

PODSUMOWANIE

Materiał rdzeniowy uzyskany z otworu wiertniczego Białopole IG 1 dostarczył bogatego zbioru danych, otrzymanych w wyniku przeprowadzenia prac o bardzo szerokim zakresie merytorycznym. Były to badania polegające na bezpośrednich obserwacjach rdzeni i materiału z nich pobranego. Wśród wykonanych badań należy wymienić studia stratygraficzne, od biostratygrafii, chronostratygrafii, litostratygrafii po stratygrafię sekwencji, badania sedimentologiczne i facjalne, ichnologiczne, mikro- i makropaleontologiczne oraz tektoniczne. Drugą grupę prac stanowiły badania analityczne, głównie geochemiczne materii organicznej oraz wylewnych skał wulkanicznych, badania petrograficzne skał klastycznych, węglanowych i wulkanicznych oraz materii organicznej, a także badania mineralogiczne i petrofizyczne. W otworze wykonano pełny zestaw opróbowania hydrogeologicznych i pomiary geofizyki otworowej.

Wiercenie otworu Białopole IG 1 zostało zatrzymane na głębokości 3017,6 m w utworach ediakaru, w nieprzewierconej formacji sławatyckiej, reprezentowanej przez utwory wulkanogeniczne: bazalty migdałowcowe (melafiry), bazalty maszynowe, subafirowe.

Na utworach formacji sławatyckiej, na głębokości 2814,0–3017,6 m występują utwory ediakaru o miąższości 203,6 m, reprezentowane przez silikoklastyczne, estuariowe osady formacji białopolskiej, łopiennickiej i włodawskiej, wykształcone w postaci przewarstwiających się piaskowców, mułowców i iłowców. Spąg kambru i oddziały terenów ustalono na podstawie pierwszego pojawienia się skamieniałości śladowej *Trichophycus pedum* (Seilacher), wyznaczając tym samym położenie granicy między ediakarem i kambrem. Jest ono zgodne z przyjętymi przez Międzynarodową Komisję Stratygraficzną standardami wydzielenia tej granicy.

Utwory kambru występują na głębokości 2239,5–2814,0 m i tworzą kompleks skalny o miąższości 574,5 m. Są to osady klastyczne reprezentowane przez grube warstwy piaskowców z nieregularnie rozmieszczonymi przewarstwieniami, niekiedy kilkumetrowymi seriami iłowcowo-mułowcowymi zawierającymi cienkie wkładki piaskowcowe. Były one deponowane w płytkim zbiorniku morskim, w strefie przybrzeża i odrbrzeża. Było to otwarte wybrzeże z silnymi wpływami falowania i minimalnym udziałem pływów lub ich brakiem. Mikroskopowe badania petrograficzne wykazały, że piaskowce reprezentowane są głównie przez drobno- i bardzo drobnoziarniste arenity kwarcowe (w tym ortokwarcyty), sporadycznie przez waki kwarcowe i w jednym przypadku przez subarkozę. Ponadto stwierdzono obecność pyłowców ilastych, wapienistych

i iłowców pylastych. Piaskowce są dojrzałe teksturalnie i mineralogicznie. W wielu próbkach występuje rozproszony piryt. Glaukonit jest obecny w przystropowym i przyspagowym odcinku profilu.

