syneklizy i mniejszych na zachodzie, gdzie utwory kambryjskie są silnie pograżone. Na Łotwie, we wschodniej Litwie oraz w Polsce na skłonie wyniesienia mazursko-suwalskiego, w strefie od Gołdapi po Lidzbark Warmiński, porowatość piaskowców wynosi od około 15 do ponad 20 % (Łaszkowa, 1987; Domżański i in., 1998). Dobrymi właściwościami zbiornikowymi odznaczają się też piaskowce środkowokambryjskie występujące na większości obszaru Obwodu Kaliningradzkiego oraz w obrębie Bałtyku w północnej części bloku tektonicznego C (Łeby), ich porowatość wynosi tam od 10 do 15%. Słabe właściwości zbiornikowe (porowatość efek-

** Państwowa Geologiczna Służba Łotwy, ul. Eksporta 5, LV-1010 Riga

** Państwowy Instytut Geologiczny, ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa

*** Litewski Instytut Geologiczny, ul. Ševčenkos 13, 2600 Vilnius



Ryc. 1. Mapa hydrochemiczna kambru środkowego

Fig. 1. Hydrochemical map of the Middle Cambrian

tywna od 1 do 5 %) mają te utwory w pograżonej zachodniej części syneklizy w rejonie Zatoki Gdańskiej jak i w strefie Prabuty–Kościerzyna–Słupsk (Sikorska, 1998).

Kambryjskie poziomy zbiornikowe w lądowej i morskiej części syneklizy bałtyckiej są na ogół dobrze izolowane. W zachodniej części omawianego obszaru izolacja ta jest bardzo dobra. Warstwami uszczelniającymi są tu ilasto-mułowcowe pakiety w przystropowej części kambru środkowego, ilasty kompleks kambru górnego, następnie ilaste poziomy ordowiku i wreszcie gruba, przekraczająca miejscami 3000 m seria ilasto-mułowcowych osadów syluru. W części wschodniej brak jest wprawdzie uszczelniających pakietów w obrębie kambru środkowego, jak też osadów kambru górnego, jednak izolację tworzą tu poziomy ilasto-margliste ordowiku, a głównie seria osadów syluru. Ku wschodowi osady ilasto-mułowcowe syluru stopniowo przechodzą tu w osady ilasto-wapienne w obrębie których pojawiają się utwory rafowe (Lapinskas, 1998)

będące dobrymi skałami zbiornikowymi. Ogólnie biorąc skały syluru i w tym obszarze dobrze uszczelniają piaskowce kambru środkowego, a ich miąższość jest zazwyczaj znaczna, jedynie w środkowej części Łotwy spada poniżej 200 m. Ku południowi na skłonie wyniesienia mazursko-suwalskiego uszczelniająca seria syluru ulega stopniowej redukcji a następnie całkowitemu wyklinowaniu.

Zmienność mineralizacji i składu chemicznego wód

W rejonie na północ od Suwałk oraz w południowo zachodniej części Litwy, przy granicy z Polską, utwory kambru leżą na głębokości około 1000 m. Występują w nich solanki o mineralizacji niższej niż 100 g/dm^3 . Charakteryzują się one dość słabym stopniem metamorfizmu ($r_{\text{Na}} : r_{\text{Cl}}$ powyżej 0,75) i małą zawartością bromu 234 mg/dm^3 . Izolująca piaskowce kambru seria ilastych skał syluru ulega tu

