

PODSUMOWANIE

Celem wykonania otworu Komarów IG 1 na etapie jego projektowania było rozpoznanie leżących pod grubym nadkładem mezozoiku utworów karbonu i dewonu, uznawanych za najbardziej perspektywiczne dla poszukiwań ropy naftowej i gazu ziemnego na obszarze Lubelszczyzny. Na etapie sporządzania dokumentacji otworu udało się opracować jedynie profil litologiczno-stratygraficzny oraz opisać stwierdzone w trakcie wiercenia objawy ropo- i gazonośności, jak również wyniki prób złożowych. Osiągnięto również cel poszukiwawczy przez nawiercenie złoża gazu ziemnego. Natomiast szczegółowe rozpoznanie utworów karbonu i dewonu odbywało się sukcesywnie w następnych 47 latach, jakie upłynęły od odwiercenia profilu otworu. Szczególnie intensywne badania prowadzono w ostatnim dziesięcioleciu, w ramach wielu projektów badawczych realizowanych m.in. w Państwowym Instytucie Geologicznym – Państwowym Instytucie Badawczym. W tym tomie zamieszczono podsumowanie najnowszych wyników badań, wykonanych na podstawie danych rdzeniowych i karotażowych. Bardzo duży uzysk rdzeni z profilu karbonu i dewonu dostarczył materiałów do badań litologicznych, sedymentologicznych, stratygraficznych, petrograficznych, geochemicznych, geofizycznych, dojrzałości termicznej i macierzystości, jak również analizy tempa depozycji oraz do modelowań historii termicznej i warunków pogrzebienia. Należy podkreślić, że pierwszy podział stratygraficzny znajdujący się obecnie w dokumentacji otworu zaktualizowano na podstawie wyników różnego typu badań lito-, bio- i palinostratygraficznych oraz metodologii stratygrafii sekwencyjnej.

Najstarsze skały nawiercone w otworze Komarów IG 1 należą do systemu dewońskiego, i występują w interwale głębokości 1933,0–2547,8 m. Podział chronostratygraficzny utworów dewonu określono na podstawie wyników badań mikrofaunistycznych konodontowych, makrofaunistycznych, analizy pomiarów geofizyki otworowej, jak również dowiązania do profilu reperowego Terebin IG 5. Wykonano także analizę sekwencji transgresywno-regresywnych. Otwór przewiercił utwory górnego, środkowego i dolnego dewonu nie osiągając jego spągu. Niecałkowita miąższość dewonu wynosi 614,8 m. Utwory dewonu dolnego występują na głębokości wiertniczej 2469,3–2547,8, a nieprzewiercona miąższość wynosi 78,5 m. Reprezentują piętro przypuszczalnego emsu środkowego i górnego. W obrębie

profilu dewonu dolnego wyróżniono formację zwoleńską oraz ogniwo przewodowskie formacji telatyńskiej. Formacja zwoleńska jest zbudowana z pstrych iłowców pylastych, mułowców, mułowców piaszczystych zawierających konkretacje węglanowe, często dolomitowe typu *caliche*, utożsamiane z poziomami gleb kopalnych. Iłowce są przewarstwione piaskowcami (arenitami) kwarcowymi, niekiedy wakami kwarcowymi i kwarcowo-łyszczkowymi. Powyżej formacji zwoleńskiej występuje w profilu luka stratygraficzna obejmująca ems górny. W ogniwie przewodowskim występują mułowce ilaste z pizoidami ilastymi, piaskowce (arenity) kwarcowe oraz iłowce wzbogacone w biotyty i penniny. Utwory dewonu środkowego występują na głębokości wiertniczej 2301,2–2469,3 i mają miąższość 168,1 m. W ich obrębie zidentyfikowano piętra przypuszczalnego eiflu i żywetu. W profilu dewonu środkowego wydzielono pięć ogniw formacji telatyńskiej. W ogniwie machnowskim występują margle dolomityczne z konkretami pirytowymi, margle dolomityczne, dolomity z ooidami, ze smugami anhydrytu lub przewarstwieniami iłowców. Ogniwo żniatyńskie tworzą głównie piaskowce, niektóre z laminami i smugami mułowców, w których występują fragmenty ryb plakodermowych. Ogniwo pełczańskie tworzą dolomity i wapienie. Ogniwo rachańskie w niższej części jest zbudowane z mułowców i dolomitów jamistych, a w części środkowej i górnej – z różnego rodzaju iłowców dolomitycznych i dolomitów ilastych z przewarstwieniami anhydrytu. W ogniwie mirczańskim występują dolomity z przeławiczeniami anhydrytu, dolomity pelitowe oraz iłowce dolomityczne i pylaste. Miejscami występują też anhydryty pokładowe. Utwory dewonu górnego, reprezentowanego przez utwory franu, występują na głębokości 1933,0–2291,8 m i ich miąższość wynosi 358,8 m. W profilu dewonu górnego wydzielono formację modryńską z czterema ogniwami. Ogniwo krzewickie w części niższej tworzą dolomity, a w wyższej margle lub iłowce dolomityczne z laminami mat glonowych. W dolnej części ogniwa lipowieckiego występują wapienie gruzłowe, czasami dolomityczne z fauną morską, a w części górnej – wtórne dolomity, często jamiste z fragmentami fauny morskiej oraz laminitów algowych. Dolną część ogniwa łosieńskiego stanowią głównie dolomity, a górną – wapienie. W ogniwie zubowickim występują głównie wapienie, a rzadziej dolomity.

