

PODSUMOWANIE

Materiał rdzeniowy uzyskany z profilu otworu wiertniczego Siedliska IG 1 dostarczył szerokiego spektrum danych, które umożliwiły przeprowadzenie badań o szerokim zakresie merytorycznym. Wykonano liczne badania stratygraficzne obejmujące od badań biostratygraficznych, litostratygraficznych, chronostratygraficznych po stratygrafię sekwencji. Przeprowadzono badania sedimentologiczne, ichnologiczne, mikropaleontologiczne, petrograficzne i tektoniczne. Odrębną grupę stanowiły badania geochemiczne i petrologiczne materii organicznej. Wykonano pomiary geofizyki wiertniczej, badania petrofizyczne oraz opróbowania hydrogeologiczne.

Głębień otworu wiertniczego Siedliska IG 1 zatrzymano z przyczyn technicznych w utworach kambru dolnego na głębokości 3010,3 m. Utwory kambru występują w interwale głębokości 2597,8–3010,3 m, a ich nieprzewiercona miąższość wynosi 412,5 m. Są reprezentowane przez utwory kambru dolnego i środkowego. Są to utwory klastyczne, głównie przewarstwiające się piaskowce, mułowce i iłowce. Jednorodne litologicznie pakiety piaskowcowe o większej miąższości występują jedynie w profilu kambru środkowego. Utwory kambru były deponowane w środowiskach otwartego, płytkiego zbiornika morskiego w strefach przybrzeża i odrzeża. W profilu kambru, zwłaszcza dolnego, zaznaczają się zapisy silnej erozji związanej z oddziaływaniem sztormów.

Utwory ordowiku występują na głębokości 2540,0–2597,8 m i mają miąższość 57,8 m. W profilu wyróżniono utwory standardowych, globalnych pięter ordowiku od flo po hirnant. Utwory ordowiku to głównie margle, wapienie margliste, wapienie organodetrytyczne oraz glaukonity.

Utwory syluru występują na głębokości 1487,5–2540,0 m i mają miąższość 1052,5 m. W profilu syluru stwierdzono występowanie utworów landoweru, wenloku, ludlowu i przydolu. W profilu syluru dominują utwory drobnoklastyczne: mułowce, iłowce i pyłowce, w wielu interwałach wapieniste. W niewielkich ilościach są obecne wkładki i soczewki wapieni oraz cienkie wkładki utworów piroklastycznych – tufitów. W wyniku fleksuralnego uginania skorypy Bałtyki, w basenie sylurskim następował systematyczny wzrost tempa subsydencji, osiągający swe maksimum w ludlowie i przydolu. W wyniku wzrostu subsydencji miąższość utworów ludlowu znacznie wzrosła i osiągnęła 637,0 m.

Sukcesja karbońska obejmuje interwał głębokości od 851,8–1487,5 m i ma miąższość 633,0 m. Granice chronostratygraficzne systemu karbońskiego wyznaczono na podstawie korelacji granic sekwencji depozycyjnych z profilami reperowymi oraz podziałami karbonu – globalnym i zachodnioeuropejskim. Pozwoliło to na uszczegółowienie stratygrafii i wpłynęło na przesunięcie dotychczasowych granic. Utwory karbonu są wykształcone jako wapienie, margle, iłowce, iłowce i mułowce węgliste, mułowce, mułowce wapieniste, piaskowce i węgiel. Utwory wizenu powstawały w środowisku płytkiego szelfu węglanowego. W serpuchowie sedimentacja zachodziła na obszarze delt płytkowodnych, płytkiego szelfu ilastego oraz węglanowego. Warunki te rozwinęły się w czasie podnoszenia i wysokiego stanu względnego poziomu morza (WPM). W baszkiej depozycja zachodziła w korytach rzecznych, wciętych dolinach i na równiach zalewowych w czasie niskiego stanu WPM, natomiast ciągi transgresywne i wysokiego stanu tworzyły utwory delt płytkowodnych i płytkiego szelfu ilastego. Z moskoku pochodzą wyłącznie utwory rzeczne.

Na głębokości 558,0–854,5 m stwierdzono niepełny profil stratygraficzny jury o miąższości 296,5 m. Na podstawie materiału rdzeniowego, próbek okruszowych, krzywych geofizycznych oraz oznaczeń mikro- i makrofauny stwierdzono, że są tu obecne utwory najwyższej jury środkowej oraz niższej jury górnej. W profilu jury środkowej występują nieliczne wkładki piaskowców z fragmentami flory. Utwory jury górnej są wykształcone w postaci wapieni, głównie detrytycznych, wapieni pelitowych i oolitowych. Jura środkowa jest reprezentowana przez wapienie organodetrytyczne przepelnione limonitem, wapienie zlepieńcowate, wapienie gruzłowe, wapienie muszłowcowe z kongrecjami syderytu i pizolitami limonitowymi.

