

Krzysztof LESZCZYŃSKI

NAJWAŻNIEJSZE WYNIKI BADAŃ W OTWORZE BODZANÓW IG 1

Otwór Bodzanów IG 1 jest usytuowany w obrębie niecki płockiej (w segmencie warszawskim synklinorium koście-rzyńsko-puławskiego) w pobliżu zachodniej krawędzi platformy wschodnioeuropejskiej w strefie tektonicznej Teisseyrea-Tornquista. Odwiercony został w latach 1979–1982, osiągając znaczną głębokość – 5854,0 m.

Otwór Bodzanów IG 1 wypełnił lukę istniejącą w latach 80. XX w. w rozpoznaniu regionalnym przykrawędziowej strefy platformy wschodnioeuropejskiej pomiędzy Kutnem, na południowym zachodzie, oraz Płońskiem i Bieżuniem na północnym wschodzie. Otwór ten zlokalizowano na południowy zachód od strefy uskoku Bodzanów–Dzierżanowo, obcinającej cechsztyńsko-mezozoiczną antyklinę Bodzanowa. Przebadano w nim prawie całą pokrywę osadową, osiągając utwory prawdopodobnie kambru środkowego (~oddział 3).

Potwierdził on, że pokrywa osadowa niecki płockiej, leżąca zapewne na speneplenizowanym krystalniku, wykazuje typowy charakter platformowy, i wniósł wiele istotnych danych do rekonstrukcji paleogeograficznych.

Profil otworu Bodzanowa IG 1 daje szczególnie obraz stratygrafii obszaru. I tak w paleozoiku podcechsztyńskim nie ma utworów kambru górnego (~furong) i dolnych pięter ordowiku, to jest tremadoku, flo i dapingu (tremadoku i arenigu w podziale brytyjskim), oraz najwyższego syluru (przydolu i znacznej części ludlowu) oraz dewonu i dolnego karbonu (missisip). Zostały one usunięte w wyniku wielokrotnych procesów erozji na pograniczu kambru i ordowiku oraz w karbonie.

Najstarszymi utworami odwierconymi w otworze są piaskowce i iłowce z wkładkami drobnokrystalicznych wapieni kambru prawdopodobnie środkowego (~oddział 3) o miąższości 102,3 m (nieprzewiercony).

Bodzanów IG 1 jest jednym z nielicznych otworów wiertniczych, w którym rozpoznano utwory ordowickie w podłożu niecki płockiej (na głęb. 5692,5–5755,0 m) o miąższości 62,5 m. Silikoklastycznej sedimentacji ordowickiej (niższego katu–sandbu, formacja z Sasina) towarzyszyły opady pyłów piroklastycznych.

Działalność wulkaniczna zaznaczyła się ponownie wraz z pojawieniem się licznych wkładek tufitów i zlepieńców porfirowych w baszkirze (ogniwo Mszczonowa i formacja lubelska).

Utwory karbonu są wykształcone jako piaskowce, mułowce, iłowce i gleby stigmariowe, a jedynie przy spągu spotykane są piaskowce o specyficznym składzie zawierające okru-chy kwaśnych skał wulkanicznych. Depozycja zachodziła w czasie niskiego stanu względnego poziomu morza (WPM) we wciętych dolinach, korytach rzecznych i na równiach zalewowych. W czasie podnoszenia i wysokiego względnego poziomu morza rozwinęły się środowiska delt płytkowodnych.

Utwory czerwonego spągowca reprezentują sekwencję stożków aluwialnych rozwijających się na krawędzi basenu. Ich urozmaicony skład petrologiczny świadczy o zróżnicowanych źródłach materiału, a więc o relatywnie rozległym obszarze alimentacyjnym. Głównymi składnikami materiału detrytycznego zlepieńców czerwonego spągowca są okru-chy skał wylewnych (ryolitów, ryodacytów, rzadziej trachy-andezytów-bazaltów), przypuszczalnie pochodzące z erozji i denudacji skał krystalicznych i osadowych wyniesienia mazursko-suwałskiego.