Osady ordowiku wyróżniono w interwale głębokości 2131,5–2239,5 m, ich miąższość wynosi 108,0 m. W profilu ordowiku reprezentowane są osady od tremadoku po wyższy kat (aszgil). Zapis litologiczny tremadoku jest dwudzielny: w części dolnej sekwencji występują mułowce i iłowce bitumiczne; natomiast w górnej – oligomiktyczne piaskowce kwarcowe. Dolną część profilu budują utwory tremadoku, odpowiadającego regionalnemu piętru bałtyckiemu pakerort. Na podstawie korelacji geofizycznej z innymi profilami Lubelszczyzny osady arenigu to utwory niższej części formacji wapieni Uherki, wykształcone w spągu w postaci glaukonitytu i wapieni z glaukonitem. Człon górny formacji reprezentują brunatnoczerwone wapienie i wapieni margliste, odpowiadające arenigowi górnemu, równowiekowemu regionalnemu piętru bałtyckiemu volkhov. Utwory darriwilu (lanwirnu) reprezentowane są przez środkową część osadów formacji wapieni Uherki, wykształconą głównie w postaci wapieni organodetrycznych. Korelacja geofizyczna z innymi profilami tego regionu sugeruje, że odpowiadają one bałtyckim piętrům od kunda po lasnamagi oraz piętru uhaku. Utwory sandbu-katu (karadoku) obejmują najwyższą część formacji wapieni Uherki oraz formację iłowców Udala. Najwyższa część formacji wapieni Uherki jest zaliczana do najniższego karadoku, odpowiadającego bałtyckiemu piętru kukruse, reprezentują ją wapienie organodetryczne i margliste z przerostami iłowców. Część karadoku, odpowiadająca bałtyckim piętrům oand-rakvere, jest reprezentowana przez formację iłowców Udala, którą budują ciemnoszare i szare iłowce z nielicznymi wkładkami mułowców, margli i wapieni marglistych. Utwory katu (aszgilu) są reprezentowane przez osady formacji wapieni z Kodeńca, wykształcone w postaci szarych i brunatnoczerwonych wapieni marglistych i organodetrycznych z wkładkami margli i iłowców.

Utwory sylurskie o miąższości 539,0 m występują na głębokości 1592,5–2131,5 m w ciągłości sedimentacyjnej z najniższym dewonem. Profil syluru jest tu reprezentowany przez osady głównie ilaste i mułowcowe, z podrzędnymi wkładkami wapieni. Udokumentowano utwory wenloku, ludlowu i przydolu. Najniższy sylur, landower, nie jest tu reprezentowany. Utwory wenloku kontaktują z najwyższym ordowikiem. Na sylurze wyższym (przydolu) leżą osady najniższego dewonu. Dominującą grupą skamieniałości w nielicz-

nych odcinkach rdzeniowanych są graptolity. Oprócz graptolitów występują tu trylobity, ramienionogi, głowonogi, nieliczne małże, wielkoraki i ryby pancerne.

W otworze Białopole IG 1 na głębokości 1031,84–1592,50 m przewiercono jedynie utwory dolnego oddziału systemu dewońskiego o miąższości 560,66 m. W profilu utworów dolnodewońskich wyróżniają się trzy kompleksy litologiczne, stanowiące podstawowe jednostki podziału litostratygraficznego dewonu dolnego na obszarze radomsko-lubelskim – wydzielone na całym tym obszarze i skorelowane za pomocą metod geofizyki otworowej. Formację sycyńską stanowią głównie ciemnoszare iłowce, niekiedy margliste lub dolomityczne, zawierające przewarstwienia wapieni organodetrytycznych. Formacja czarnoleska jest reprezentowana przez ciemnoszare iłowce pylaste i mułowce, przewarstwione rytmicznie szarymi piaskowcami kwarcowymi. Formacja zwolenńska jest wykształcona w postaci pstrych, brunatnych, zielonych, sporadycznie szarych iłowców pylastych, rzadziej mułowców i mułowców piaszczystych, zawierających konkrecje węglanowe. Niekiedy występują iłowce przewarstwione piaskowcami kwarcowymi. Stratygrafia profilu dolnodewońskiego jest oparta na badaniach palinologicznych (miospory), mikrofaunistycznych (małżoraczki) i makrofaunistycznych (trylobity i tentakulity).

Utwory karbonu o miąższości 516,44 m występują na głębokości 515,4–1031,84 m. Granice chronostratygraficzne wyznaczono na podstawie korelacji granic sekwencji depozycyjnych z profilem reperowym 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, mułowce, piaskowce, gleby stigmariowe, węgle, iłowce i mułowce węgliste. W czasie niskiego stanu WPM (względne poziomu morza) depozycja zachodziła w korytach rzecznych i na równiach zalewowych. W czasie podnoszenia i wysokiego stanu WPM rozwinęły się środowiska delt płytkowodnych oraz płytkiego szelfu węglanowego i ilastego.

