

Wpływ ascenzji lateralnej na zasolenie wód kambru

Leszek Bojarski*, Andrzej Sokołowski*

W obrębie obniżenia podlaskiego, położonego na skłonie platformy wschodnioeuropejskiej, stwierdzono jeden z największych na Niżu Polskim pionowy zasięg wód zwykłych związany z poziomami kambru (Dowgiałło i in., 1974). Basen kambryjski wód zwykłych jest udokumentowany wierceniami Państwowego Instytutu Geologicznego i Polskiego Górnictwa Naftowego i Gazownictwa. We wschodniej części obniżenia podlaskiego wody zwykłe sięgają aż do głęb. 1400 m, co po niecce łódzkiej jest drugim najgłębszym basenem artezyjskim na Niżu Polskim (Bojarski & Sokołowski, 1994).

Do tej pory, prawie wszystkie wysiłki były skierowane na ochronę poziomów wód zwykłych przed zanieczyszczeniami powierzchniowymi, natomiast prawie w ogóle nie interesowano się zagadnieniem możliwości zasolenia wód z ich podłoża. Problem ascenzyjnego zasolenia wód zwykłych, podjęty w ostatnich kilku latach przez autorów niniejszego artykułu, jest rozwiązany kompleksowo i obejmuje wszystkie poziomy zbiornikowe, wypełnione solankami i wodami zwykłymi od kambru aż do czwartorzędu.

Poziomy zbiornikowe kambru leżą bezpośrednio na podłożu krystalicznym, będącym dnem basenów paleozoiczno-mezozoicznych skłonu platformy wschodnioeuropejskiej. Basen kambryjski należy na razie do mało użytkowanych.

Postępujące zanieczyszczanie poziomów wodonośnych na terenie Polski, stawia specjalne wymagania dla regionalnych basenów artezyjskich, takich jak: niecka mazowiecka w oligocenie, niecka łódzka w kredzie, obniżenie podlaskie w starszym paleozoiku itp. Są to bardzo wartościowe baseny wód zwykłych, odizolowane od bezpośrednich wpływów wszelkiego rodzaju zanieczyszczeń powierzchniowych, również skażenia nuklearnego. W tym aspekcie niecki te spełniają rolę zasobnych zbiorników wód pitnych jako rezerwy, w przypadku skażenia płytszych poziomów wodonośnych i powinny być pod specjalną ochroną, jako podziemny zbiornik rezerwy dla całej wschodniej Polski.

Najbardziej niebezpieczne dla głębszych basenów artezyjskich jest zasolenie wód typu lateralnego, z centralnej do brzeżnej części niecek, mniej niebezpieczne, ale gwałtowniejsze zasolenie z podłoża typu wertykalnego oraz w strefie wyklinowywania się osadów typu lateralno-wertykalnego (Bojarski, 1993).

W basenie kambryjskim, odizolowanym mięszką serią skał nieprzepuszczalnych syluru, może zachodzić zjawisko ascenzji lateralnej, a w skrajnie jego brzeżnych częściach mogą być dodatkowo uruchomione pionowe drogi krążenia, co stwarza warunki dla ascenzji lateralno-wertykalnej. Ascenzję wertykalną należy tu wykluczyć.

W profilu stratygraficznym starszego paleozoiku, najlepsze warunki zbiornikowe mają utwory kambru środkowego. W płytszych częściach basenu, do głębokości nie przekraczającej 2000 m, są to piaskowce drobnoziarniste, o przepuszczalności od kilkunastu do kilkuset mdcy, które w miarę pograżania się osadów do głęb. 5200 m, przechodzą stopniowo w piaskowce kwarcytowe, całkowicie zdiagene-

zowane i pozbawione przepuszczalności pierwotnej (Macioszczyk, 1987). Utwory kambru najlepiej zbadano we wschodniej przyplatformowej części Niżu Polskiego, w syneklicie perybałtyckiej, obniżeniu podlaskim oraz wschodniej części obszaru lubelskiego. W niecce warszawskiej — ze względu na dużą głębokość występowania utworów kambru — na ogół poza zasięgiem wierceń, uzyskano zaledwie kilka słabych wyników.

Na większej części obszaru utwory kambru są wypełnione solankami o dość stabilnej mineralizacji, od 200–245 g/dm³ i tylko w brzeżnych częściach basenu następuje wyraźny jej spadek, w zależności od położenia ich w stosunku do obszaru alimentacyjnego. Na kontakcie z obszarami alimentacyjnymi — jakimi są wyniesienie mazursko-suwalskie i wyniesienie łukowsko-podlaskie — stwierdzono w obniżeniu podlaskim całkowite wysłodzenie wód, do mineralizacji od 0,12–1,0 g/dm³, a w WE części obszaru lubelskiego, częściowe wysłodzenie do 6 g/dm³. Jest to jedyny przykład przewagi wymiany wód infiltracyjnych nad ascenzją lateralną, z głębszych części basenu, która dominuje w pozostałych strefach omawianego obszaru.

