

Teresa PODHALAŃSKA, Magdalena SIKORSKA-JAWOROWSKA

NAJWAŻNIEJSZE WYNIKI BADAŃ

Otwór wiertniczy Lębork IG 1 położony jest w północnej Polsce, w województwie zachodniopomorskim, w jednostce geologicznej zwanej wyniesieniem Łeby, będącej częścią obniżenia bałtyckiego, strukturalnej części platformy wschodnioeuropejskiej. Obniżenie bałtyckie od zachodu ograniczone jest uskokami strefy tektonicznej Teisseyre'a–Törnquist (TTZ), od północy natomiast jest ograniczone tarczą bałtycką, a od południowego wschodu wyniesieniem mazursko-podlaskim.

Wiercenie otworu Lębork IG 1 rozpoczęto w 1959 r., a zakończono w 1961 r. Dzięki dobremu rdzeniowaniu dostarczył on nowych, istotnych informacji o utworach paleozoiku, w szczególności o słabo wówczas rozpoznanym cechszynie.

Otwór wiertniczy osiągnął głęb. 3310,0 m. Skały pokrywy osadowej odwiercone w profilu to: ordowik, sylur, perm, trias, kreda, neogen i paleogen oraz czwartorzęd. Pokrywa osadowa w otworze Lębork IG 1, podobnie jak i na innych obszarach obniżenia bałtyckiego, leży na proterozoicznym podłożu krystalicznym, które zostało nawiercone w kilkudziesięciu otworach wiertniczych, m.in: w Żarnowcu IG 1, Łebie 8, Kościerzynie IG 1, czy Słupsku IG 1. Głębokość zalegania podłoża na tym obszarze jest zmienna i wzrasta ku południowemu zachodowi. W otworze Lębork IG 1 podłoże nie zostało nawiercone, ale zakłada się, że może ono występować na głęb. ok. 3800–4000 m. Skały osadowe przykrywające podłoże są wieku od ediakaru po czwartorzęd i powstawały w dwóch basenach sedimentacyjnych. Pierwszy z nich, basen bałtycki, zawiera utwory wieku od ediakaru do syluru. Brak jest utworów dewonu i karbonu, które zostały zerodowane w trakcie wypiętrzania się osadów basenu na przełomie wczesnego i środkowego dewonu oraz w karbonie. Miąższość utworów dolnopaleozoicznych jest zmienna i wzrasta ku południowemu zachodowi. Drugi basen – basen polski, obejmuje utwory od permu po kredę. Miąższość permsko-mezozoicznej pokrywy osadowej nie przekracza 900 m. Na fragmentarycznie zachowanych utworach paleogenu i neogenu znajdują się osady czwartorzędowe związane z ostatnimi zlodowaceniami.

Otwór Lębork IG 1 nie posiada dokumentacji wynikowej, w związku z czym zarówno profil otworu, jak i informacje o wierceniu czy wyniki badań podejmowanych

we wczesnym okresie po zakończeniu wiercenia są fragmentaryczne.

Najstarszym systemem nawierconym w profilu Lębork IG 1 jest ordowik. Jego strop występuje na głęb. 3273,0 m, natomiast spągu nie przewiercono, a wiercenie zakończono na głęb. 3310,0 m w utworach darriwilu (lanwirn). Niewielka miąższość osadów ordowiku świadczy, że w tym rejonie subsydencja nie była kompensowana przez sedimentację. Nawiercone utwory ordowiku nie różnią się zasadniczo od obserwowanych w innych profilach ordowiku na Niżu Polskim. Są wykształcone w litofacji węglanowej i marglistej. Jedynie w sandbie i niższym kacie (karadoku) dominują utwory drobnosilikoklastyczne – mułowce i iłowce. Jest to wykształcenie charakterystyczne dla konfacji skańskiej paleobasenu bałtyckiego (Jaanusson, 1976). Konfacja ta zajmowała dystalny obszar platformy wschodnioeuropejskiej, który podlegał silnym ruchom obniżającym. Były to najbardziej wewnętrzne partie basenu, do którego dostawa materiału osadowego była utrudniona.