Sukcesja jurajska reprezentowana jest jedynie przez utwory jury górnej. Utwory jurajskie zostały stwierdzone bezpośrednio powyżej skał karbońskich, na głębokości 479,0–515,4 m i mają miąższość 36,4 m. Jura górna reprezentowana jest tylko przez utwory oksfordu i być może najniższego kimerydu. Formację zakrzewską reprezentują szare mułowce piaszczyste, w górnym odcinku wapniste, w dolnym bezwapniste. Stwierdzono w nich otwornice, igły gąbek oraz elementy szkieletowe szkarłupni i kolce jeżowców. W profilu występują nieliczne wkładki szarych, drobnoziarnistych piaskowców kwarcowych. Formacja jasieniecka w najniższym odcinku jest wykształcona w postaci wapieni pseudoolitowych lub organodetrytycznych barwy szarej lub szarobiałej, ze szczątkami koralu, ślimaków, małży oraz onkoidami. Bardzo rzadko występują mułowce i zlepieńce.

Utwory kredy występują na głębokości 0,5–479,0 m i mają miąższość 478,5 m. W profilu kredy wyróżniono alb górny oraz wszystkie piętra kredy górnej od cenomanu po mastrycht górny. W otworze Białopole IG 1 stwierdzono profil kredy

górną litologicznie typową dla regionu Chełm–Hrubieszów. Kreda dolna reprezentowana jest prawdopodobnie przez piaskowce margliste z konkrecjami fosforytów, zaliczone do albu górnego. Cenoman jest reprezentowany od spągu przez margle, wapienie i kredę piszącą w stropie. Nierozdzielony interwał turon–koniak jest w całości zbudowany z kredy piszącej. W interwale odpowiadającym przypuszczalnie środkowemu i górnemu koniakowi dominującym typem litologicznym są tu prawdopodobnie wapienie margliste kredopodobne. Odcinek profilu przypisywany santonowi jest zbudowany z wapieni marglistych, kredopodobnych. Kampan jest wykształcony w postaci kredy piszącej marglistej oraz wapieni kredopodobnych. Mastrycht buduje kreda pisząca marglista, w dolnej części z wapieniami kredopodobnymi. Całość profilu świadczy o spokojnej, morskiej sedymentacji węglanowej w basenie epikontynentalnym o niewielkim i stosunkowo stabilnym tempie subsydencji, z dominującymi facjami kredy piszącej i wapieni kredopodobnych.

Kompleks utworów jura górna–ediakar zawiera zmienną, najczęściej ubogą ilość materiału organicznego, rzędu 0,1–0,3%. Jego podwyższone koncentracje (0,9–1,7%) obserwuje się w osadach karbonu oraz jury górnej, a także (0,8–0,9%) w pojedynczych poziomach utworów ludlowu i karadoku. Dolnopaleozoiczna oraz dolnodewońska materia organiczna jest reprezentowana przez materiał wityrynitopodobny (stałe bituminy i zooklasty). Materiał liptynitowy występuje w ilości śladowej, głównie w utworach syluru. Powszechnie obserwuje się dość liczne impregnacje bitumiczne. W utworach młodszych (karbon–jura) występuje liczny humusowy oraz humusowo-sapropelowy materiał organiczny, którego głównym mikrokomponentem są macerały wityrynit, przy wyraźnym współdziałaniu inertynitu i liptynit. Dojrzałość termiczna materii organicznej, określona na podstawie wielkości współczynnika refleksyjności wityrynit i/lub materiału wityrynitopodobnego, wzrasta dość regularnie w profilu pionowym badanego kompleksu od 0,50% R_o na głębokości 503,0 m (jura górna) do 1,79% R_o na głębokości 2893,0 m (ediakar). Odpowiada to przejściu od stadium dojrzałości wczesnej fazy generowania ciekłych węglowodorów (jura górna), przez główną (karbon 0,65–0,75% R_o) i późną fazę generowania ropy naftowej (dewon dolny, 0,87–1,02% R_o oraz sylur – przydol, 0,9–1,07% R_o), fazę mokrych gazów i kondensatów (sylur – landower, ordowik – karadok, 1,22–1,26% R_o), po główną fazę generowania gazów (ordowik – karadok, ordowik – arenig 1,32–1,38% R_o , dolny kambry i ediakar–kambry 1,70–1,79% R_o).