bardzo silnej redukcji. W nieco głębszej części basenu kambryjskiego w rejonie Gołdapi utwory kambru są pogrążone na głębokość około 1500 m, a miąższość nieprzepuszczalnych skał syluru i ordowiku wynosi około 350 m. Mineralizacja wód w utworach kambryjskich wzrasta do 120 g/dm^3 . Dalej ku zachodowi, w rejonie Bartoszczyka kambr występuje o około 400 m głębiej, a mineralizacja wzrasta do 172 g/dm^3 , przy wyraźnym podwyższeniu stopnia metamorfizmu wód do wartości $rNa : rCl = 0,68$. W kierunku zachodnim w rejonie Elbląga, w miarę dalszego pogłębiania się basenu do głębokości około 2500–3000 m, następuje wzrost miąższości serii izolującej do około 1000 m oraz wzrost mineralizacji solanek do około 200 g/dm^3 i spadek wartości $rNa : rCl$ do 0,58. Największą mineralizację solanek 238 g/dm^3 , przy bardzo wysokim ich stopniu metamorfizmu ($rNa : rCl = 0,49$) stwierdzono w rejonie Prabutu. Następnie utwory kambru zapadają do głębokości około 4500 m w okolicach Kościerzyny, przy wzniesieniu miąższości syluru do ponad 2000 m. W tak odizolowanej części syneklizy perybałtyckiej stwierdzono nieprzemysłowe, ale wyraźne przyływy ropy naftowej i wysokometanowego gazu ziemnego. Na północy obszaru lądowego, w okolicach Żarnowca, utwory kambru występują już płycej bo na głębokości 2600–2800 m. Mimo bardzo słabych właściwości zbiornikowych skał kambryjskich napotkano tu kilka małych złóż ropy naftowej i gazu ziemnego (Bojarski, 1996). Solanki towarzyszące ropie naftowej charakteryzują się mineralizacją około 200 g/dm^3 , wysokim stopniem metamorfizmu przy $rNa : rCl$ wynoszącym 0,54–0,47 oraz zawartością bromu około 1500 mg/dm^3 i jodu 9 mg/dm^3 . W części morskiej syneklizy następuje dalsze stopniowe wypiętrzenie utworów kambru do głębokości około 1200–1500 m w północnej części polskiego sektora Bałtyku i ok. 600 m w sektorze łotewskim, przy jednoczesnej silnej redukcji izolujących utworów syluru.

Jeszcze dalej ku północy mineralizacja solanek zmniejsza się stopniowo i w skrajnie północnej części Łotwy i w przyległym akwenie Bałtyku nie przekracza wartości 50 g/dm^3 . Zawartość jonu Br^- wynosi tu średnio ok. 300 mg/dm^3 . Pomimo wyraźnego zmniejszenia się mineralizacji solanek ich skład chemiczny jest stabilny. Solanki te są w wysokim stopniu zmetamorfizowane. Wartość wskaźnika hydrochemicznego $rNa : rCl$ w północnej części Łotwy i na przyległych obszarach morskich jest zawarta w granicach 0,60–0,75, zmniejszając się stopniowo ku południowemu zachodowi, poprzez Litwę — osiągając przy granicy litewsko-rosyjskiej wartość niższą niż 0,50.

W strefie morskiej polskiego i rosyjskiego sektora Bałtyku, jak również na obszarach lądowych Obwodu Kaliningradzkiego w rejonach występowania w utworach kambru środkowego zmetamorfizowanych solanek o mineralizacji przekraczającej 150 g/dm^3 występuje kilkanaście wartościowych złóż ropy naftowej. Złoża ropy tego typu stwierdzono również w zachodniej Litwie w rejonie Kłajpedy, gdzie solanki odznaczają się nieco mniejszą mineralizacją.

Solanki kambryjskie są wzbogacone w składniki biofilne jod a zwłaszcza brom, których podwyższoną zawartość obserwuje się w wodach towarzyszących złożom ropy naftowej i gazu ziemnego. Maksymalna zawartość jonu Br^- stwierdzono w otworach wiertniczych, usytuowanych w rejonie Zatoki Gdańskiej, wynosi ona tam w badanych

solankach około $1500\text{--}1650 \text{ mg/dm}^3$. Maksymalna zawartość jodu natomiast została stwierdzona w solankach z otworów wiertniczych, wykonanych w okolicach Elbląga, osiągając około 20 mg/dm^3 .

