

Analiza basenów sedymentacyjnych Nizy Polskiego Komunikat o zakończeniu projektu zamawianego

Marek Narkiewicz*



W 1993 r. koncepcja szerokiego wprowadzenia analizy basenów sedymentacyjnych (ABS) do badań geologicznych (Narkiewicz, 1991) zyskała przychylność kierownictwa

geologii w Ministerstwie Ochrony Środowiska Zasobów Naturalnych i Leśnictwa. Powstał wówczas pomysł ustanowienia poświęconego analizie basenowej projektu badawczego, zamawianego przez Ministerstwo, a finansowanego przez Komitet Badań Naukowych. W dniu 12.01.1994 r. komitet ogłosił, na wniosek MOŚZNiL, konkurs na realizację projektu PBZ 02-03 *Analiza basenów sedymentacyjnych Nizy Polskiego*. Państwowy Instytut Geologiczny złożył ofertę konkursową wspólnie z trzema innymi instytucjami posiadającymi już doświadczenia w zakresie ABS: Polskim Górnictwem Naftowym i Gazownictwem (reprezentowanym przez Biuro Geologiczne GEONAF TA), Akademią Górniczo-Hutniczą i Instytutem Górnictwa Naftowego i Gazownictwa. W wyniku procedury konkursowej zespołowi pracowników, wymienionych czterech instytucji, powierzono realizację projektu pod kierunkiem doc. dr hab. M. Narkiewicza, w czasie dwóch lat — od października 1994 r. do września 1996 r. Badania zostały zakończone w planowanym terminie, a opracowanie końcowe uzyskało pozytywną ocenę Ministerstwa Ochrony Środowiska Zasobów Naturalnych i Leśnictwa oraz Komitetu Badań Naukowych

Niniejszy artykuł jest zwięzłym komunikatem o zakończonym projekcie i o jego najważniejszych wynikach. Szerzej ich prezentacji dokonano w trakcie dwudniowej sesji naukowej zorganizowanej w Państwowym Instytucie Geologicznym w Warszawie w dniach 10–11.04.1997 r. (patrz J. Pokorski, str. 655). Ponadto, instytut planuje wydanie drukiem osobnego tomu *Prac PIG*, poświęconego najważniejszym rezultatom projektu, a także specjalnych zeszytów i bloków tematycznych w *Geological Quarterly*. Niektóre wyniki szczegółowych badań m.in. petrofizycznych lub stratygraficznych zostały wcześniej opublikowane lub przedstawione na referatach m.in. na V Krajowym Spotkaniu Sedymentologów (Warszawa, 17–21.06.1996), w trakcie Kongresu Karbońsko-Permskiego (Kraków, 28.08–21.10.1995) i w czasie Konferencji Naukowo-Technicznej zorganizowanej przez Zakład Poszukiwań Nafty i Gazu w Pile (18–19.04.1996).

Ogólne informacje o projekcie

Zakres regionalny i stratygraficzny projektu został ustalony bardzo szeroko przez wnioskodawcę. Obejmuje on baseny epikontynentalne Nizy Polskiego wraz z obszarem radomsko-lubelskim, rozwijające się w przedziale wiekowym od dewonu po kredę. Przy tak rozległej problematyce, a jednocześnie wobec ograniczonych środków finansowych i krótkiego czasu realizacji, konieczne było sprecyzowanie priorytetów badawczych. W świetle wyników dotychczasowych

prac poszukiwawczych przemysłu naftowego, najbardziej perspektywiczne są baseny dewoński, karboński, czerwonogłowca i cechsztyński, i dla nich wykonano osobne badania laboratoryjne. W przypadku basenu mezozoicznego skoncentrowano się na wybranych aspektach, w tym zwłaszcza na analizie architektury depozycyjnej oraz na tektonice synsedymenacyjnej włącznie z historią subsydencji. Osobne omówienie obu basenów permskich wynika z ich odrębnej budowy geologicznej, a szczególnie z różnic w charakterze i uwarunkowaniach wypełnienia osadowego, czego konsekwencją są odmienne typy układów węglowodorowych w obu basenach. W przypadku basenu cechsztyńskiego skoncentrowano badania analityczne na problematyce dolomitu głównego — ogniwa stratygraficznego najbardziej perspektywicznego pod względem złożowym. Z kolei, szczegółowe badania basenów dewońskiego i karbońskiego ograniczono do dwóch obszarów — pomorskiego i radomsko-lubelskiego.

