

NAJWAŻNIEJSZE WYNIKI BADAŃ OTWORÓW WIERTNICZYCH WOJSZYCE IG 1/1a, IG 3 i IG 4

Otwory wiertnicze Wojszyce IG 1/1a, IG 3 i IG 4 zostały odwiercone na północno-zachodnim skraju antykliny Wojszyc, położonej po północno-wschodniej stronie bloku kutnowskiego, jednostki strukturalnej wału kujawskiego, która z kolei stanowi środkowy segment wału śródpolskiego. Sam wał został wydzwignięty u schyłku kredy i na początku paleogenu, na miejscu rozciągającej się w tej strefie bruzdy synsedymencyjnej, w której subsydenca kompensowana przez sedimentację w permie i mezozoiku była na całym Niżu Polskim największa. Sedymencja ta była zróżnicowana także i wzdłuż bruzdy, przy czym segment kujawski, a w szczególności blok kutnowski, odznaczał się jej największą intensywnością.

Antyklina Wojszyc jest strukturą solną, prawdopodobnie silnie wysklepionym wałem solnym, który fragmentami może przybierać formę grzebień solnego, częściowo przebijającego się przez nadkład. Na jej północno-zachodnim przedłużeniu, w tym samym ciągu strukturalnym, występują dwa niewielkie bliźniacze wysady solne Lubienia i Łaniet, przebijające się aż na powierzchnię podczwartorzędową. Główną strefą, z której sole napływały do antykliny Wojszyc, i z której zostały całkowicie lub prawie całkowicie wyciśnięte, była długa i szeroka synklina Kutna, przylegająca do omawianej antykliny od strony południowo-zachodniej.

Odwiercenie otworów badawczych Wojszyce IG 1/1a, IG 3 i IG 4 miało za zadanie rozpoznanie budowy geologicznej struktury, a przede wszystkim rozpoznanie możliwości występowania litologicznych zamknięć złożowych w utworach jury środkowej, a w szczególności aalenu, bajosu dolnego i wyższego odcinka bajosu górnego. Tego typu zamknięcia mogą być związane ze zmianami litologiczno-facjalnymi, wyrażającymi się wyklinowywaniem piaskowców wśród utworów ilastych.

Badania sejsmiczne wykazały, że zasadnicze zmiany miąższości, charakteryzujące się znaczną redukcją miąższości ponad poduszką solną, obserwujemy w obrębie utworów górnego triasu oraz na nieco mniejszą skalę w obrębie kompleksu dolnojurajskiego i niższego odcinka kompleksu środkowojurajskiego. Wskazuje to jednoznacznie na intensywne ruchy soli w obrębie tej części basenu osadowego bruzdy śródpolskiej.

Otwory Wojszyce IG 1 i IG 1a, łączone jako otwór Wojszyce IG 1/1a, są zlokalizowane w osiowej partii poduszki solnej. Pierwszy z nich z powodów technicznych został zatrzymany na głębokości 500 m, w obrębie utworów jury gór-

nej (oksfordu). Drugi, przesunięty o około 100 m ku SW, przebił utwory czwartorzędu, neogenu, paleogenu, jury górnej (oksfordu), jury środkowej i został zatrzymany na głęb. 1764,0 m, w obrębie formacji borucickiej (jura dolna-toark górny). Podobny profil stwierdzono w otworze Wojszyce IG 3, położonym na południowo-zachodnim skrzydle poduszki solnej i zakończonym na głęb. 1935,0 m, w obrębie formacji ciechocińskiej (jura dolna-toark dolny). W otworze Wojszyce IG 4, odwierconym do głęb. 2125,0 m (formacja ciechocińska), poza wymienionymi utworami stwierdzono dodatkowo młodsze ogniwa jury górnej (tyton i kimeryd).

Utwory jury dolnej we wszystkich otworach zostały jedynie nawiercone. Występują one odpowiednio na głęb. ?1618,0–1764,0 m (Wojszyce IG 1a), ?1580,0–1935,0 m (Wojszyce IG 3) oraz ?1911,0–2125,0 m (Wojszyce IG 4). Stwierdzone tu utwory iłowcowo-mułowcowe i heterolity formacji ciechocińskiej (toark dolny) mają wyraźnie brakiczny charakter. Powyżej dominują utwory piaskowcowe powstałe w środowisku lądowym (formacja borucicka).