Utwory syluru nawiercono na głęb. 1027,6–3273,0 m, ich miąższość wynosi 2245,4 m. Są one rdzeniowane niemal w 100%. Leżące płasko utwory syluru składają się głównie ze skał drobnoklastycznych, stanowiących mieszaninę łu i pyłu. Większość z tych skał reprezentuje mułowce, obecne są także iłowce, iłowce pylaste, mułowce ilaste i wapiaste szczególnie w niższym sylurze. W niższej części landoweru występują czarne bitumiczne iłowce, w wyższej części syluru w mułowcach występują liczne przeławiczenia pyłowców, szczególnie w ludlowie – ludfordzie, często wzbogacone w węglany (kalcisilikoklastyki). W całym profilu występują także przeławiczenia utworów węglanowych i kongrecje wapienne. Stwierdzono również, szczególnie w ludlowie, obecność licznych poziomów, w których występuje materiał piroklastyczny, w tym tufty. Stratygrafia syluru jest oparta na graptolitach, które licznie występują szczególnie w niższej części profilu. Na ich podstawie wydzielono wiele poziomów graptolitowych syluru. Udokumentowano obecność wszystkich oddziałów – landoweru, wenloku, ludlowu i przydołu, a także wszystkie piętra w obrębie oddziałów. Weryfikacji wymaga granica przydołu z ludlowem i co się z tym wiąże miąższość przydołu, gdyż jej interpretacja w różnych materiałach źródłowych jest odmienna. Prowadzone w ostatnim okresie badania

syluru na platformie wschodnioeuropejskiej także potwierdzają konieczność weryfikacji granicy przydol/ ludlow.

W otworze Lębork IG 1 wykonano analizę sedymentologiczną utworów ordowiku górnego (formacje: z Sasina, z Prabut) oraz starszych utworów syluru (landower, wendlak) (formacje: z Pasłęka, z Pelplina, z Kociewia – odcinek dolny). Wyniki badań wskazują, że analizowane utwory należy wiązać ze środowiskiem bardzo spokojnej, pelagicznej sedymentacji z zawiesiny w obrębie głębokiego niedotlenionego basenu morskiego. W obrębie formacji z Pasłęka po raz pierwszy stwierdzono struktury sedymentacyjne wskazujące na okresową działalność przydennych prądów morskich oraz dystalnych prądów turbidytowych. Silniejszą okresową działalność prądów – początkowo prądów dennych, a w końcowym etapie niskogęstościowych prądów turbidytowych, wnioskowano dla wyższych odcinków formacji z Pelplina. Największą aktywność prądów stwierdzono w obrębie analizowanego (dolnego) odcinka formacji z Kociewia. W całym profilu stwierdzono związek zachowanej materii organicznej z barwą osadu (im ciemniejsza barwa tym większa ilość TOC) oraz aktywnością prądów dennych i turbidytowych w basenie sedymentacyjnym, powodującą okresowe lepsze natlenienie wód dennych, a w konsekwencji mniejszą zawartością materii organicznej w osadzie.

W wyniku przeprowadzonych badań palinologicznych w badanych utworach syluru zaobserwowano wyraźne zróżnicowanie ilościowe i jakościowe występujących w nich zespołów akritarch. Opierając się na frekwencji i zasięgu ważniejszych rodzajów i gatunków wydzielono siedem charakterystycznych zespołów akritarchowych. Stwierdzone w badanych utworach syluru zespoły *Acritarcha* mają charakter mieszany, określone tu rodzaje i gatunki są znane zarówno z obszaru Baltiki, jak i Gondwany. Charakter tych zespołów nie stwarza podstaw do jednoznacznego ustalenia ich proveniencji paleogeograficznej.

Poza tym przedstawiono biostratygrafię utworów najwyższego syluru oraz ich korelację w obrębie basenu bałtyckiego na podstawie dość bogatej mikrofauny małżoraczków.