Należy podkreślić, że ograniczanie badań szczegółowych do pewnych części basenów polskich lub do określonych ogniw stratygraficznych, nie oznacza ich wyrwania z szerszego kontekstu basenowego. Przeciwnie, jednym z głównych założeń projektu było rozpatrywanie badań wycinkowych na tle całych basenów, czemu służą różnego rodzaju ujęcia syntetyczne uwzględnione w opracowaniu.

Planując badania dokonano podziału zadań między współwykonawców, uwzględniając dotychczasowy dorobek poszczególnych jednostek i zespołów badawczych w zakresie ABS. Państwowy Instytut Geologiczny, główny wykonawca projektu, wziął na siebie ciężar opracowania architektury osadowej basenów, w tym zdefiniowanie systemów i cykli depozycyjnych, jako szkieletu pozostałych badań. W PIG przeprowadzono ponadto analizę subsydencji i tektoniki synsedymenacyjnej, badania petrologiczne skał zbiornikowych, regionalną ocenę stopnia dojrzałości termicznej skał macierzystych oraz podsumowanie wyników badań i wyciągnięcie wniosków surowcowych.

Zespół pracowników Akademii Górniczo-Hutniczej pod kierunkiem prof. dr hab. inż. M. Kotarby opracował pod względem geochemicznym wybrane utwory potencjalnie macierzyste głównie basenu dewońskiego i cechsztyńskiego. Wykonano badania pirolityczne, oznaczono zawartość bituminów i ich skład grupowy, wykonano analizę biomarkerów oraz badania izotopowe rop i gazów z wybranych poziomów dewońskich (Lubelszczyzna) i cechsztyńskich (Pomorze Zach.). Wreszcie, najbardziej reprezentatywne profile wierceń objęto modelowaniami procesów generowania i ekspulsji węglowodorów metodą TTI i za pomocą programu GENEX.

Prace prowadzone pod kierunkiem dr inż. Lecha Antonowicza w BG GEONAF TA przebiegały dwutorowo. Mgr inż. Józef Tarkowski z zespołem opracował bazę danych dla 200 kluczowych otworów wiertniczych obejmującą podstawowe informacje o utworze, profil stratygraficzny wraz z uproszczoną litologią, dane o rdzeniu, wyniki próbowania złożowych, wyniki analiz węglowodorów oraz podsta-

*Państwowy Instytut Geologiczny, ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa

wowe dane petrofizyczne. Dr inż. L. Antonowicz ze współpracownikami zajął się przygotowaniem materiałów sejsmicznych i współpracował przy ich interpretacji.

W Instytucie Górnictwa Naftowego i Gazownictwa badania były koordynowane przez prof. dr hab. inż. Józefa Kruczka. Grupa badawcza pod kierunkiem dr Piotra Sucha wykonała badania petrofizyczne wybranych skał zbiornikowych równolegle analizowanych pod względem petrologicznym w PIG. Z kolei, zespół mgr inż. Ireny Matyasik przeprowadził analizy geochemiczne wytypowanych skał macierzystych, głównie karbońskich. Zakres analiz uwzględniał badania pirolityczne, rozdział grupowy bituminów, badania biomarkerów i kwasów humusowych oraz pierwiastkowego składu kerogenu.