Utwory jury środkowej stwierdzono we wszystkich trzech otworach na głęb.: 675,0–?1618,0 m (W IG1a), 476,0–?1580,0 m (W IG 3) i 977,5–1911,0 m (W IG 4). Reprezentowana jest ona przez ilasto-piaszczysty typ sedimentacji. Dolną granicę jury środkowej wyrażają pierwsze wpływy morskie w lądowym basenie późnego toarku. W profilu aalenu dolnego dominują jasnoszare piaskowce z niewielkimi przewarstwieniami iłowców i mułowców powstałych w pobliżu strefy brzegowej dobrze przewietrzonego zbiornika morskiego lub w obrębie estuarium.

Główna faza pierwszej transgresji morza środkowojurajskiego, połączona z raptownym obniżeniem dna zbiornika sedimentacyjnego, przypadła na późny aalen. Piaskowce dolnoaaleńskie zostały zastąpione kompleksem czarnych łupków ilastych z konkrejcami syderytycznymi. We wczesnym bajosie nastąpiło znaczne, jednak stopniowe spłylenie zbiornika i jednocześnie coraz intensywniejszy dopływ materiału klastycznego. Obserwuje się ciągle przejście od anaerobowo/ dysaerobowych łupków ilastych aalenu górnego osadzonych w strefie przybrzeża głębszego (*offshore*), w mułowce i heterolity ilasto-piaszczyste strefy przejściowej (*transition zone*), a następnie utwory piaszczyste wczesnego bajosu powstałe w obrębie dolnego przybrzeża płytszego (*lower shoreface*). W późnym bajosie oraz batonie trwała nadal depozycja naprzemianległych kompleksów ilasto-mułowcowych i piaszczystych, podrzędnie piaszczysto-wapnistych. Osady ilasto-

-mułowcowe przybrzeża głębszego oraz strefy przejściowej dominowały we wczesnym i środkowym późnym bajosie oraz wczesnym i środkowym batonie. Sedymentacja piaskowcowa w obrębie różnych stref przybrzeża płytszego dominowała głównie w końcowej części późnego bajosu oraz środkowym i późnym batonie. W najmłodszym późnym batonie i kelowej tworzyły się piaskowce wapniste, dolomity i wapienie margliste lub piaszczyste niekiedy z glaukonitem, powstałe w obrębie przybrzeża płytszego szelfu węglanowo-klastycznego. Profil środkowojurajski wieńczy górnokelowejska zlepieńcowata warstwa bulasta. Reprezentuje ona poziom kondensacji stratygraficznej podczas maksymalnego poziomu morza.

Mięszości jury środkowej w rejonie północno-zachodniego krańca poduszki Wojszyce kształtują się następująco: Wojszyce IG 1a – 943,0 m (osiowa część antykliny), Wojszyce IG 3 – 1104,0 m (SW skrzydło antykliny), Wojszyce IG 4 – 933,5 m (NE skrzydło antykliny). Rozkład mięszości osadów jury środkowej wykazuje niewielkie zróżnicowanie, co wskazuje na wygasanie ruchów soli i związanej z tym tektoniki solnej w tym czasie.

W profilach jury środkowej w rejonie Wojszyce zaobserwowano wyklinowywanie się osadów piaszczystych w utworach ilastych dolnego bajosu w kierunku SW skrzydła poduszki solnej (Wojszyce IG 3).

Utwory jury górnej występują w otworach Wojszyce IG 1, IG 1a, IG 3 i IG 4 odpowiednio na głęb. 85,0–500,0 m (nieprzebita – mięszość 415,0 m), 103,5–675,0 m (mięszość 571,5 m), 57,5–476,0 m (mięszość 418,5 m) i 102,0–977,5 m (mięszość 875,5 m). Leżą one bezpośrednio pod utworami paleogenu i reprezentują w otworach Wojszyce IG 1/IG1a i IG 3 oksford (grupa wapienna A – formacja wapieni gąbkowych, formacja wapienno-marglista i formacja oolitowa), a w otworze Wojszyce IG 4 – oksford, kimeryd i tyton (formacja wapieni gąbkowych, formacja wapienno-marglista i formacja oolitowa, formacja wapienno-marglisto-muszlówcowa, formacja pałucka). Dane te wskazują, że na północno-wschodnim skrzydle antykliny profil jury górnej jest coraz pełniejszy.