Solanki, które wypełniają utwory kambru mają charakter wód reliktowych, o wysokim zaawansowaniu procesu przemian chemicznych, wyrażonych niskim stosunkiem Na : Cl < 50 i Cl : Br < 100, przy dużym ich nasyceniu gazem wysokometanowym (Collins, 1975). W obrębie syneklicy perybałtyckiej odkryto kilka złóż węglowodorów, w tym na obszarze lądowym — przez Państwowy Instytut Geologiczny — złożo ropy naftowej Żarnowiec–Dębki, eksploatowane od 1971 r. do tej pory oraz uzyskano nieprzemysłowe przyipywy ropy naftowej w Malborku i Kętrzynie (sylur), a także gazu ziemnego w Kościerzynie i Białogórze. Potwierdza to całkowite odizolowanie centralnych części basenów od strefy wymiany wód.

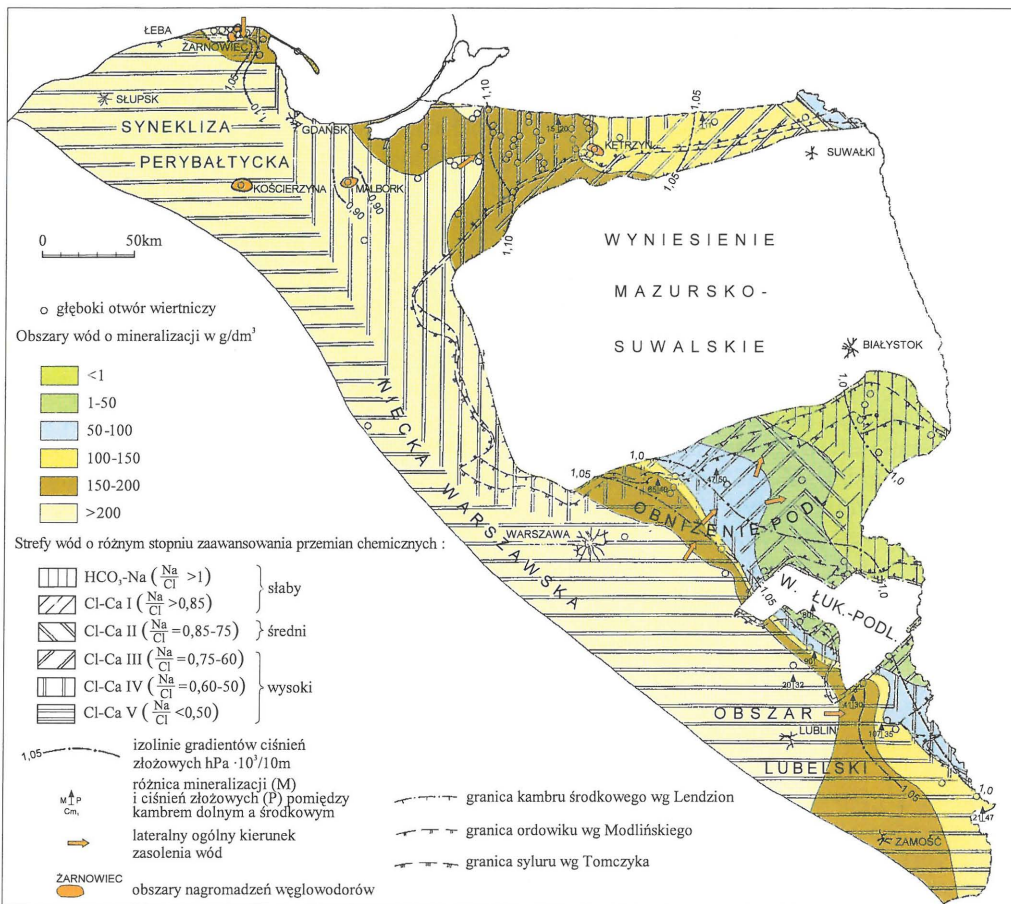
Utwory kambru leżą w obrębie niskich ciśnień złożowych od 0,90–1,15 x 10³ hPa/10 m, co świadczy o słabej dynamice, niekorzystnej dla przemieszczania się solanek.

