

NAJWAŻNIEJSZE WYNIKI BADAŃ W OTWORACH WIERTNICZYCH BRZEŚĆ KUJAWSKI IG 1, IG 2 I IG 3

Otwory Brześć Kujawski IG 1, IG 2 i IG 3 zostały odwiercone na zachodnim skrzydle antykliny o nazwie Smólak lub Brześć, zamykającej od północy kutnowską jednostkę strukturalną wału kujawskiego, która z kolei stanowi środkowy segment wału środkowopolskiego. Wał środkowopolski został wydzwignięty u schyłku kredy i na początku paleogenu, na miejscu rozciągającej się w tej strefie środkowopolskiej bruzdy synsedymencyjnej, w której sedymentacja w czasie permu i mezozoiku była na całym Niżu Polskim największa. Sedymentacja ta była zróżnicowana także i wzdłuż bruzdy, przy czym odcinek kujawski, a w szczególności blok kutnowski, odznaczał się jej największą intensywnością. Obecnie po wydzwignięciu i po erozyjnym usunięciu z obszaru wału kujawskiego całej kredy i najwyższej jury, powierzchnia spągu cechsztynu leży na głęb. ponad 6500 m. Można uznać, że przed wydzwignięciem wału kujawskiego spąg cechsztynu leżał na głęb. ok. 9500 m.

Obszar Brześcia Kujawskiego jest położony w centralnym polu tektoniki solnej, uwarunkowanej stopniem rozwoju migracji soli.

Na omawianym obszarze główną strefą z której sole napływały do antykliny Brześcia Kujawskiego, i z której zostały całkowicie lub prawie całkowicie wyciśnięte, była długa i szeroka synklina Kutna, przylegająca do omawianej antykliny od strony południowo-zachodniej.

Antyklina Brześcia Kujawskiego należy do rodziny poduszek solnych, w których sól cechsztyńska nie przebiła się przez nadkład mezozoiczny. Na jej południowo-wschodnim przedłużeniu, w tym samym ciągu strukturalnym, występują dwa niewielkie bliźniacze wysady solne – Łaniań i Lubienia – przebijające się aż na powierzchnię podzwartorzędową.

Antyklina Brześcia Kujawskiego jest w planie formą owalną, o osi NW–SE i o stosunku długości do szerokości nieprzekraczającym 2:1. W obrazie intersekcyjnym podkenozoicznych wychodni mezozoiku antyklina Brześcia Kujawskiego jest zarysowana w postaci wychodni oksfordu, otulonych od północy, zachodu i wschodu młodszymi utworami jury górnej, a od południa wrastających w duże pole skał oksfordzkich centralnej części wału kujawskiego. Północno-wschodnie skrzydło antykliny jest równoznaczne z północno-wschodnim skrzydłem wału kujawskiego.

Badania sejsmiczne wykazały, że zasadnicze zmiany miąższości, charakteryzujące się znaczną redukcją miąższości ponad poduszką solną, obserwuje się w obrębie utworów triasu górnego oraz, na nieco mniejszą skalę, w obrębie komplek-

su dolnojurajskiego. Jednoznacznie wskazuje to na intensywne ruchy soli w obrębie tej części basenu osadowego bruzdy śródpolskiej. Analiza map stropu poszczególnych poziomów stratygraficznych wykazuje, że na wszystkich mapach zaznacza się struktura Brześcia Kujawskiego o jednej kulminacji, z wyjątkiem mapy stropu jury środkowej, gdzie zaznaczono dwie kulminacje. Obydwa skrzydła stromo zapadają zarówno w kierunku SW, jak i NE. Szczyt struktury w poziomach triasowych i cechsztyńskich przypada w pobliżu otworu wiertniczego Brześć Kujawski IG 1, natomiast w poziomach jurajskich szczytowa część struktury rozszerza się ku SW, w kierunku otworu Brześć Kujawski IG 2, na odległość ponad 3000 m.