Sukcesja późnego permu i mezozoiku wskazuje, że rejon Bodzanowa zajmował w tym czasie położenie pośrednie pomiędzy stabilną platformą wschodnioeuropejską a mobilną bruzdą śródpolską.

Profil cechsztynu z otworu Bodzanów IG 1 wypełnił lukę w rozpoznaniu tych utworów na przedpolu tzw. „pół-wyspu mazurskiego”. Wykształcenie cechsztynu wskazuje na przewagę głębszych środowisk sedimentacji oraz upraw-dopodobnia hipotezę o istnieniu w tym rejonie obniżenia strukturalnego, być może o charakterze rowu tektonicznego, częściowo już zniszczonego przez procesy erozyjne.

W cechsztynie występuje mineralizacja, choć niezbyt bogata. Wykazuje ona duże zróżnicowanie w profilu, z dominacją chalkopiryty, sfaleryty i piryty w zlepieńcu podstawowym, oraz sfaleryty, galeny i piryty (z podrzędnym chalkopirytem) w łupku miedzionośnym i wapieniu cechsztyńskim.

Depozycja utworów pstrego piaskowca odbywała się w brzeżnej strefie bardzo płytkiego zbiornika, czasowo nawet w środowisku fluwialnym. Dwa pulsy transgresyjne, udokumentowane w utworach górnego pstrego piaskowca tego regionu, doprowadziły do rozwoju płytkiego morza w środkowym triasie. W profilu kajpru dominują iłowce deponowane w środowiskach fluwialno-deltowym, równi mułowej w warunkach bardziej suchych (sprzyjających wytrącaniu ewaporatów w osadzie) lub bardziej wilgotnych, jak też równi aluwialnej.

Profil jury o miąższości 1252,5 m obejmuje jurę dolną, środkową i górną. Jest to profil pełny, w którym nie stwierdzono większych luk stratygraficznych. Jura dolna (432,5 m) reprezentowana jest przez utwory klastyczne: piaskowce, heterolity, mułowce i iłowce osadzone w środowisku lądowym (formacja zagajska – hetang, drzewicka – pliensbach górny, i borucicka – toark górny), płytkomorskim (gielniowska – pliensbach dolny), zatoki brakicznej (ciechocińska – toark dolny) lub mieszanym lądowo-płytkomorskim (ostrowiecka – synemur). Profil jury środkowej (195,0 m) jest pełny pod względem stratygraficznym (odnotowano utwory aalenu, bajosu, batonu i keloweju) i wykazuje redukcję miąższości w stosunku do osiowej części basenu sedimentacyjnego. Reprezentowany jest on przez piaskowce, heterolity, mułowce i iłowce o morskiej genezie, a w keloweju również przez piaskowce dolomityczne i wapienie piaszczyste. Jura górna (625,0 m) to utwory węglanowe oksfordu (wapienie organodetrytyczne, mikrytowe i oolitowe), kimerydu (wapienie margliste i margle) i tytonu (wapienie margliste i margle, wapienie dolomityczne). W profilu wydzielono wiele formacji: wapieni gąbkowych, wapienno-marglistą i oolitową (oksford – najniższy kimeryd dolny), wapienno-marglisto-muszlowcową (kimeryd dolny), pałucką (kimeryd górny, tyton dolny, niższa część tytonu górnego) oraz formację kcyńską z ogniwem wapieni korbulowych (wyższa część tytonu górnego). Są to utwory osadzone w środowisku płytkiej i głębokiej rampy węglanowej.