Jak już wspomniano, poziomy zbiornikowe kambru są odizolowane mięszką serią łupków graptolitowych syluru, spełniających rolę skał uszczelniających — w sensie regionalnym. Powoduje to, że solanki kambru nie stwarzają zagrożenia dla wyższych poziomów wodonośnych ascenzją typu wertykalnego. Tak samo, w obrębie samych utworów kambru, zbyt mała różnica mineralizacji 20–50 g/dm³ i ciśnień złożonych od 20–50 x 10³ hPa, między kambrem dolnym a środkowym, uniemożliwia pionowe przemieszczanie się solanek. Jedyne — nieznaczne — zagrożenie ascenzją lateralno-wertykalną może nastąpić na granicy niecki warszawskiej i syneklicy perybałtyckiej z wyniesieniem mazursko-suwalskim, poza zasięgiem syluru.

Charakterystyka hydrochemiczna i hydrodynamiczna

Zmienność mineralizacji i składu chemicznego wód oraz gradientów ciśnień złożowych przedstawiono na mapie kambru (ryc. 1). Pionowymi strzałkami zaznaczono różnice wartości mineralizacji i ciśnień złożowych — między kambrem dolnym a środkowym — określające warunki dla

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



Ryc. 1. Mapa hydrochemiczna z uwzględnieniem elementów hydrodynamicznych kambru środkowego

istnienia ascencji wertykalnej. Obszary o najlepszych warunkach dla zjawiska ascencji lateralnej zaznaczono strzałkami poziomymi. Bardzo ważnym elementem mapy jest wydzielenie stref wyklinowywania się utworów kambru, ordowiku i syluru oraz wydzielenie wyniesień podłoża krystalicznego, spełniających rolę obszarów alimentacyjnych.

Basen lubelski

W centralnej części basenu występują solanki silnie stężone, o mineralizacji od 240–245 g/dm³ i bardzo zaawansowanym procesie przemian chemicznych, wyrażonych stosunkiem Na : Cl = 0,29–0,35 i Cl : Br < 100. Z pierwiastków biofilnych stwierdzono 1270 mg/dm³ bromu i 6 mg/dm³ jodu. Solanki są nasycone gazem palnym wysokometanowym z wysoką zawartością helu. Są to więc przeobrażone solanki reliktowe, całkowicie odizolowane od strefy wymiany wód.

W kierunku wyniesienia łukowsko-podlaskiego mineralizacja solanek stopniowo spada do wartości 100 g/dm³, przy stabilnym stosunku Na : Cl = 0,39–0,50 i utrzymującym się silnym nasyceniem wód gazem palnym, o maksymalnej zawartości metanu 98% obj.

Na skłonie wyniesienia łukowsko-podlaskiego, w miejscu wyklinowania się utworów starszego paleozoiku, ale poza zasięgiem serii uszczelniającej syluru, występują wody słabo zmineralizowane od 6–30 g/dm³, przy wyraźnym spadku ich stopnia metamorfizmu wyrażonym stosunkiem Na : Cl = 0,74 i małej zawartości bromu 32 mg/dm³.

W szczytowych partiach wyniesienia występowały prawdopodobnie wody zwykłe, które zostały stopniowo zasolone

w wyniku procesów ascencji lateralnej, z głębszej części basenu. Kierunek ten jest potwierdzony spadkiem gradientów ciśnień złożowych od 1,05–1,00 x 10³ hPa/10 m (ryc. 1). Zjawisko ascencji lateralnej może zachodzić tu bardzo wolno, tylko w skali czasu geologicznego.

Basen podlaski

Basen podlaski ma najwięcej cech basenu artezyjskiego, ponieważ z trzech stron jest otoczony wyniesieniami spełniającymi rolę jego brzegów (ryc. 1). Brzegi basenu podlaskiego stanowią: od południa wyniesienie zrębowe łukowsko-podlaskie, od północy wyniesienie mazursko-suwalskie, a od wschodu wyniesienie podłoża krystalicznego, znajdujące się poza granicami kraju. Ku zachodowi basen jest otwarty i przechodzi w nieckę warszawską wypełnioną silnie stężonymi solankami.

Dnem basenu są skały podłoża krystalicznego, obniżające się łagodnie od wschodni na Białorusi do 3500 m, na kontakcie z niecką warszawską. Basen wypełniają nieckowato ułożone utwory paleozoiczno-mezozoiczne, przy czym granice jego wyznaczają utwory kambryjskie. Wielkość basenu 100 x 200 km.