Otwór Brześć Kujawski IG 1, zlokalizowany w szczytowej części antykliny, zakończony na głęb. 4573,0 m, nawiercił po przebicciu utworów jurajskich i triasowych utwory cechsztynu na głęb. 4251,0 m. Otwory Brześć Kujawski IG 2 i IG 3, usytuowane na zachodnim skrzydle tej antykliny, nawierciły po przebicciu utworów jury górnej i środkowej, utwory jury dolnej i osiągnęły odpowiednio głęb. 1850,0 (IG 2) i 2204,0 m (IG 3).

Nawiercone utwory cechsztynu stanowią przystropową część poduszki solnej, której grubość może dochodzić do 2000 m. Występują tu osady cyklotemu PZ4a–d, wykształcone w specyficznej facji zubrów, charakterystycznych dla tej części basenu. Wydzielono tu pięć formacji: Gwdy, Parsęty, Korytnicy (z ogniwami Kluczewa i Mirosławia), Iny i Piławy (z ogniwami Złotowa, Piły, Jastrowia i Wałcza). Utwory te są przykryte przez terygeniczne osady formacji rewalskiej. Miąższość utworów cechsztynu w otworze Brześć Kujawski IG 1 wynosi 322,0 m.

Pstry piaskowiec, przewiercony na głęb. 2605,0–4251,0 m, ma miąższość 1646,0 m, która jest charakterystyczna dla najbardziej subsydenentnej części bruzdy kujawskiej. Bruzda ta wykazywała na tym obszarze szczególne tendencje obniżające w czasie sedymentacji pstrego piaskowca środkowego, którego miąższość w otworze wynosi 1085,5 m. Sedymentacja triasu dolnego jest kontynuacją terygenicznego sedymentacji najwyższego cechsztynu. Osady dolnego i środkowego pstrego piaskowca powstawały w basenie o charakterze zmiennym, od słodkowodnego przez lagunowy do płytkomorskiego. Dolny pstry piaskowiec odznacza się wykształceniem ilastym, w środkowym zwiększa się dopływ materiału piaszczystego, a górny tworzą osady węglanowo-ilaste z wkładkami skał siarczanowych. W obrębie pstrego pias-

kowca wydzielono formacje: bałtycką, pomorską, „ilastą” (nieformalną, odpowiednik formacji półczyńskiej) i barwicką.

Poczynając od retu, przez wapień muszlowy po kajper dolny, bruzda środkowopolska traci swą wyrazistość.

Wapień muszlowy, nawiercony na głęb. 2427,5–2605,0 m (miąższość 177,5 m), jest trójdzielny, przy czym w wapieniu muszlowym dolnym dominują wapień, w środkowym występują głównie iłowce dolomityczne i margliste z wkładkami anhydrytowo-gipsowymi, a w górnym – osady wapienno-iłowcowe.

Kajper dolny, reprezentowany przez warstwy sulechowskie, stwierdzono na głęb. 2290,0–2427,5 m (miąższość 137,5 m). Jest on wykształcony jako ciemne osady ilasto-mułowcowo-piaszczyste powstałe w środowisku regresywnego morza.

Kajper górny występuje na głęb. 2117,5–2290,0 m (miąższość 172,5 m) i jest reprezentowany jedynie przez warstwy gipsowe dolne, wykształcone w postaci osadów pstrych, ilasto-mułowcowych z ewaporatami. W otworze Brześć Kujawski IG 1 stwierdzono, że bezpośrednio na nich leżą niezgodnie osady noryku i retyku, występujące na głęb. 1993,5–2117,5 m (miąższość 124,0 m). W tym czasie struktura Brześcia wykazywała dużą aktywność, czego wyrazem jest erozyjny brak osadów piaskowca trzciniowego i warstw gipsowych górnych kajpru górnego. W noryku sedimentacja osadów odbywała się początkowo jeszcze w zbiorniku brakicznym, gdzie osadziły się brązowe i zielone, pstre zlepionce ilaste. W retyku, w zbiorniku limnicznym, osadziły się szare iłowce i mułowce.