Na utworach syluru leżą osady permu wykształcone w facji czerwonego spągowca.

Utwory czerwonego spągowca występują w interwale głębokości 994,0 m (wg pomiarów geofizycznych)–1027,6 m. Część dolna jest zlepieńcowa i wykazuje cechy osadu fluwialnego, a pozostała część jest zbudowana ze słabo związanych piaskowców drobnoziarnistych. Utwory dewonu, karbonu oraz znaczna część najwyższego syluru – przydolu zostały poddane erozji.

Osady cechsztynu nawiercono na głęb. 756,4–994,0 m.

W okresie sedymentacji cechsztynu otwór Lębork IG 1 był usytuowany na obszarze północnego odgałęzienia basenu cechsztyńskiego, w zachodniej części rozległej zatoki nadbałtyckiej. Na północy rozpościerał się pustylny ląd południowo-bałtycki. Ta część basenu cechsztyńskiego była położona w obrębie platformy wschodnioeuropejskiej,

był to obszar o najsłabszej subsyduencji w cechsztynie, całkowicie kompensowanej przez sedymentację.

Profil cechsztynu jest zbudowany z dwóch cyklotemów węglanowo-ewaporatowych – PZ1, PZ3, ewaporatowego cyklotemu PZ2 oraz stropowej serii terygenicznego PZt, odpowiadającej cyklotemowi PZ4.

Opisano warunki depozycji utworów solnych cyklotemu PZ1. Rozwój sedymentacji utworów najstarszej soli kamienniej (cyklotem PZ1) miał charakter dwuetapowy. Wynika on z przemiany otwartego zbiornika salinarnego (etap I) w bardziej izolowaną lagunę solną, w brzeżnych partiach mającą zapewne charakter saliny (etap II). Zmiana warunków sedymentacji przy zachowaniu jej ciągłości spowodowała zastąpienie facji bardziej głębokowodnych przez płytkowodne, zawierające większe ilości materiału terygenicznego. Podobne zróżnicowanie facjalne- i dwuetapowość powstawania cechuje najstarszą sól kamienną w rejonie Zatoki Puckiej.

Przeprowadzono szczegółowe badania petrograficzne utworów wapienia cechsztyńskiego (Ca1) i dolomitu płytkowego (Ca3). Utwory Ca1 są wykształcone w facji dolomitowej natomiast Ca3 w facjach: wapiennych, dolomitowo-wapiennych i węglanowo-marglistych. Depozycja osadów Ca1 odbywała się w płytkiej strefie basenowej. Następstwo mikrofacjalne analizowanych osadów wskazuje na wzrastający ku górze profilu reżim hydrodynamiczny. Lokalne wzbogacenie w elementy mikrobialne może świadczyć o okresowych, niewielkich zmianach zasolenia, co umożliwiło rozwój glonów i cyjanobakterii. Utwory węglanowe Ca3 reprezentują profil silnie skondensowany, ze stosunkowo pełną sekwencją osadów właściwych dla brzeżnej strefy basenowej. Mikrolitofacje: ziarnisto-organodetrytyczna i mułowo-mikrobialna reprezentują sedymentację płytkowodną, rozwijającą się przy niewielkich zmianach hydrodynamicznych, nie całkowicie izolowaną od wpływów bardziej otwartego zbiornika.

Opisano wykształcenie poziomów anhydrytowych – dolnego i górnego. Większą część profilu anhydrytu dolnego tworzą anhydryty masywne z powszechnie występującymi pseudomorfozami po kryształach selenitu. Profil anhydrytu górnego rozpoczyna brekcja anhydrytowa, powyżej której występują anhydryty gruzłowe z przewarstwieniami anhydrytów masywnych żyłkowanych. Wyżej występują anhydryty masywne, z reguły przekryształowane, miejscami – przede wszystkim w najwyższej części tej litofacji – zawierające wyraźne pseudomorfozy po kryształach selenitów. Charakterystyczny jest brak w tej części profilu anhydrytów gruzłowych.