Najlepszymi poziomami zbiornikowymi, o porowej przepuszczalności od kilkudziesięciu do kilkuset mdcy, są piaskowce kwarcowe kambru środkowego oraz częściowo piaskowce ordowiku-tremadoku.

W zachodniej części basenu, na kontakcie z niecką warszawską, występują silnie stężone solanki o mineralizacji ok. 240 g/dm³, przy bardzo wysokim stopniu metamorfizmu wyrażonym stosunkiem Na : Cl = 0,30–0,35 i dużą zawartością bromu 2380 mg/dm³. Solanki te mogą być głównym, pośrednim źródłem zasolenia całej wschodniej części basenu podlaskiego, gdzie występują wody zwykłe.

W kierunku wschodnim mineralizacja solanek gwałtownie spada do ok. 70 g/dm³, a następnie łagodnie do 8 g/dm³ w centralnej części basenu i do 2 g/dm³ na krawędzi z wyniesieniem łukowsko-podlaskim (ryc. 1).

Cała wschodnia część obniżenia podlaskiego jest wypełniona wodami zwykłymi. Najważniejszymi obszarami zasilania są brzegi basenu, w miejscu wyklinowywania się utworów starszego paleozoiku poza zasięgiem utworów syluru, co powoduje silną odnawialność basenu i głęboki zasięg wód zwykłych do ok. 1400 m.

W wyniku opróbowania piaskowców kambru otworu Mielnik IG 1 na głęb. 1365 m uzyskano przyrływ 6 m³/h wody zwykłej, o mineralizacji 0,8 g/dm³, na głęb. 1190 m

zaś o mineralizacji $0,5\text{g}/\text{dm}^3$. Znacznie płycej, w rejonie Białej Podlaskiej, opróbowano poziom 692–663 m, uzyskując przyływ $15\text{ m}^3/\text{h}$ wody zwykłej, o mineralizacji $0,8\text{ g}/\text{dm}^3$. W skrajnie wschodniej części basenu, w wyniku opróbowania warstw arkozowych wendu na głęb. 762–727 m, uzyskano przyływ wód zwykłych o mineralizacji od $0,3\text{--}0,5\text{ g}/\text{dm}^3$. Tak samo piaskowce kambru i tremadoku leżące na głęb. 360–770 m opróbowane w otworach Saki IG 1, Proniewicz IG 1, Rzepniewo IG 4, Pawły IG 1 i Krzyże IG 4 są wypełnione wodami zwykłymi, o bardzo niskiej mineralizacji od $0,12\text{--}0,3\text{ g}/\text{dm}^3$.

Spadek gradientów ciśnień od wartości $1,05 \times 10^3\text{ hPa}/10\text{ m}$ na granicy z niecką warszawską do $0,97 \times 10^3\text{ hPa}/10\text{ m}$ w centralnej części obniżenia podlaskiego, stwarza dogodne warunki dla ascenzyjnego zasolenia wód typu lateralnego z głębszej części basenu, gdzie występują silnie stężone solanki o mineralizacji powyżej $200\text{ g}/\text{dm}^3$. Zagrożenie ascenzyjnym zasoleniem wód może następować tylko do granicy równowagi ciśnień. Kolejny wzrost gradientów — do wartości $1,01 \times 10^3\text{ hPa}/10\text{ m}$ jest wywołany intensywnym zasilaniem na skłonie obszarów alimentacyjnych. Następuje tu przewaga zjawiska infiltracji nad ascencją lateralną.

Basen podlaski, wypełniony wodami zwykłymi powinien zostać objęty specjalną ochroną.

Basen perybałtycki

Basen perybałtycki, podobnie jak basen podlaski, jest wypełniony nieckowato ułożonymi utworami paleozoiku i mezozoiku, jednak jest znacznie większy, osiąga rozmiary $200 \times 600\text{ km}$ i charakteryzuje się bardziej skomplikowaną budową geologiczną. Brzegi basenu od południa i wschodu stanowi wyniesienie mazursko-suwalskie, od północy tarcza bałtycka, a w kompleksie permo-mezozoicznym wyniesienie Łeby.

Dno basenu stanowią skały podłoża krystalicznego, obniżające się łagodnie od wychodni prekambriu w Lidzie na Białorusi ku zachodowi, gdzie w rejonie Kościerzyna–Słupsk osiągają się bardzo dużą głębokość ok. 5200 m . W tej głębszej części syneklizy perybałtyckiej występują zdia-genyzowane piaskowce kwarcytowe, o prawie całkowitym braku właściwości zbiornikowych skał. Utwory kambru są przykryte tu serią nieprzepuszczalną syluru, o dużej miąższości do 2000 m .