Jurę dolną w pełni przewiercono jedynie w otworze Brześć Kujawski IG 1, na głęb. 1137,5–1993,5 m (miąższość 856,0 m). W pozostałych otworach nawiercono ją na głęb.: 1206,0–1850,0 m (IG 2 – miąższość 644,0 m) i 1296,0–2204,0 m (IG 3 – miąższość 908,0 m). Dominują tam osady piaskowcowe i iłowcowe powstałe w środowisku lądowym (formacje: zagajska, ostrowiecka, drzewicka i borucicka). Charakter morski mają jedynie piaskowcowe utwory formacji skłobskiej (część hetangu) oraz mułowcowo-ilaste osady formacji gielniowskiej (wczesny pliensbach). Ponadto wyraźnie brakiczny charakter mają ilasto-mułowcowe skały formacji ciechocińskiej (wczesny toark).

Jura środkowa została stwierdzona we wszystkich trzech otworach wiertniczych, odpowiednio na głęb.: 398,5–1137,5 (IG 1), 460,0–1206,0 (IG 2) i 646,0–1296,0 m (IG 3). Jest ona reprezentowana przez ilasto-piaszczysty typ sedimentacji. Dolną granicę jury środkowej wyrażają pierwsze wpływy morskie w lądowym basenie toarku górnego. W aalenie dolnym dominują jasnoszare piaskowce z niewielkimi przewarstwieniami iłowców i mułowców powstałych w pobliżu strefy brzegowej dobrze przewietrzonego zbiornika morskiego lub w obrębie estuarium.

Pierwsza główna faza transgresji morza środkowojurajskiego, połączona z raptownym obniżeniem dna zbiornika sedimentacyjnego, przypada na późny aalen. Piaskowce dolno-aaleńskie zostały zastąpione kompleksem czarnych łupków ilastych z konkrekcjami syderytycznymi. W dolnym bajosie nastąpiło znaczne, jednakże stopniowe, spłylenie zbiornika i jednocześnie coraz intensywniejszy dopływ materiału klas-

tycznego. Obserwuje się ciągle przejście od anaerobowo/dys-aerobowych łupków ilastych aalenu górnego osadzonych w strefie przybrzeża głębszego (odbrzeża), w mułowce i heterolity ilasto-piaszczyste strefy przejściowej, a następnie utwory piaszczyste bajosu dolnego, powstałe w obrębie dolnego przybrzeża płytszego. 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 w dolnej i środkowej części późnego bajosu oraz wczesnym i środkowym batonie. Sedimentacja piaskowcowa w obrębie różnych stref przybrzeża płytszego dominowała głównie w górnej części późnego bajosu oraz środkowym i późnym batonie. W najmłodszym późnym batonie i kelowej tworzyły się warstwy dolomitowe i wapień z glaukonitem, niekiedy margliste lub piaszczyste, powstałe w obrębie przybrzeża płytszego szelfu węglanowo-klastycznego. Profil środkowojurajski wieńczy górno-kelowejska zlepioncowata warstwa bulasta. Reprezentuje ona poziom kondensacji stratygraficznej podczas maksymalnego poziomu morza.

W rejonie Brześcia Kujawskiego stwierdza się stosunkowo małe miąższości osadów jury środkowej. Kształtują się one następująco: Brześć Kujawski IG 1 – 739,0 m (szczyt antykliny), Brześć Kujawski IG 2 – 746,0 m (SW skrzydło antykliny), Brześć Kujawski IG 3 – 650,0 m (synklina kutnowska). Rozkład miąższości osadów jury środkowej wskazuje na jej niewielkie zróżnicowanie, co świadczy o wygasaniu ruchów soli i związanej z tym tektoniki solnej w tym czasie.

W profilach jury środkowej w rejonie Brześcia Kujawskiego nie zaobserwowano, wbrew przewidywaniom, wyklinań piaszczystych w utworach ilastych aalenu i dolnej części bajosu górnego. Istnieją zatem małe szanse występowania w jurze środkowej południowo-wschodniego skrzydła antykliny litologicznych zamknięć dla akumulacji węglowodorów.