Utwory kredy występują na głębokości 99,0–558,0 m i mają miąższość 459,0 m, z czego na kredę górną (cenoman–mastrycht) przypada 448,5 m. Kreda dolna jest reprezentowana przez 10,5-metrową serię, której przypisuje się wiek alb środkowy–górny. Alb jest reprezentowany przez piaski płytkiego szelfu silikoklastycznego, margle i margle piaszczyste z glaukonitem oraz kongrecjami fosforytowymi. Profil kredy górnej buduje seria węglanowa (wapienie i kreda pisząca) deponowana w epikontynentalnym basenie otwartego morza.

Utwory paleogenu występują na głębokości 45,0–99,0 m, mają miąższość 54,0 m i są reprezentowane przez piaski kwarcowe, żwirki, piaski gliniaste, gliny, mułki i piaski mułkowane.

Na głębokości 0–45,0 m profil stratygraficzny otworu wiertniczego Siedliska IG 1 zamykają utwory czwartorzędu (holocenu) wykształcone jako piaski różnoziarniste ze żwirikami zbudowanymi ze skał krystalicznych podłoża węglanów.

W analizowanych utworach paleozoiku i mezozoiku występuje zmienna ilość materii organicznej. Bardzo ubogie skały jurajskie zawierają macerały grupy wityritu i huminitu. W utworach karbonu stwierdzono do 1,20% materii organicznej, a jej wyższe koncentracje znajdują się w profilu stropu baszkiru i w moskowie. Bardzo charakterystyczne dla karbońskiej materii organicznej są macerały grupy liptynitu. W łowcach syluru (wenlok, ludlow, przydol) główny składnik to materiał wityritopodobny reprezentowany przez stałe bituminy i bardzo liczne szczątki graptolitów. W stropowych partiach utworów ludlowu i w utworach przydolu występują macerały liptynitu. W utworach kambru zaznacza się powszechna obecność asocjacji organiczno-mineralnej typu bitumicznego.

Dojrzałość termiczna materii organicznej w profilu pionowym otworu Siedliska IG 1 jest bardzo zmienna i wynosi od 0,48% R_o w utworach jury do 1,57% R_o w utworach kambru. Taka zmienność R_o odpowiada przejściu od fazy niedojrzałej do generowania węglowodorów do głównej fazy generowania gazów w niższej części profilu kambru środkowego oraz dolnego.

W profilu otworu Siedliska IG 1 jedynie stropowe partie utworów niższej części karbonu (wizen) i centralne partie karbonu – baszkir – zawierają ilość węgla organicznego pozwalającą uznać te skały za „dobre” skały macierzyste do generowania węglowodorów. Pozostałe przebadane utwory w profilu tego otworu są „biednymi” lub „słabymi” skałami macierzystymi.

Wyniki analiz RockEval skał kambru i ordowiku nie potwierdziły macierzystości tych poziomów stratygraficznych. Skały landoweru i wenloku wykazują dwudzielność pod względem macierzystych cech jakościowych, co zapewne świadczy o odmiennych warunkach środowiska depozycji w obrębie profili osadów tego wieku. Na tle pozostałych wyników bardzo wyróżnia się kilkumetrowa, spągowa część landoweru (rhuddan, aeron- i spąg telychu). Są to doskonałe skały macierzyste, które znajdują się w końcowej fazie generowania ropy naftowej i wykazują geochemiczne cechy łupkowych formacji ropo- i gazonośnych. Skały te w rejonie otworu Siedliska IG 1 należy uznać za wiekowe odpowiedniki formacji (wcześniej ogniwa) z Jantaru basenu bałtyckiego. Stropowa część landoweru (telych) to skały macierzyste o średnim potencjale węglowodorowym, nieróżniące się znacznie pod względem wartości parametrów geochemicznych od nadległych skał wenloku. Spągowa część profilu wenloku (sheinwood) to skały o wysokim potencjale węglowodorowym, natomiast stropowa (homer) – to skały macierzyste o średnim potencjale węglowodorowym. Materia organiczna wenloku znajduje się

w głównej fazie generowania ropy naftowej. Mułowce i łowce ludlowu można zakwalifikować do skał macierzystych w początkowej fazie generowania ropy naftowej, ale o niskim potencjale węglowodorowym, podczas gdy skały przydolu nie są skałami macierzystymi. Materia organiczna rozproszona w skałach ordowiku i syluru jest zdominowana przez ropotwórczy kerogen II typu.