Trias w otworze Lębork IG 1 został zidentyfikowany przez A. Szyperko-Śliwczynską na głęb. 427,0–763,0 m (archiwalny opis profilu otworu). W niniejszym opracowaniu spąg triasu przyjęto na głęb. 756,4 m. Utwory triasu były rdzeniowane w sposób ciągły z nielicznymi niewielkimi przerwami w górnej części profilu. Triasowy wiek osadów zinterpretowano głównie na podstawie przesłanek litologicznych. Wiek wszystkich wydzieleni został zinterpretowany

wany na podstawie korelacji regionalnych jako trias dolny. Otwór Lębork IG 1 położony jest w północnym skrajnym obrzeżeniu basenu sedymentacyjnego triasu w Polsce. Brak triasu środkowego i górnego spowodowany jest erozją osadów oraz niedepozycją. Dokładne określenie luki stratygraficznej profilu nie jest pewne. Ze względu na brak danych biostratygraficznych granice chronostratygraficzne należy traktować jako umowne, postawione na najbliższych im granicach litostratygraficznych wg Wagnera (2008).

Na triasie leżą utwory kredy, które nawiercono na głęb. 143,0–429,5 m.

Kreda górna w otworze wiertniczym Lębork IG 1 ma miąższość 286,5 m. Dominująca część profilu jest reprezentowana przez utwory silikoklastyczne, obejmujące przedział od cenomanu po kampan górny włącznie. Są to przeważnie piaskowce i piaski kwarcowo-glaukonitowe typowe dla kredy z obszaru wyniesienia Łeby. W turonie–niższym koniakku przeważają iłowce i mułowce, natomiast w kampanie górnym stwierdzono występowanie gaz.

Z utworów kredy zbadano mikrofaunę w 79 próbkach mikropaleontologicznych. Dość liczna i zróżnicowana mikrofauna (otwornice) pozwoliła udokumentować cenoman i turon.

Osady paleogenu i neogenu nawiercono na głęb. 71,5–143,0 m, a powyżej nich osady czwartorzędowe, wykształcone w postaci piasków różnoziarnistych i glin zwałowych.

Przeprowadzono badania mikropaleontologiczne próbek z utworów młodszego paleogenu. Fauna otwornicowa jest reprezentowana wyłącznie przez formy bentoniczne. Tworzy asocjacje otwornicowe typowe dla osadów formacji mosińskiej dolnej, datowanej na dolny oligocen.

Przeprowadzono wiele badań materii organicznej.

W dolnym paleozoiku występują warstwy wzbogacone w materię organiczną. Najwyższe jej koncentracje (1,1–6,2% wg wyników analizy Rock-Eval) zawierają pojedyncze poziomy osadów ilastych ordowiku górnego i syluru (landower, wenlok). Głównym komponentem organicznym są szczątki graptolitów oraz mniej liczne stałe bituminy.

Pojedyncze próbki reprezentujące utwory cechsztynu i triasu dolnego wskazują na niską (0,30–0,40%) zawartość materii organicznej (głównie humusowej) we wczesnej fazie generowania ropy naftowej (0,5% R_o) i maksymalne paleotemperatury diagenety rzędu 50–600°C.

W ordowiku i syluru wyodrębniono cztery poziomy wzbogacone w rozproszoną materię organiczną (TOC > 1% wag.) – w karadoku (sandbie, kacie), dolnym aszgilu (wyższym kacie), landowerze i wenloku. Materia organiczna wykazuje geochemiczne właściwości kerogenu typu III i IV. Profil dojrzałości termicznej materii organicznej odzwierciedla fazy generacyjne od „okna ropnego” (utwory przydołu i ludlowu) do „okna gazowego” (utwory ludlowu, we-

nloku i landoweru) i/lub fazy przejrzalej (utwory landoweru, aszgilu, karadoku i lanwirnu (darriwilu)). Wzbogacone w materię organiczną skały nie mogą zostać zakwalifikowane do efektywnych skał macierzystych, ponieważ ich potencjał węglowodorowy został wyczerpany w przeszłości.