Utwory silikoklastyczne dolnej kredy były deponowane w płytkim zbiorniku morskim. Niewielka luka stratygraficzna istnieje na granicy beriasu dolnego (leżącego w ciągłości sedimentacyjnej z tytonem) i beriasu górnego. Brak tu najniższych ogniw formacji rogoźniańskiej: kajetanowskiego i zakrzewskiego. Warte podkreślenia jest stosunkowo duża miąższość ogniw pagórczańskich (74,0 m). Na obszarze pomiędzy Płockiem, Sierpcem, Płońskiem i Sochaczewem ogniwo to osiąga najwyższe wartości na całym Niżu Polskim.

Kreda górna (1200,0 m) reprezentowana jest przez wszystkie piętra od cenomanu po mastrycht. Mamy tu do czynienia z największą miąższością kredy górnej spośród otworów odwierconych w tym rejonie niecki płockiej. Dominują litofacje węglanowe i węglanowo-krzemionkowe. Nie stwierdzono natomiast w profilu występowania litofacji kredy piaszczącej.

Rekonstrukcja historii pograżania i ewolucji termicznej w profilu otworu wskazuje, że późny kambr i wczesny ordo-

wik to okres stagnacji, a później niewielkich rozmiarów depozycji i pograżenia, który trwał do końca ordowiku. Wraz z początkiem syluru obserwowany jest systematyczny wzrost głębokości pograżenia, do głębokości poniżej 1600 m i temperatury powyżej 80°C. Uzyskana paleotemperatura pozwala na inicjację dojrzałości materii organicznej w fazie wczesnej okna ropnego. W dewońskim i wczesnokarbońskim etapie rozwoju obserwuje się nieco mniejsze tempo depozycji i pograżania. Maksimum pogrzebienia na koniec tego etapu wyniosło około 2100 m, a temperatury przekroczyły 100°C. Wypiętrzenie basenu pod koniec wczesnego karbonu skutkowało usunięciem znacznej części profilu, w tym całkowicie utworów dewonu i dolnego karbonu(?). Początek późnego karbonu to kolejna faza pograżania, zakończona erozją. Okres wczesnego permu był okresem stagnacji. Począwszy od późnego permu miał miejsce kolejny etap pogrzebienia trwającego aż do czwartorzędu. Jego intensywność była zmienna, a największe nasilenie można obserwować w późnej jurze i późnej kredzie. Maksymalną głębokość pograżenia obserwuje się współcześnie i wynosi ona 5834 m, a temperatura w spągu profilu osadowego to około 160°C.

Kompleks utworów kreda–kambr charakteryzuje się bardzo zróżnicowaną, generalnie niezbyt bogatą zawartością materii organicznej. Podwyższone jej koncentracje występują lokalnie w utworach jurajskich (0,90–2,0%), pojedynczym poziomie karbonu – baszkiru (1,7%), sylurze – landowerze (1,0%) oraz ordowiku – niższego katu–sandbu (1,0–2,1%).

Dojrzałość termiczna badanego kompleksu utworów zmienia się wraz z głębokością ich pograżenia (1285,0–5832,1 m) w bardzo szerokim zakresie, od fazy niedojrzałej (0,38% R_o) w utworach kredy górnej, przez główną fazę generowania ropy naftowej (0,52–0,96% R_o) w utworach jura–perm oraz fazę generowania kondensatów i gazów w utworach karbonu (1,15–1,48% R_o), po fazę „przejrzałą” (4,20–4,90% R_o) w utworach syluru–kambru.

Za skały potencjalnie macierzyste dla generowania ropy naftowej uznać można pojedyncze poziomy jury górnej i dolnej oraz karbonu (baszkir).

Badania geochemiczne materii organicznej w utworach w pionowym profilu wykazały, że za „dobre” skały macierzyste dla generowania węglowodorów generalnie mogą być uważane utwory ordowiku (kat–sandb), które jednak mają małą miąższość. W pozostałych utworach zawartość węgla organicznego definiuje te utwory jako „biedne” lub „słabe” skały macierzyste. Badane utwory w całym pionowym profilu charakteryzują się bardzo małą albo śladową ilością składników labilnych. Jedynie niewielki procent bituminów odznacza się dużym udziałem węglowodorów w swoim składzie. Bituminy te charakteryzują się wysokimi wartościami współczynnika migracji, co pozwala sądzić, że są one epigenetyczne z osadem.