Opracowanie końcowe składa się z dwóch części. W pierwszej, ogólnej części przedstawiono kolejno zarys metodologii badań (M. Narkiewicz i in.), rozwój badanych basenów w szerszym regionalnym kontekście geotektonicznym i paleogeograficznym (R. Dadlez), zarys budowy głębokiego podłoża basenów polskich (R. Dadlez) oraz omówienie komputerowej bazy danych otworowych opracowanej przez Biuro Geologiczne GEONAF TA (J. Tarkowski).

Na drugą część składają się opracowania kolejnych basenów sedymentacyjnych w porządku stratygraficznym. Starano się tu zachować wspólny układ konstrukcyjny, oczywiście w takim stopniu, na jaki pozwalała geologiczna specyfika poszczególnych jednostek. Ich opis z reguły otwiera rozdział wstępny zarysujący umiejscowienie basenu na tle rekonstrukcji kontynentalnych i paleoklimatycznych. Towarzyszy temu mapa obrazująca ogólną geometrię basenu w granicach Polski oraz mapa lokalizacyjna z zaznaczonymi badanymi profilami wiertniczymi i sejsmicznymi. Mapa ta przedstawia również w syntetycznej formie zakres badań analitycznych poszczególnych profili. Kolejny rozdział, pt. *Architektura depozycyjna* jest poświęcony opisowi wypełnienia osadowego basenów w ujęciu stratygrafii sekwencyjnej/zdarzeniowej (ryc. 1). Obejmuje on możliwie wyczerpujący katalog systemów depozycyjnych charakteryzujących dany basen, wraz z ich krótką charakterystyką, interpretacją środowiskową i kluczem do identyfikacji w materiale rdzeniowym i karotażowym. Ponadto, przedstawiono, po raz pierwszy w kraju na tak dużą skalę, próbę podziału sukcesji osadowych na cykle depozycyjne, na ogół odpowiedniki sekwencji 2. i 3. rzędu.

Jednym z celów omówienia systemów i cykli depozycyjnych jest określenie elementów architektury osadowej o znaczeniu surowcowym, w tym skał macierzystych, zbiornikowych lub uszczelniających. Te dwie pierwsze kategorie utworów są następnie omówione pod względem charakterystyki, odpowiednio, geochemicznej i petrofizycznej. W tej części omówiono ponadto analizy ropy (basen dewoński — ryc. 5) lub ropy i gazu (basen cechsztyński).

Kolejny rozdział dotyczy analizy subsydencji w obrębie poszczególnych basenów (przykład na ryc. 2), a jego zadaniem jest m.in. przygotowanie gruntu do omówienia historii pogrzebienia basenu, rozumianej głównie jako ewolucja termiczna i diagenetyczna. Przedstawiono tu wyniki badań petrologicznych skonfrontowane z petrofizyczną analizą przestrzeni porowej (ryc. 3). Następnie omówiono (z wyjątkiem basenów czerwonego spągowca i mezozoicznego) rezultaty badań nad termiczną maturacją materii organicznej (przykład cechsztyński na ryc. 4). Rozdział o historii pogrzebienia kończy omówienie wyników modelowania komputerowego procesów generacji i ekspulsji węglowodorów (ryc. 6).

Omówienie każdego basenu, z wyjątkiem mezozoicznego, zamyka rozdział krótko podsumowujący wnioski dotyczące perspektyw węglowodorowych. Intencją autorów było tu określenie ogólnych tendencji regionalnych, wynikających z przeprowadzonych badań, które mogłyby służyć jako ogólne wytyczne do planowania prac poszukiwawczych. Uznając znaczenie aspektów surowcowych w analizie basenów sedymentacyjnych w ogóle, a w obecnym projekcie w szczególności, autorzy nie stawiali sobie doraźnych celów poszukiwawczych. Chodziło raczej o ogólną ocenę perspektywiczności całych basenów lub ich znacznych części z punktu widzenia geologii naftowej.