Pierwszy etap nieznacznego pograżania obszaru, na którym jest położony otwór Siedliska IG 1, był związany z subsydencją termiczną, z syn- i poryftowym etapami rozwoju basenu, które trwały od wczesnego kambru do późnego ordowiku i odznaczały się na początku wysokim tempem depozycji materiału osadowego na poziomie 78 m/mln lat, a następnie jego sukcesywnym spadkiem do 1,5–5,0 m/mln lat. Faza gwałtownego pogrzebienia, związana z rozwojem zapadliska przedgórskiego kaledonidów, trwała od początku syluru do późnego dewonu i charakteryzowała się systematycznym wzrostem tempa sedymentacji w sylurze od 6 do 290 m/mln lat. Pod koniec dewonu miąższość pokrywy osadowej osiągnęła maksymalną wartość w profilu – 4150 m. Pod koniec dewonu i na początku karbonu nastąpił etap wypiętrzania i dużej erozji, który determinowała bretońska faza deformacji. Erozja ta doprowadziła do całkowitego usunięcia utworów dewonu i znacznej części przydolu. Od początku wizenu do moskownu trwała kolejna faza intensywnego pogrzebienia charakteryzująca się wzmożonym tempem depozycji od ok. 5 do 143 m/mln lat. Na przełomie późnego karbonu i wczesnego permu zachodziła asturyjska faza wypiętrzania, która doprowadziła do erozji utworów karbonu górnego (moskownu). Brak w profilu otworu utworów od wczesnego permu do środkowej jury jest związany z istnieniem w tym czasie niewielkiego paleowypiętrzania. W środkowej i późnej jurze zaznaczyły się dwie intensywne fazy pogrzebienia z tempem sedymentacji w granicach od 9 do 45 m/mln lat, po których nastąpiły kolejno faza erozji we wczesnej kredzie związana z młodokimeryjską fazą wypiętrzania oraz faza pogrzebienia w późnej kredzie – z tempem sedymentacji od 1 do 45 m/mln lat. W kenozoiku nieznaczące pograżanie oraz tempo depozycji wynoszące 1–16 m/mln lat ostatecznie ukształtowało miąższość i głębokość występowania pokrywy osadowej w profilu.

Wyniki modelowania jednowymiarowego dla otworu wiertniczego Siedliska IG 1 ukazują, że w strefie generowania węglowodorów znajdują się utwory od kambru dolnego do baszkiru włącznie. Rozpoczęcie generowania ropy naftowej z utworów kambru, ordowiku i syluru dolnego mogło nastąpić już w trakcie fazy intensywnego pogrzebienia w dewonie. Zostało zahamowane we wczesnym karbonie, żeby na przełomie karbonu i permu wejść w etap generowania gazu. Początek generowania ropy naftowej dla górnej części profilu wenloku po baszkir przypadł na przedział czasowy karbon–perm.

Na podstawie badań geofizycznych wyznaczono warstwy wodonośne oraz wykazano, że w utworach karbońskich jest możliwe wydzielanie warstw węgla nawet o niewielkiej miąższości. Obliczenia strumienia ciepłego dla otworu pozwoliły na zlokalizowanie go w brzeżnej strefie

dotadniej anomalii termicznej, związanej z podwyższoną wartością ciepła radiogenicznego w podłożu krystalicznym.

Badania petrofizyczne wykazały bardzo korzystne parametry – miejscami w utworach jury oraz wyższych części karbonu. Niskie porowatości i przepuszczalności w granicach 1 mD charakteryzują łowce i mułowce syluru i ordowiku. W piaszczystych utworach kambru stwierdzono ciągle objawy węglowodorów (pod lampą UV oraz wg wskazań metanomierza), a miejscami obecność ropy naftowej w rdzeniu. Uzyskane parametry petrofizyczne wskazują jednak, że skały kambryjskie nie spełniają kryteriów dobrej skały zbiornikowej. Wyniki porowatości oscylują

w zakresie od 0,01 do 4,60%, natomiast przepuszczalność utworów kambru nie przekracza 1,0 mD. Powyższe dane sugerują perspektywiczność tego obszaru w kontekście potencjalnego występowania złóż niekonwencjonalnych typu *tight* w piaszczystych utworach kambru.

W trakcie opróbowania hydrogeologicznego z przyczyn technicznych przebadano wyłącznie jeden horyzont dolnokambryjski oraz jeden karboński. W utworach kambru dolnego stwierdzono obecność solanki chlorkowo-wapniowo-sodowej, jodkowej. Skład chemiczny solanki i wartości parametrów hydrochemicznych wskazują na możliwość występowania w pobliżu złóż bituminów.