Badania biostratygraficzne utworów jury środkowej pozwoliły na ich dokładne datowanie na podstawie mikrofauny otwornicowej oraz cyst *Dinoflagellata*. Wiek utworów jury górnej został określony na podstawie otwornic.

Wykonano badania petrograficzne i diagenetyczne utworów jury dolnej, środkowej i górnej. W utworach jury dolnej i środkowej przebadano głównie piaskowce, które są tu reprezentowane przez arenity kwarcowe. W ich skład wchodzi głównie kwarc, natomiast udział skaleni, łyszczyków i bioklastów jest nieznaczny. Skład mineralny materiału detrytycznego wskazuje, że pochodzi on z resedymtacji skał starszych. Ponadto odnotowano występowanie skał syderytowych, a w przypadku batonu górnego i kelowej – również ooidów szamoytowych lub berthierynowych.

Osady po lityfikacji ulegały procesom diagenetycznym, wśród których wyróżniono: kompaktację mechaniczną, cementację i zastępowanie oraz rozpuszczanie i przeobrażanie diagenetyczne. W utworach jury dolnej istotną była cementacja kwarcowa, a lokalnie również węglanowa. Powstanie wcze-

snych cementów obwódkowych kwarcu odegrało pozytywną rolę w zachowaniu porowatości skały. Również rozpuszczanie skaleni potasowych i cementu kwarcowego przyczyniło się do zwiększenia porowatości. W okresie późnej diagenety powstawał włóknisty illit ograniczający przepuszczalność skał.

W piaskowcach jury środkowej znaczącą rolę odgrywała kompaktacja mechaniczna oraz cementacja kalcytem, dolomitami i ankerytem. Badania inkluzji fluidalnych wskazują, że krystalizacja ankerytu odbywała się w temperaturze nie niższej niż 75°, a nawet przekraczającej 100°. Ponadto we wczesnej diagenecie w iłowcach i niektórych piaskowcach krystalizował piryt w postaci framboidów oraz Ca/Mn-syderoplesyt, w postaci mikrytu i sparytu tworzących konkrecje.

W wapieniach górnokelowejskich ważną rolę odgrywała kompaktacja chemiczna i cementacja, a podrzędnie również dolomityzacja.

Powyżej utworów jurajskich stwierdzono: (1) ility piaszczyste formacji czempińskiej (oligocen dolny) o mięszości 1,5–5,5 m, (2) piaszki drobnoziarniste, węgliste formacji adamowskiej (miocen) o mięszości 20,0–30,0 m, (3) ility pstry lub szarozielone formacji poznańskiej (miocen) oraz (4) piaszki i gliny zwałowe (czwartorzęd) o mięszości 26,0–63,5 m.

W trakcie badań stwierdzono niewielkie zgazowanie wód gazem ziemnym o dużej zawartości węglowodorów, które mogą pochodzić z zanieczyszczeń organicznych płuczką, ale może to też wskazywać na obecność niewielkich ilości gazu ziemnego o ograniczonym zasięgu pionowym i poziomym.

Badania geochemiczne bituminów i węglowodorów wykazały, że utwory jury dolnej nawiercone w omawianych otworach są ubogie w substancję organiczną oraz składniki labilne. W utworach jury środkowej stwierdzono bardzo duże ilości składników labilnych, choć ich ilość wyraźnie się zmniejsza w partiach przystropowych, które charakteryzują się niską zawartością węglowodorów i wysoką żywic oraz asfaltów. Utwory jury górnej charakteryzują się niską zawartością bituminów.

Zawartość węgla organicznego w skałach jury dolnej jest mała, jedynie w najwyższym odcinku w otworze Wojszyce IG 3 osiąga wartość 7,2% TOC. Materię organiczną stanowi tu witynit i inertynit. W jurze środkowej stwierdzono bogaty i bardzo bogaty materiał organiczny, osiągający w aalenie górnym wartości do 12,7% TOC. Jest to materiał głównie typu humusowego (zarówno *in situ*, jak i redeponowany). Podstawowym komponentem jest tu witynit, lokalnie występuje huminit; znaczny udział ma też inertynit, obserwuje się ponadto wyraźne wzbogacenie w macerały grupy liptynit. Ponadto w dwóch próbkach z otworu Wojszyce IG 4 występuje podwyższona koncentracja asocjacji organiczno-mineralnej typu sapropelowego.