Wnioski

Analiza mapy hydrochemicznej kambru środkowego (ryc. 1) pozwala na sformułowanie następujących wniosków:

1. W syneklizie bałtyckiej na obszarze Polski na zachód od rejonu Bartoszczyka, na większości obszaru Obwodu Kaliningradzkiego Rosji, w skrajnie zachodniej Litwie, oraz przyległym akwenie Bałtyku w utworach kambru występują wody o mineralizacji $150\text{--}200 \text{ g/dm}^3$ i wyższej. Wysoką stabilność wykazuje ich skład chemiczny, przy czym wartość $rNa : rCl$ wynosi poniżej 0,50, natomiast wartość wskaźnika genetycznego $\text{Cl} : \text{Br} = 100$. Wszystkie te wskaźniki świadczą o bardzo dobrych warunkach dla zachowania złóż ropy i gazu ziemnego. Potwierdzeniem tego jest obecność w powyższych strefach hydrochemicznych licznych złóż węglowodorów o różnej wartości ekonomicznej. Ich rozmieszczenie jest uzależnione w dużej mierze od właściwości zbiornikowych skał, które pogarszają się w miarę pogrążenia, a przy głębokości ok. 2500 m (Sikorska, 1998) gwałtownie maleją.

2. W morskiej strefie syneklizy bałtyckiej korzystnym zjawiskiem jest utrzymanie się wysokiego stopnia metamorfizmu wód, towarzyszących złożom ropy naftowej, bez względu na głębokość występowania poziomu perspektywicznego piaskowców kambru środkowego.

3. Ku północy i wschodowi omawianego obszaru syneklizy bałtyckiej (Łotwa, wschodnia Litwa) stopień przeobrażenia solanek zmniejsza się, co jest związane z płytszym położeniem utworów kambru. Występujące tu solanki charakteryzują się niższą mineralizacją wynoszącą $150 < 50 \text{ g/dm}^3$ i większą wartością wskaźnika $rNa : rCl$ wynoszącą $> 0,60$.

Autorzy pragną serdecznie podziękować dr Leszkowi Bojarskiemu i dr Anatolijowi Khubldikowowi za udostępnienie materiałów i krytyczne uwagi do niniejszej pracy, oraz Tadeuszowi Grudniowi za komputerowe opracowanie zamieszczonej ilustracji.

Literatura

- BOJARSKI L. 1976 — Solanki paleozoiku i mezozoiku w syneklizie perybałtyckiej. Pr. Inst. Geol., 88.
- BOJARSKI L. 1996 — Atlas hydrochemiczny i hydrodynamiczny paleozoiku i mezozoiku oraz ascenzyjnego zasolenia wód podziemnych na Niżu Polskim. Państw. Inst. Geol.
- DOMŻAŁSKI J., MODLIŃSKI Z. & POKORSKI. 1998 — The development of Cambrian and Ordovician lithofacies and reservoirs in Polish Part of the Baltic Region. Proceedings of the International Conference — Perspectives of petroleum exploration in the Baltic Region, Vilnius, Lithuania: 20–23.
- LAPINSKAS P. 1998 — Petroleum potential of Silurian non-structural traps in Lithuania. Proceedings of the International Conference — Perspectives of petroleum exploration on the Baltic Region, Vilnius, Lithuania: 30–35.
- ŁASZKOWA L.N. 1987 — Charakteristika njeftjenosnych i njeftjeperspektiwnych gorizontow-kjembrijskaja sistjema. Njeftjanyje mjestorodzenija Pribałtiki. „MOKSŁAS”. Wilnius.
- SIKORSKA M. 1998 — Rola diagenety w kształtowaniu przestrzeni porowej piaskowców kambru z polskiej części platformy wschodnioeuropejskiej. Pr. Państw. Inst. Geol., 164.
- SULIN W.A. 1946 — Wody njeftjannyh mjestorodzenij w sistjemje prirodnich wod. Gostoptechizdat. Moskwa–Leningrad.