

## PODSUMOWANIE I NAJWAŻNIEJSZE WYNIKI BADAŃ

W niniejszym opracowaniu zawarte są zarówno rezultaty wcześniejszych analiz, jak i najnowsze wyniki badań stratygraficznych, petrograficznych, sedymentologicznych, strukturalnych i geochemicznych, prowadzonych za pomocą nowoczesnych metod badawczych i w ramach rekomendowanych przez Międzynarodową Komisję Stratygrafii jednostek chronostratygraficznych.

W profilu wyróżniono osady ordowiku, dewonu, permu, triasu, jury, kredy, paleogenu i neogenu.

Najstarszymi osadami nawierconymi na głębokości 4427,0–4297,5 m są osady ordowiku, reprezentowane przez silnie zaburzone tektonicznie drobnziarniste osady silikoklastyczne: iłowce i mułowce z nielicznymi wkładkami drobnziarnistych piaskowców. Podrzednie występują twory piroklastyczne oraz soczewki skał węglanowych. Są to osady hemipelagiczne oraz osady wygasających prądów zawieszinowych. Zespół skamieniałości śladowych, biorąc pod uwagę również cechy facjalne osadów, w których występują, można uznać za zespół głębokowodny, słabo urozmaicony i zubożony. Wskazuje on na niskoenergetyczne, ubogie w składniki odżywcze, suboksyczne lub dysoksyczne środowisko hemipelagiczne. Analiza palinologiczna pozwoliła udokumentować słabo zróżnicowany taksonomicznie i ubogi w osobniki zespół palinomorf górniego ordowiku. Nieliczne obecne graptolity poziomów *multidens* i *clingani* datują te osady na środkową część brytyjskiego piętra karadok, co zgodnie z rekomendowaną przez Międzynarodową Komisję Stratygraficzną tablicą stratygraficzną, odpowiada w podziale chronostratygraficznym górnej części piętra sand i dolnej części piętra kat.

W profilu Polskie Łąki PIG 1 nie stwierdzono obecności osadów najwyższego ordowiku, syluru i dolnego dewonu. Na osadach górniego ordowiku bezpośrednio leżą twory dewonu, zidentyfikowane w przedziale głębokości 4297,5–3239,0 m, należące do 5 jednostek litostratygraficznych w randze formacji. Analiza palinologiczna wskazuje, że najstarsze osady dewońskie prawdopodobnie należą do najwyższego emsu lub eiflu, natomiast stropowe partie dewonu datowano na dolny fran. W najniższej części sukcesji dewońskiej, reprezentującej osady ?formacji tucholskiej i ?formacji studnickiej, wykonano szczegółowe profilowanie sedymentologiczne i ichnofacjalne, które stało się podstawą analizy facjalnej osadów silikoklastycznych tej części profilu. Stwierdzono, że czarne iłowce ?formacji tucholskiej reprezentują system depozycyjny laguny, natomiast depozycja przewarstwiających się drobnziarnistych piaskowców i mułowców ?formacji studnickiej, miała miejsce w środowiskach stożków przelewowych, barier piaszczystych i równi pływowej. Sedymentacja należących już do żywetu mieszanych węglanowo-silikoklastycznych osadów formacji miastec-

kiej, prawdopodobnie zachodziła w środowiskach równi pływowej, barier piaszczystych i proksymalnej części platformy węglanowej. Węglanowo-margliste osady formacji sianowskiej tworzyły się, jak się wydaje, głównie w środowisku platformy węglanowej, natomiast marglisto-ilaste osady formacji człuchowskiej w środowiskach dystalnej części platformy węglanowej i otwartego szelfu.

W profilu nie stwierdzono osadów najwyższego żywetu, wyższej części franu i famenu, brakuje całego karbonu i niższej części permu. Na osadach dolnego franu leżą zaburzone tektonicznie osady cechsztynu (głęb. 3239,0–2767,0 m), reprezentowane głównie przez anhydryty i sól kamienną. Należą one do cechsztynu PZ1, PZ2 i PZ3.

Osady mezozoiku reprezentowane są przez trias, jurę i kredę. Z tej części profilu dostępnych jest jedynie 5 interwałów rdzeniowanych, wszystkie one reprezentują trias. Stąd wszelkie rozważania dotyczące mezozoiku oparte zostały głównie na porównaniach z bardzo blisko położonym, dobrze rdzeniowanym profilem otworu Korytowo 1.

Trias stwierdzono w interwale 2767,0–1762,5 m. Reprezentowany on jest przez osady najwyższej części dolnego triasu, należące prawdopodobnie do piętra olenek, twory triasu środkowego zaliczone do pięter anizyk i ladin, a także triasu górniego, należące do pięter karnik, noryk i retyk.