Powyżej profilu utworów dewonu przypuszczalnie leżą skały wizenu środkowego poprzedzone luką stratygraficzną obejmującą górną część franu, famen, turnej oraz dolny wizen.

Utwory karbonu występują w interwale głębokości 1057,0–1933,0 m i mają miąższość 876,0 m. Profil utworów karbonu w otworze Komarów IG 1 zinterpretowano głównie na podstawie analizy litofacjalnej rdzeni wiertniczych, uzupełnionej analizą pomiarów geofizyki otworowej. 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. W profilu występują wapienie, margle, iłowce, mułowce, piaskowce, gleby stig mariowe, iłowce węgliste oraz węgle. Miąższościowo dominują iłowce i mułowce, ale dość duży udział mają również skały węglanowe. Utwory missisipu wyznaczono na głębokości 1185,0–1933,0 m (miąższość 748,0 m), natomiast pensylwanu – 1057,0–1185,0 m (miąższość 128,0 m). W profilu wizenu (1540,0–1933,0 m; miąższość 393,0 m) występują głównie iłowce i mułowce powstałe na obszarze delt płytkowodnych i płytkiego szelfu ilastego, jak również liczne i o dość dużych miąższościach wapienie reprezentujące środowisko płytkiego szelfu węglanowego. Utwory te tworzą ciągi transgresywne powstałe w czasie podnoszenia względnego poziomu morza (WPM) i ciągi wysokiego stanu WPM. W profilu serpuchowu (1185,0–1540,6; miąższość 335,6 m) występują głównie iłowce i mułowce powstałe na obszarze delt płytkowodnych i płytkiego szelfu ilastego, w czasie podnoszenia i wysokiego stanu WPM. Baszkir (1057,0–1185,0 m; miąższość 128,0 m) jest wykształcony jako piaskowce koryt rzecznych, iłowce, mułowce i gleby stig mariowe rzecznych równi zalewowych, które powstawały w czasie podnoszenia się WPM. W profilu występują również mułowce i iłowce, powstałe na obszarze delt płytkowodnych i płytkiego szelfu ilastego, w czasie podnoszenia i wysokiego stanu WPM. W niższej części baszkiru przypuszczalnie występuje luka stratygraficzna, notowana również na pozostałym obszarze basenu lubelskiego, która odpowiada podpiętom zachodnioeuropejskim, tj. wyższy alportian i kinderscoutian.

Powyżej utworów karbonu leżą utwory jurajskie poprzedzone luką stratygraficzną obejmującą wyższy pensylwan, perm, trias oraz dolną, środkową i najniższą jurę górną. Utwory jurajskie występują w profilu otworu Komarów IG 1 na głębokości 921,0–1057,0 m (miąższość 136,0 m). Jura jest tu reprezentowana przez utwory górnourajskie formacji tyszowieckiej i Rudy Lubyckiej – ?oksford górny i kimeryd. Chronostratyfografię jury opracowano na podstawie analizy danych geofizyki otworowej oraz korelacji z profilem reperowym otworu Grabowiec IG 3. Formację tyszowiecką tworzą w niższej części piaskowce, iłowce/mułowce oraz zlepieńce, a w części wyższej jest zbudowana z piaskowców, piaskowców zailonych i mułowców. Utwory formacji mogły powstać w środowisku sebhya. Forma-

cja Rudy Lubyckiej jest wykształcona w postaci ciemnoszarych dolomitów pochodzenia lagunowego.