Utwory jury górnej występują w otworach Brześć Kujawski IG 1, IG 2 i IG 3 odpowiednio na głęb. 76,0–398,5 m (miąższość 322,5 m), 101,0–460,0 m (miąższość 359,0 m) i 97,0–646,0 m (miąższość 549,0 m). Leżą one bezpośrednio pod utworami paleogenu lub neogenu i reprezentują w otworach IG 1 i IG 2 oksford (grupa wapienna A), a w otworze IG 3 oksford i dolny kimeryd – grupa wapienna A i część formacji wapienno-marglisto-muszlowcowej (V). Dane te wskazują, że na południowo-zachodnim skrzydle antykliny profil jury górnej jest coraz pełniejszy.

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

Wykonano badania petrograficzne i diagenetyczne utworów pstrego piaskowca oraz jury. Na podstawie uzyskanych wyników można stwierdzić, że w skałach pstrego piaskowca materiał detrytyczny jest reprezentowany głównie przez kwarc monokrystaliczny, skalenie, minerały łuszczykowe (muskowit i biotyt) oraz nieliczne litoklasty, będące przede wszystkim fragmentami skał metamorficznych. W piaskow-

cach dolnego i środkowego pstręgo piaskowca spotyka się ponadto ooidy kalcytowe. Mułowce i iłowce tworzą minerały ilaste z udziałem wodorotlenków żelaza.

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 restrymentacji skał starszych.

W osadach węglanowych górnej jury wyróżniono następujące grupy mikrofacji: madstony, wakstony, pakstony, flotstony i rudstony, bandstony i mikrofację sparytową.

Osady po lityfikacji ulegały procesom diagenetycznym, wśród których wyróżniono: kompaktację mechaniczną, cementację i zastępowanie oraz rozpuszczanie i przeobrażanie diagenetyczne. W utworach pstręgo piaskowca najważniejszą rolę odgrywały procesy związane z cementacją kalcytem, kwarcem autigenicznym i anhidrytem, a także przeobrażanie skaleni (kaolinityzacja i illityzacja) i blaszek łyszczyków (chlorytyzacja biotyту).

W utworach jury dolnej istotną była cementacja kwarcowa oraz minerałami ilastymi, a lokalnie również węglanowa. Badania inkluzji w cementach kwarcowych wskazują na ich powstanie w temp. 84–104°C, natomiast w cementach węglanowych – ok. 75°C. W okresie późnej diagenetyki powstawał włóknisty illit ograniczający przepuszczalność skał.

W piaskowcach jury środkowej znaczącą rolę odgrywała kompaktacja mechaniczna oraz cementacja dolomitem, ankerytem, pistomezytem, a miejscami także kalcytem. Badania inkluzji fluidalnych wskazują, że krystalizacja pistomezytu i ankerytu odbywała się w temperaturze 53–90°C, a czasami również ok. 120°C. Ponadto we wczesnej diagenetyce, w iłowcach i niektórych piaskowcach, krystalizował pirit w postaci framboidów oraz Ca/Mn-syderoplesyt w postaci mikrytu i sparytu tworzących kongregacje.

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

W otworach wiertniczych Brześć Kujawski IG 1, IG 2 i IG 3 opróbowano kilka poziomów zbiornikowych: dolnotriasowy (IG 1 – 1), środkowotriasowy (IG 1 – 1), dolnojurajskie (IG 1 – 2, IG 2 – 2, IG 3 – 1) i środkowojurajskie (IG 1 – 1, IG 2 – 2, IG 3 – 3). Badania właściwości fizykochemicznych skał oraz badania hydrochemiczne wykazały, że utwory pstręgo piaskowca i wapienia muszlowego nie mają właściwości zbiornikowych, o czym świadczy brak przyływu solanki. W pstrym piaskowcu wyinterpolowana wartość ciśnienia złożowego wynosi $P_z = 504,0$ at., a ciśnienie denne $P_d = 469,6$ at. W wapieniu muszlowym zarejestrowano ciśnienie denne $P_d = 269,0$ at.