Badania refleksyjności witynitów w utworach mezozoiku wskazują na stopniowy wzrost stopnia przeobrażenia materii organicznej wraz z głębokością. Dojrzałość termiczna utworów jurajskich odpowiada wczesnej i głównej fazie generowania węglowodorów ciekłych. Średnie wartości współczynnika refleksyjności zmieniają się w zakresie 0,46–0,78% R_o dla jury środkowej oraz 0,66–0,78% R_o dla jury dolnej. Wielkość maksymalnych paleotemperatur oddziałujących na ba-

dany kompleks osadów w czasie ich diagenety oraz w okresie postdiagenetycznym jest szacowana na 50–90°C. Ze względu na zawartość, typ genetyczny oraz dojrzałość termiczną materii organicznej utwory jury środkowej można uznać za dobre skały macierzyste do generowania ropy naftowej. Jednak pomimo znacznych ilości substancji organicznej, szczególnie w przypadku jury środkowej, utwory te nie są bogate w bituminy i węglowodory.

Profilowanie prędkości średnich wykonano w otworze wiertniczym Wojszyce IG 3 wykazało obecność kilku granic kontrastów prędkości, związanych ze zmienną litologią skał w profilu. W utworach jury dolnej obserwuje się wartości znacznie wyższe niż w jurze środkowej, które wynoszą powyżej 4000 m/s. W obrębie jury środkowej obserwuje się trzy odcinki o różnych prędkościach rzędu 3150–3500 m/s; obejmują one utwory aalenu–bajosu dolnego, bajosu górnego bez warstw najwyższych oraz batonu (z najwyższym bajosem górnym)–keloweju. Silny kontrast jest związany z węglanowymi utworami jury górnej, które wykazują wartości średnich prędkości rzędu 4200–4400 m/s. Powyżej wyraźnie zaznacza się spadek prędkości do 2900 m/s, związany z występowaniem skał marglistych.

W otworach opróbowano poziomy zbiornikowe: dolnojurajskie (IG 3 – 2, IG 4 – 1) i środkowojurajskie (IG 1/1a – 4, IG 3 – 5, IG 4 – 4). Badania właściwości fizykochemicznych skał oraz badania hydrochemiczne wykazały, że utwory piaszczyste jury dolnej i środkowej wykazują dobre właściwości kolektorskie. Stwierdzone wartości porowatości efektywnej w piaskowcach wynoszą od kilku do 30,88%, natomiast war-

tości przepuszczalności – głównie od 0,32 do 1880 mD, w pojedynczych przypadkach osiągając wartości maksymalne do 3950 mD. Wydajność poszczególnych poziomów jest bardzo zróżnicowana. Najwyższe wartości przyływów uzyskano dla poziomów jury dolnej i środkowej (bez górnego batonu) w otworze Wojszyce IG 3 (16,4–24,4 m³/h). Ze wszystkich opróbowanych poziomów w pozostałych otworach (Wojszyce IG 1/1a i IG 4) oraz dla poziomu górnobatońskiego w otworze Wojszyce IG 3 uzyskano wartości mieszczące się w granicach 0,451–9,9 m³/h lub brak przyływu.

Solanki z poziomów dolno- i środkowojurajskich są typu chlorkowo-sodowego, chlorkowo-sodowego żelazistego; jodkowego, chlorkowo-węglanowo-sodowego jodowego lub fluorowego, żelazistego, a także typu węglanowo-chlorkowo-sodowego żelazistego. W otworze Wojszyce IG1/1a wyniki uzyskane dla wyższych poziomów jury środkowej wskazują, że są to wody o mineralizacji 3,934 i 12,614 g/dm³. W otworze Wojszyce IG 3 uzyskano mineralizację od 57,34 g/dm³ dla poziomu dolnojurajskiego do 0,718 g/dm³ dla najwyższego poziomu środkowej jury. W otworze Wojszyce IG 4 dla poziomu jury dolnej uzyskano wartość mineralizacji 79,307 g/dm³, natomiast dla jury środkowej najniższa uzyskana wartość wyniosła 10,596 g/dm³. Część pobranych wód złożowych była zanieczyszczona płuczką wiertniczą, co uniemożliwiło zbadanie mineralizacji. Stwierdzono brak korzystnych warunków do zachowania się złóż węglowodorów, ze względu na znaczne zasilanie poziomów wodami infiltrującymi, zmineralizowanymi.