Najmłodszymi w profilu Komarów IG 1 są utwory kredy występujące w interwale 0,0–921,0 m (miąższość 921,0 m) – alb górny oraz piętra od cenomanu po mastrycht kredy górnej. Skały kredowe leżą na zdenuowanej powierzchni górnourajskiej (kimeryd górny). Luka stratygraficzna obejmuje tu niemal całą kredę dolną i najwyższą jurę górną. Granice jednostek chronostratygraficznych w profilu kredy są przybliżone i wyznaczone na podstawie korelacji krzywych pomiarów geofizycznych z otworami reperowymi. Uwzględniono także dane paleontologiczne z materiału rdzeniowego, głównie badań zespołów otwornicowych i makrofauny. Profil kredy rozpoczyna się utworami piaszczystymi, marglami piaszczystymi i marglami albu górnego, które szybko przechodzą w osady margliste i węglanowe kredy górnej. Santon dolny, kampan i mastrycht dolny są wykształcone jako utwory węglanowe, miejscami przechodzące w margliste lub krzemionkowo-węglanowe (opoki margliste w mastrychcie dolnym i górnym). Nie stwierdza się tu obecności gez, wapieni kredopodobnych ani kredy piszącej. Duża miąższość mastrychtu (utwory tego piętra stanowią 50% miąższości utworów całej kredy) świadczy o znacznym wroście subsydencji basenu w tym czasie. Poza piaskowcami albu górnego, udział materiału terygenicznego w skałach kredy górnej jest niewielki, a węglanowość mierzona zawartością CaCO_3 nie spada poniżej 50,68% w opoce z mastrychtu dolnego. Jak dowiodła analiza strukturalna, znaczny wpływ na sedimentację i paleogeografię późnej kredy miał paleozoiczny plan strukturalny, a szczególnie występujący w podłożu rów lubelski.

Badaniom petrologicznym materii organicznej poddano utwory dewonu i karbonu. Analizowane utworów dewonu zawierają materiał organiczny słabo zróżnicowany zarówno pod względem genetycznym, jak i formy występowania. Jest on reprezentowany głównie przez komponenty wityrynitopodobne (stałe bituminy i zooklasty). Materiał liptynitowy występuje najczęściej w ilości śladowej, a jedynie w pojedynczych poziomach dewonu środkowego obserwuje się niezbyt liczne impregnacje bitumiczne. Utwory karbonu zawierają bogaty, syngenetyczny, głównie humusowy materiał organiczny zbudowany z trzech podstawowych grup maceralnych wityrynit, liptynit i inertynit. Dojrzałość termiczna materii organicznej, określona na podstawie wielkości współczynnika refleksyjności wityrynit (karbon) i materiału wityrynitopodobnego (dewon), wzrasta niezbyt intensywnie w profilu pionowym od 0,80% Ro na głębokości 1081,0 m (baszkir) do 1,17% Ro na głębokości 2517,10 m (dewon dolny). Stopień przeobrażenia karbońskiej materii organicznej odpowiada głównej (baszkir, serpuchow) i późnej (wizen) fazie generowania ropy naftowej, przy współczynniku refleksyjności zmieniającym się w zakresie 0,79–1,05% Ro. Utwory dewonu charakteryzują się nieco wyższą dojrzałością termiczną (1,06–1,17% Ro) odpowiadającą późnej fazie generowania ropy naftowej z możliwością generowania mokrych gazów i kondensatów.