Osady jury zidentyfikowano w przedziale głębokości 1762,5–855,0 m. Na podstawie danych karotażowych i porównań z profilem Korytowo 1 wyróżniono dolną, środkową i górną jurę. W jurze dolnej wyróżniono 5 jednostek litostratygraficznych w randze formacji, przypisując je piętrům hetang, synemur, plienschbach i toark. Kontakt jury dolnej ze środkową jest erozyjny, brakuje części toarku, całego aalenu i części bajosu. W obrębie jury środkowej tego regionu, reprezentowanej przez osady wyższej części bajosu, batonu i keloweju, nie wyróżniono do tej pory jednostek litostratygraficznych. Jure górną charakteryzuje 5 jednostek litostratygraficznych w randze formacji i 1 w randze ogniwa. Osady te należą do oksfordu, kimerydu i tytonu.

Osady kredy wyróżniono w przedziale głębokości 855,0–179,0 m. W obrębie dolnej kredy wyróżniono 4 formacje i 6 ogniw, a także 2 nieformalne jednostki litostratygraficzne, określone jako warstwy. Zaliczono je do beriasu, walanzyinu, hoterywu i barremu po alb. W obrębie kredy górnej nie wyróżniono żadnych jednostek litostratygraficznych, zaliczono te osady do przedziału zawartego między cenomanem a dolnym mastrychem.

Profil Polskie Łąki PIG 1 wieńcza osady zaliczone do paleogenu (głęb. 179,0–103,0 m) i neogenu (103,0–0,0 m).

Budowa strukturalna utworów paleozoicznych w analizowanych profilach ze strefy Koszalin–Chojnice została ukształtowa-

na wskutek wielofazowych deformacji, zachodzących głównie w reżimie kontrakcyjnym i transpresyjnym. Mniejszy wpływ wywołały deformacje zachodzące w warunkach przesuwczych, ekstensyjnych oraz transtensyjnych. Przejawy procesów nasuwczych, najbardziej charakterystyczne dla analizowanych serii skalnych, wyraźnie zaznaczyły się w utworach ordowickich, dewońskich i permskich, a w sposób mniej czytelny w osadach triasowych. Kontrakcyjne i/lub transpresyjne przemieszczenia nasuwcze zachodziły w tym rejonie wielofazowo i z różną intensywnością. Najstarsze miały miejsce w sylurze (landowerze?; Żaba, Poprawa, 2006), choć biorąc pod uwagę profile ze strefy Koszalin–Chojnice spoza obszaru prezentowanych tu badań, rozpoznać się mogły już w późnym ordowiku i progadując ku przedpolu strefy kolizji mogły stopniowo obejmować tę strefę. Druga faza deformacji kontrakcyjnych i/lub transpresyjnych zachodziła po dewonie a przed triasem, najprawdopodobniej w późnym karbonie oraz we wczesnym permie, zaś kolejna, znacznie słabsza oraz cechująca się dominującą składową przesuwczą, po triasie, najprawdopodobniej w czasie późnokredowo-wczesnopaleogeńskiej inwersji basenu polskiego. W analizowanych utworach ordowiku, dewonu i triasu stwierdzono bardzo liczne przejawy przemieszczeń przesuwczych, w tym zachodzących w warunkach transtensji i transpresji.

Nachylenie badanych utworów oraz zróżnicowanie kątów ich upadu, stopniowo maleje w górę profilu. W dolnym jego odcinku występują kompleksy, które są silnie zdeformowane tektonicznie oraz zdiagenezowane w stosunku do wyżej ległych osadów, od których oddzielają je powierzchnie niezgodności. Na silnie sfałdowanych utworach ordowiku zalega niezgodnie sekwencja dewońska; na granicy między tymi utworami występuje niezgodność kątowna o wartościach wahających się od 10 do ok. 50°.

Utwory górnordowickie odznaczają się budową fałdową oraz fałdowo-nasunięciową. Stopień komplikacji ich budowy strukturalnej jest zdecydowanie większy niż utworów młodszych. Fałdowy styl utworów górnordowickich ukształtował się podczas najstarszej deformacji tektonicznej w reżimie kontrakcyjnym. Wskutek tangencjalnych nacisków utworzyły się wtedy makro- i mezofałdy ze zginania, mające charakter fałdów z wyboczenia. Deformacja prowadząca do kształtowania się tych fałdów poprzedziła rozwój ruchów nasuwczych, które spowodowały dodatkowe zafałdowanie skrzydeł wcześniejszych, występujących tylko w utworach ordowiku, makrofałdów. Poprzedziła ona również sedymentację utworów dewońskich.