Mułowcowo-ilasty kompleks utworów kredy górnej może być uznany za „dobre” skały macierzyste, pozostałe utwory kompleksu permskomezozoicznego są „słabymi” skałami macierzystymi do generowania węglowodorów.

Dojrzałość termiczna kompleksu dolnego paleozoiku wzrasta wyraźnie od głównej fazy generowania ropy naftowej w stropowych partiach profilu (przydoł, wyższy ludlow) po fazę przejrzalą w utworach landoweru i ordowiku przy współczynniku refleksyjności zmieniającym się od 0,8% do 2,3%. Powyższe dane wskazują na maksymalne paleotemperatury diagenety badanych utworów zmieniające się od 80 (strop) do ponad 200°C (spąg).

Wykonano jednowymiarowe modelowanie historii termicznej dla profilu, które pokazało, że w strefie generowania węglowodorów znajdują się utwory od triasu dolnego do syluru (wenloku), a utwory ordowiku i landoweru znajdują się w fazie przejrzalej. Generowanie gazu ziemnego z tych utworów rozpoczęło się najprawdopodobniej w późnej kredzie. Utwory ludlowu i przydołu znajdują się w oknie generowania ropy naftowej. Początek generowania ropy naftowej dla tych utworów to schyłek syluru i początek dewonu.

Wykonano opracowanie danych geofizyki wiertniczej m.in. w programie Techlog.

Zestawiono wykonane i scyfrowane badania geofizyki otworowej, następnie pokazano w formie graficznej efekt normalizacji i łączenia odcinkowych badań naturalnej promieniotwórczości gamma i profilowań neutron-gamma oraz poprawione i uzupełnione kompozytowe krzywe profilowania oporności i średnicy. Przedyskutowano jakość pomiarów – niestety okazała się ona, zwłaszcza w przypadku profilowania naturalnej promieniotwórczości gamma, niezadowalająca. Mimo to podjęto próbę ich uproszczonej interpretacji głównie pod kątem zailenia i zwięźle opisano właściwości termiczne panujące w otworze oraz mineralizację pobranych z niego wód złożowych. Analizy te mogą posłużyć regionalnym badaniom geotermicznym lub hydrogeochemicznym. Poprawione krzywe kompozytowe mogą być wykorzystane do korelacji z sąsiednimi otworami wiertniczymi.

Opracowane wyniki pomiarów prędkości średnich w otworze Lębork IG 1 wykazują związek zmian prędkości z kompleksami stratygraficzno-litologicznymi, wydzielonymi w profilu geologicznym otworu. Główne granice kontrastów prędkości pozwalają na wydzielenie pięciu zasadniczych kompleksów: 1 – kenozoik, 2 – kreda i górna część triasu o wartości średniej prędkości niższej

w stosunku do nadkładu oraz następne o systematycznie zwiększających się prędkościach, tj. 3 – trias dolny i przystropowe warstwy cechsztynu, 4 – cechsztyn i 5 – sylur z wydzieleniem w dolnym odcinku serii o obniżonej prędkości średniej.

W otworze opróbowano pięć poziomów zbiornikowych: jeden poziom syluru, jeden poziom permu (twory czerwonego spągowca łącznie ze stropową partią utworów sylurskich), dwa poziomy permu – cechsztynu i jeden poziom triasu dolnego. Z dwóch badanych poziomów uzyskano

przyływy wód, a trzy poziomy charakteryzowały się całkowitym brakiem przyływu. Właściwości zbiornikowe dwóch poziomów: permu – czerwonego spągowca łącznie z warstwami najwyższego syluru oraz poziomu triasu dolnego określa się jako średnie. Utwory te są kolektorami wód chlorkowo-sodowych i jodkowych. Wody występujące w obydwóch badanych poziomach uległy wyraźnemu zmetamorfizowaniu. Niektóre wskaźniki hydrochemiczne świadczą o zachodzącym w niewielkim zakresie dopływie wód infiltracyjnych.