Na podstawie badań geochemicznych stwierdzono, że w profilu otworu Komarów IG 1 jedynie niektóre interwały można uznać za „dobre” skały macierzyste do generowania węglowodorów. Ilość bituminów występujących w badanych utworach nie jest duża, a występująca materia organiczna nie jest dobrze przeobrażona. W utworach dewonu stwierdzono występowanie materii organicznej typu sapropelowego, jak również dużej ilości składników labilnych, które mają charakter epigenetyczny z osadem. Bakterie i algi morskie były źródłem materii organicznej występującej w skałach dewońskich. Natomiast w utworach karbonu, szczególnie pensylwanu, materia organiczna jest typu sapropelowego z domieszką materiału humusowego. Materiał humusowy w dolnej części profilu karbonu jest dobrze przeobrażony, co sugeruje jego allochtoniczny charakter. Natomiast w utworach serpuchowu, oprócz materiału allochtonicznego, pojawia się również humusowy materiał autochtoniczny słabo przeobrażony.

W wyniku analizy pirolitycznej utworów karbonu stwierdzono, że występująca materia organiczna jest mieszaniną mniej i bardziej zdegradowanego kerogenu typu III, jak również zauważono obecność ropotwórczego i gazotwórczego kerogenu typu II i III. Wśród zbadanych utworów znajdują się skały pozbawione macierzystości, słabe skały macierzyste oraz skały macierzyste o średnim potencjale do generacji węglowodorów. Stwierdzono również, że niektóre skały należy uznać za bardzo dobre potencjalne skały macierzyste.

Stopień przeobrażeń termicznych wskazuje, że skały znajdują się w głównej fazie generowania węglowodorów ciekłych górnej i środkowej części okna ropnego i nie zrealizowały jeszcze w pełni swojego pierwotnego potencjału generacyjnego. Natomiast część utworów cechuje się dojrzałością termiczną nisko- i wysoko temperaturowych przemian termokatalitycznych okien ropnego i gazowego. W utworach karbonu stwierdzono występowanie ropy lekkiej, ciężkiej oraz żywicy z asfaltenami w zakresach wartości niskich i bardzo niskich, natomiast zawartość kerogenu

jest bardzo wysoka. Zbadane utwory baszkiru i serpuchowu w otworze Komarów IG 1 są zdominowane przez kerogen i brak w ich obrębie horyzontów nieprzepuszczalnych, powstałych w wyniku nasycenia ropą ciężką, żywicami i asfaltenami, mogącymi stanowić bariery dla migracji węglowodorów.

Wśród utworów dewonu zmierzono niskie porowatości wynoszące 0–3,26%, jak również stwierdzono brak przepuszczalności. Lepszymi właściwościami zbiornikowymi charakteryzują się utwory karbonu, w których zbadano tylko piaskowce, które cechują się porowatością w przedziale 1,29–10,50% (zwykle około 6%) oraz brakiem przepuszczalności.

W profilu otworu Komarów IG 1 stwierdzono obecność kilku faz zwiększonego pogrzebienia i szybkiego tempa depozycji osadów, np. w dewonie, wizenie czy też w późnej kredzie. Po okresach szybkiego pogrzebienia miały miejsce erozja i brak sedimentacji osadów.

Porównanie profilu litologicznego, zinterpretowanego na podstawie analizy rdzeni wiertniczych, z profilem powstałym w wyniku analizy pomiarów geofizyki wiertniczej wykazało istnienie dużych różnic głębokości występowania granic litologicznych, szczególnie w obrębie utworów dewonu, które mogą dochodzić nawet do 13 m.

W trakcie głębień otworu stwierdzono na rdzeniach objawy ropy naftowej i gazu ziemnego. Podczas opróbowania horyzontu 2301,8–2548,6 m stwierdzono występowanie w utworach dewonu złoża gazu ziemnego o niewielkiej wydajności. Złoże jest zlokalizowane w obrębie pałpki o charakterze antykliny rozciągającej się zgodnie z przebiegiem uskoku Izbica–Zamość–Ugniew. Wydajność potencjalna złoża wynosiła 34 Nm³/min. Gaz charakteryzował się korzystnym składem chemicznym, zawartość składników palnych wynosiła 96,6% obj. Przekazanie otworu do eksploatacji uniemożliwiło zagwożdżenie go przewodem wiertniczym i w konsekwencji zlikwidowanie. Opróbowując horyzont 919,0–929,0 m uzyskano przyływ wody silnie zmineralizowanej (2,7%) typu chlorkowo-sodowego, jodkowej w ilości 0,173 m³/h.