Wyniki badań geochemicznych potwierdziły, że w profilu otworu Białopole IG 1 jedynie stropowe partie utworów wizeanu i dolne partie namuru zawierają ilość węgla organicznego pozwalającą uznać te skały za skały macierzyste dla generowania węglowodorów. Pozostałe przebadane utwory w pionowym profilu tego otworu są „biednymi” lub „słabymi” skałami macierzystymi. W utworach kambry zawartość składników labilnych jest bardzo mała, natomiast w utworach ordowiku i syluru (bez jego górnych partii, przydol) ilość bituminów jest duża i mają one charakter epigenetycznych z osadem. W bogatych w węgiel organiczny utworach karbonu występują większe zawartości bituminów syngenetycznych

z osadem. Materia organiczna w utworach wczesnego paleozoiku jest typu sapropelowego i jest dobrze przeobrażona. Materia organiczna w utworach karbonu jest typu sapropelowego i humusowego i nie jest ona na wysokim stopniu przeobrażenia. W utworach jury górnej materia organiczna jest głównie typu humusowego i jest ona słabo przeobrażona.

Profil Białopole IG 1 charakteryzuje obecność kilku faz szybkiego pogrzebienia, rozdzielonych fazami stagnacji lub okresami wypiętrzania tektonicznego. W okresie od ediakaru do środkowego ordowiku syn- i poryftowa subsydencja doprowadziła do powstania pokrywy osadowej o miąższości około 1000–1100 m. Na etapie rozwoju zapadliska przedgórskiego kaledonidów, w późnym sylurze, miało miejsce bardzo gwałtowne pogrzebienie. Z końcem dewonu oraz we wczesnym karbonie zachodziło wypiętrzanie tektoniczne, związane z bretońską fazą deformacji, które doprowadziło do częściowego usunięcia osadów dewońskich. W późnym wizeynie–westfalu miała miejsce kolejna faza szybkiego pogrzebienia. W stefanie i we wczesnym permie ponownie zachodziło wypiętrzanie i erozja. Na okres obejmujący przedział czasu od późnego permu do wczesnej jury przypadała stagnacja bądź niewielkie wypiętrzanie. W mezozoiku dwie główne fazy pogrzebienia przypadają na późną jurę i późną kredę.

Otwór Białopole IG 1 został odwiercony ponad blokiem tektonicznym występującym w obrębie utworów paleozoiku. Blok ten jest ograniczony przez uskoki zakorzenione w podłożu prekambryjskim, które zinterpretowano jako uskoki odwrócone, aktywne w trakcie wczesnego i późnego karbonu. Efektem obu faz tektonicznych było powstanie dwóch walnych powierzchni niezgodności: podkarbońskiej oraz podjurajskiej.

Najkorzystniejszymi właściwościami zbiornikowymi odznaczają się piaskowce kambru środkowego. Całkowitym brakiem właściwości zbiornikowych odznaczają się poziomy syluru, ordowiku i kambru dolnego. Poziomy kambru środkowego leżą w strefie występowania wód Ca–Na–Cl, bardzo perspektywicznej dla występowania węglowodorów. Bezpośrednim wskaźnikiem możliwości występowania złóż węglowodorów jest gaz wysokometanowy, występujący w stanie wolnym w solance. Opróbowania wykazały, że poziomy zbiornikowe kambru środkowego charakteryzują się korzystnymi warunkami dla zachowania się złóż węglowodorów.

Głównym zadaniem otworu badawczego Białopole IG 1 było dostarczenie danych na temat stratygrafii, litologii, facji i tektoniki utworów dolnego paleozoiku i ediakaru w południowo-wschodniej Polsce.