W całym profilu największym potencjałem węglowodorym charakteryzują się dwie próbki łupku miedzionośnego, który znajduje się w fazie generowania ropy naftowej. Pozostała część profilu cechuje się niskim lub średnim potencjałem

węglowodorowym, a cechy macierzyste wykazują częściowo skały ordowiku (niższego katu-sandbu), karbonu (pensylwanu) oraz pojedyncze próbki skał permu (wapień cechsztyński) i jury (synemur i kimeryd dolny). Istotną obserwacją jest dojrzałość termiczna materii organicznej, która wzrasta wraz z głębokością od fazy niedojrzałej lub początkowej fazy generowania ropy naftowej w mezozoicznej części profilu do fazy przejrzalej w całym dolnopaleozoicznym (sylur, ordowik, kambr) odcinku. Wysokie przeobrażenie termiczne skutkowało wyczerpaniem współczesnego potencjału węglowodorowego skał niższego katu-sandbu, które zawierają podwyższone ilości węgla organicznego (TOC), zwłaszcza w stropowej części profilu, ale wykazują niski potencjał generacyjny (S2) oraz niskie wartości wskaźnika wodorowego (HI). Brak nasycenia tych skał tzw. wolnymi węglowodorami (S1) wynika zapewne z ich ekspulsji i migracji w trakcie rozwoju basenu sedymentacyjnego.

Na podstawie analizy wyników pomiarów prędkości sejsmicznych w otworze Bodzanów IG 1 stwierdzono, że ze względu na kontrasty prędkościowe najwyraźniejsze odbicia refleksyjne na profilach sejsmicznych powinny powstawać w kredzie górnej, w stropie kredy dolnej, w strefie jury górnej, i mniej wyraźne w stropie jury środkowej. W obrębie triasu możliwe jest wyznaczenie granic wzdłuż profili sejsmicznych ze stropu triasu i wapienia muszlowego. Ponadto granice ze stropu i spągu cechsztynu oraz z karbonu i ewen-

tualnie z syluru uzupełniają zestaw horyzontów wytypowanych do odwzorowania w sejsmicznym obrazie falowym.

Opróbowany poziom zbiornikowy karbonu górnego wypełniają solanki o niewielkiej wydajności (około 1 m³/h) przesycone gazem palnym charakteryzującym się bardzo wysoką zawartością helu, wynoszącą 0,92% obj. W przypadku napotkania w rejonie otworu Bodzanów IG 1 utworów górnego karbonu o korzystniejszych własnościach zbiornikowych należy spodziewać się wystąpienia gazu w ilościach posiadających znaczenie praktyczne.

Utwory triasu dolnego leżą w strefie o słabym stopniu metamorfizmu solanek i o nieznacznym dopływie wód z wyższych poziomów zbiornikowych, co wskazuje na niekorzystne warunki dla zachowania się złóż węglowodorów. Podobnie niekorzystnymi warunkami charakteryzują się opróbowane poziomy zbiornikowe jury środkowej i kredy dolnej. Utwory te, leżące w strefie aktywnej wymiany wód, nie stwarzają warunków korzystnych dla zachowania się węglowodorów.

W opróbowanych poziomach zbiornikowych jury i kredy nie występują wody mogące mieć zastosowanie w lecznictwie uzdrowiskowym. Stężenie wód poziomu jurajskiego przekracza ponad dwukrotnie stężenie wód wykorzystywanych w kuraacji kąpielowej, a stężenie wód poziomu kredowego jest zbyt małe, aby wody te mogły mieć zastosowanie w balneoterapii. Wody te nie wykazują również podwyższonych zawartości składników swoistych o znaczeniu farmakologicznym.