Utwory piaszczyste jury dolnej i środkowej wykazują dobre właściwości kolektorskie. Stwierdzone wartości porowatości efektywnej w piaskowcach wynoszą od kilku do 25%, natomiast wartości przepuszczalności – głównie od 0,1 do 1000 mD, w pojedynczych przypadkach osiągając wartości

maksymalne do 3200 mD. Wydajności poszczególnych poziomów są bardzo zróżnicowane. Najwyższe wartości przyływów uzyskano dla dwóch poziomów jury dolnej w otworze Brześć Kujawski IG 2 (10,07–14,96 m³/h) oraz jednego poziomu jury środkowej w otworze Brześć Kujawski IG 1 (24 m³/h). Z pozostałych poziomów we wszystkich otworach uzyskano wartości zbliżone (0,900–6,723 m³/h).

Solanki jury dolnej i środkowej są typu chlorkowo-sodowego jodowego, chlorkowo-sodowego żelazistego lub chlorkowo-sodowego jodowego, żelazistego. W otworze Brześć Kujawski IG 2 są to wody słabo zmetamorfizowane, w pozostałych otworach obserwuje się znaczny udział wód infiltracyjnych, co powoduje brak korzystnych warunków dla zachowania się złóż węglowodorów.

Badania geochemiczne bituminów i węglowodorów wykazały, że utwory mezozoiku nawiercone w omawianych otworach są ubogie w substancję organiczną oraz składniki labilne, z wyjątkiem osadów jury środkowej, w których stwierdzono większe ilości materii organicznej (do 10,5% TOC). W utworach permu i triasu jest to głównie wityrynit. Skały dolnojurajskie są znacznie bardziej bogate w materię organiczną, którą stanowi wityrynit i inertynit, przy czym są one często redeponowane ze skał starszych. W jurze środkowej stwierdzono bogaty i bardzo bogaty materiał organiczny, głównie typu humusowego (zarówno *in situ*, jak i redeponowany) współwystępujący z materiałem typu sapropelowego. Materia organiczna jest tu o różnym stopniu przeobrażenia i w dużym stopniu pochodzi z rozkładu roślin wyższych. Skały jury górnej ponownie są ubogie w materiał organiczny, jest to głównie redeponowany wityrynit oraz nieliczny amorficzny inertynit. Autogeniczny wityrynit i huminit jest związany jedynie ze smugami ilastymi.

Badania refleksyjności wityrynit w utworach mezozoiku wskazują na stopniowy wzrost stopnia przeobrażenia materii organicznej wraz z głębokością. Dojrzałość termiczna utworów jurajskich odpowiada głównej fazie generowania węglowodorów ciekłych (R_o średnie = 0,47–0,97%), utworów triasowych – głównej i późnej fazie generowania węglowodorów ciekłych (R_o średnie = 0,9–1,1%), natomiast utwory cechsztynu wykazują obecność materii organicznej w głównej fazie generowania gazów (R_o średnie = 1,48%). Stopień metamorfizmu materii organicznej świadczy o warunkach sprzyjających generowaniu węglowodorów ciekłych.

Z analizy danych petrologicznych wynika, że zarówno ze względu na zawartość, typ genetyczny oraz dojrzałość termiczną materii organicznej, skały macierzyste do generowania węglowodorów występują głównie w utworach jury środkowej oraz tylko w niektórych partiach jury dolnej. Jednak pomimo znacznych ilości substancji organicznej, szczególnie w osadach jury środkowej, osady te nie są bogate w bituminy, ani w węglowodory.

Profilowanie prędkości średnich, wykonane w otworach Brześć Kujawski IG 1 i IG 3, wykazało obecność kilku granic kontrastów prędkości, związanych ze zmienną litologią skał w profilu. Najsilniejsze kontrasty są związane z węglanowy-

mi utworami wapienia muszlowego w triasie oraz keloweju i górnej jury łącznie. Mają one wyraźnie większe wartości prędkości kompleksowych niż bezpośrednio kontaktujące z nimi skały podkładu i nadkładu. Ponadto w triasie zaznaczają się podwyższone prędkości średnie w warstwach gipsowych dolnych kajpru górnego oraz przyspągowych osadach

retu. W jurze wyraźnie zaznacza się granica w stropowych warstwach pliensbachu i spągowych warstwach aalenu górnego, obie związane ze zmianą facji piaskowcowej na iłowcową.

Otwory wiertnicze Brześć Kujawski IG 1, IG 2 i IG 3 spełniły swoje zadanie geologiczne.