Wspólne dla utworów ordowickich i dewońskich deformacje prowadzące do rozwoju młodszych struktur fałdowych, były związane z aktywnością przemieszczeń nasuwczych, zachodzących po dewonie co najmniej dwukrotnie. W utworach ordowiku górnego (karadoku) stwierdzono jedną generację struktur fałdowych powstałą jeszcze przed rozpoczęciem depozycji utworów dewonu.

Utwory wyższego syluru (młodsze od landoweru) oraz dewonu wykazują bardzo podobny styl budowy strukturalnej, mają podobne nachylenie, a także wspólnie zostały objęte deformacjami tektonicznymi o podobnym charakterze. Podobieństwo struktur tektonicznych oraz ich sekwencja w utworach wyższego syluru i dewonu wskazuje, że przeszły one podobną ewolucję tektoniczną. Świadczy to, iż deformacje tektoniczne

z pogranicza syluru i dewonu miały prawdopodobnie mniejszą rangę niż deformacje śródsylurskie (por. Pożaryski i in., 1982).

Badany profil osadów (ordowik–trias) jest generalnie ubogi w materiał organiczny. Wzbogacone w organikę są jedynie pojedyncze poziomy karadoku, dewonu górnego oraz cechsztynu. Osady permu i triasu zawierają głównie humusowy (gazotwórczy) typ materii organicznej zarówno auto-, jak i alogenicznej.

Osady ordowiku i dewonu charakteryzują się powszechną obecnością „ropotwórczego” materiału organicznego, którego źródłem są algi, współwystępującym ze zwitrynityzowanymi i sfuzynityzowanymi szczątkami organicznymi reprezentowanymi głównie przez graptolity. Dojrzałość termiczna utworów osadów perm–ordowik wzrasta wraz z głębokością pograżenia od głównej fazy generowania ropy naftowej (cechsztyń–dewon górny) po fazę generowania gazów (dewon środkowy–karadok). Utwory górnego triasu wykazują anomalię stopnia przeobrażenia. Podwyższone wartości współczynnika refleksyjności związane są najprawdopodobniej z utleniającymi warunkami diagenety osadów lub w czasie postsedymentacyjnym.

Szczegółowe badania materii organicznej występującej w profilu otworu Polskie Łąki PIG 1 pozwalają stwierdzić, iż zawartość węgla organicznego i składników labilnych w utworach triasu i cechsztynu jest mała. Bituminy jakie znajdują się w tych utworach, należy uznać generalnie za związki epigenetyczne z osadem. Wyższa ilość węgla organicznego obecna jest jedynie w utworach górnego dewonu, które ze względu na zawartość materii organicznej mogą być uznawane za „dobre” skały macierzyste dla generowania węglowodorów. Materia organiczna występująca w utworach górnego dewonu generalnie pochodzi z rozkładu bakterii i alg, jest więc dobrym materiałem „ropotwórczym” i jest ona dobrze przeobrażona. W badanym kompleksie skalnym górnego dewonu stwierdza się obecność migrujących składników labilnych. Natomiast utwory środkowego dewonu zawierają niewielką ilość węgla organicznego.

Wykonane badania z zakresu geofizyki wiertniczej umożliwiły rozpoznanie zarówno profilu litologicznego, jak i podstawowych cech petrofizycznych utworów występujących w profilu otworu Polskie Łąki PIG 1. Ze względu na obszerny zakres wykonanych badań petrofizycznych, otwór ten jest jednym z kluczowych, reperowych otworów kalibracyjnych na obszarze centralnej części Nizy Polskiego, spośród najpełniej zbadanych pod względem parametrów petrofizycznych.

Przeprowadzone w profilu opróbowania wykazały, że poziom zbiornikowy dolomitu głównego należy uznać za nieperspektywiczny. Podobnie, za poziom negatywny pod względem zachowania się bituminów uznaje się opróbowane utwory triasu dolnego. Poziomem perspektywicznym mogą być utwory dewonu. Wartości przypiływów nie przekraczające wartości 0,3 m<sup>3</sup>/h oraz 5 opróbowania wykazujących brak przypiływu świadczą o niekorzystnych własnościach zbiornikowych. Wysokie wartości gradientów ciśnień złożowych wynoszące 1,18–1,57×10<sup>3</sup> hPa/10 m oraz słabe zgazowanie gazem palnym o zawartości metanu do około 58% objętościowych wskazywałyby jednak na możliwość niewielkich nagromadzeń węglowodorów w strefach spękań i w korzystnych warunkach strukturalnych. Zwraca uwagę podwyższona zawartość helu w gazie stwierdzonym w utworach dewonu. W przypadku wystąpienia nagromadzeń gazu można rozpatrywać możliwość eksploatacji helu.