Najkorzystniejsze warunki zbiornikowe istnieją we wschodniej części basenu, szczególnie w miejscu wyklinowywania się osadów starszego paleozoiku. W przeciwieństwie do basenu podlaskiego skłon wyniesienia mazursko-suwalskiego nie jest obiektem wymiany wód, ale wyraźnej ascenzyjnej solanek z głębszej części basenu. W skrajnie brzeżnej części basenu w rejonie Krzemianek, poza zasięgiem nieprzepuszczalnych łupków syluru, stwierdzono silne zasolenie wód triasu do $80\text{ g}/\text{dm}^3$, wynikające z ascenzyjnej lateralno-wertykalnej z podłoża.

W ładowej części syneklizy perybałtyckiej istnieje jedno złożo Żarnowiec–Dębki, z którego wydobyto ok. 15 tys. t ropy naftowej, nieprzemysłowe złoża ropy naftowej w Malborku i Kętrzynie (sylur–ładowe) oraz nieprzemysłowe złożo gazu ziemnego Kościerzyna i Białogóra.

W syneklizie perybałtyckiej, w obrębie występowania utworów syluru, wyklucza się możliwość zasolenia wyższych poziomów wodonośnych.

Natomiast ascenzyjnego typu lateralnego i wertykalno-lateralnego wyraźnie następuje od głębszych części basenu, gdzie występują solanki o mineralizacji $200\text{--}240\text{ g}/\text{dm}^3$ i podwyższonej wartości gradientów ciśnień do $1,10\text{--}1,15 \times 10^3\text{ hPa}/10\text{ m}$. Zjawisko to zaznacza się wyraźnie w rejonie wyniesienia Łeby, w środkowej części syneklizy, na wschód od Malborka, gdzie silnie stężone solanki wklonowują się w strefę wód o mniejszej mineralizacji oraz na skłonie wyniesienia mazursko-suwalskiego, z którym bezpośrednio kontaktują się solanki o mineralizacji od $100\text{--}200\text{ g}/\text{dm}^3$.

Przewaga ascenzyjnej lateralnej nad odnawialnością poziomów kambru wodami infiltracyjnymi, powoduje całkowity zanik wód zwykłych, pomimo korzystnych warunków zasilania. Ascenzyja lateralna, postępująca znacznie szybciej niż w basenie podlaskim, wynika z większej różnicy gradientów ciśnień złożowych, powodującej ruch wód.

Podsumowanie

Ocena zagrożenia poziomów wód zwykłych przez ich ascenzyjne zasolenie ma charakter poglądowy. W obrębie utworów kambru, występujących na skłonie platformy wschodnioeuropejskiej, zjawisko to nie jest tak wyraźne, jak w centralnych i zachodnich częściach Niziu Polskiego.

Specyficzne położenie basenu podlaskiego, otoczonego z trzech stron obszarami alimentacyjnymi, powoduje dużą odnawialność drugiego co do głębokości na Niziu Polskim basenu wód zwykłych, związanych tu z utworami kambru.

Źródłem zasolenia basenu wód zwykłych obniżenia podlaskiego mogą być silnie stężone solanki, o mineralizacji $200\text{--}240\text{ g}/\text{dm}^3$, o podwyższonych ciśnieniach złożowych, występujące w strefie kontaktowej z niecką warszawską. Na zasadzie różnicy ciśnień złożowych może tu nastąpić stopniowe ascenzyjne zasolenie wód typu lateralnego, z głębszej części basenu.

W syneklizie perybałtyckiej proces ascenzyjnej lateralnej był bardziej intensywny, ze względu na większą różnicę ciśnień złożowych, co spowodowało całkowite zasolenie brzeżnej części basenu w strefie wyklinowywania się utworów starszego paleozoiku, na skłonie wyniesienia mazursko-suwalskiego.

W utworach starszego paleozoiku strefy platformy wschodnioeuropejskiej wyklucza się możliwość istnienia ascenzyjnego zasolenia wód typu wertykalnego.

Literatura

- BOJARSKI L. 1993 — Prz. Geol., 41: 171–173.
BOJARSKI L. & SOKOŁOWSKI A. 1994 — Ibidem, 42: 459–464.
COLLINS A. C. 1975 — Geochemistry of oil fields waters, ESPC, Amsterdam-Oxford-New York.
DOWGIAŁŁO J., PŁOCHNIEWSKI Z. & SZPAKIEWICZ M. 1974 — Mapa wód mineralnych Polski, 1 : 500 000. Inst. Geol. Warszawa.
MACIOSZCZYK A. 1987 — Hydrochemia. Wyd. Geol.