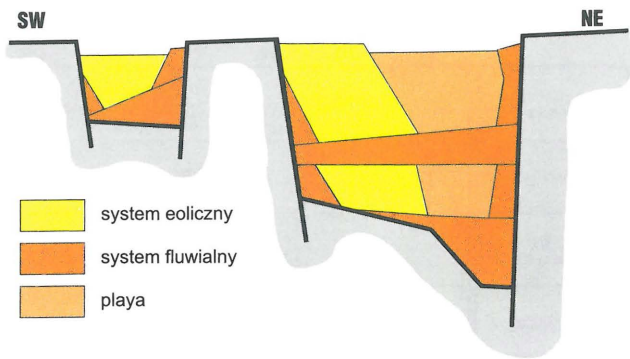
Wyniki badań

W części ogólnej, R. Dadlez zestawił i przeanalizował główne rysy głębokiej budowy skorupy ziemskiej w podłożu badanych basenów sedymentacyjnych, wykorzystując wyniki najnowszych głębokich badań geofizycznych, w tym m.in. nową interpretację głębokiego profilu sejsmicznego LT-7. Ujawnia się tu, zwłaszcza w odniesieniu do basenów permskich i mezozoicznych, wiele zależności między geometrią i rozwojem poszczególnych basenów a rejonizacją domen skorupowych i stref głębokich nieciągłości tektonicznych. W kolejnym rozdziale, R. Dadlez przeanalizował szersze regionalne tło rozwoju badanych basenów polskich, odnosząc ich ewolucję do procesów i zdarzeń tektonicznych i klimatycznych w skali kontynentalnej. W dalszym ciągu artykułu przedstawiono bardzo skrótowo jedynie najważniejsze wyniki projektu, powołując się na autorów odpowiednich rozdziałów opracowania końcowego. Ryc. 1–6 przedstawiają przykłady ilustracji różnych aspektów ABS w omawianym projekcie.

Basen dewoński

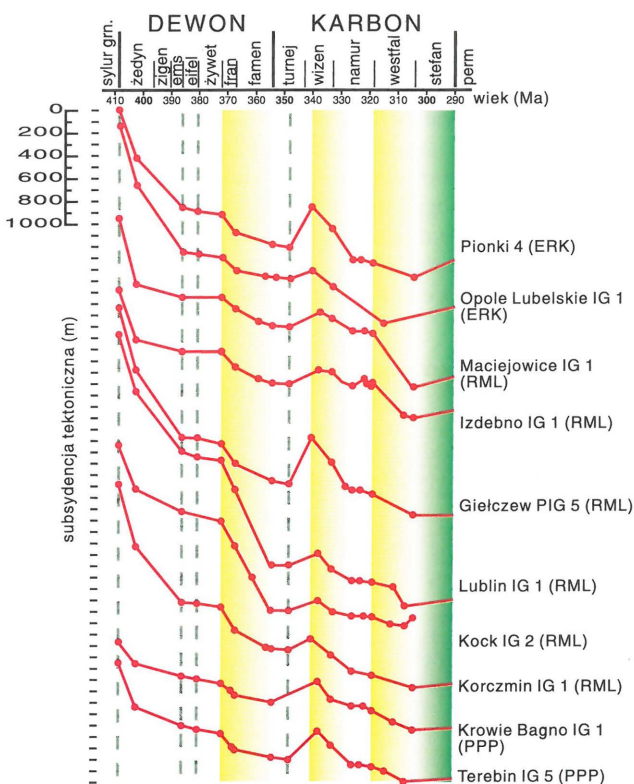
W przypadku rejonu na południe od Lublina przeprowadzono (P. Krzywiec i M. Narkiewicz przy współpracy L. Miłaczewskiego i J. Szewczyka) interpretację sejsmostratygraficzną architektury osadowej górnego dewonu, wyróżniając w obrębie tych utworów charakterystyczne formy geometryczne świadczące o progradacji systemu rampy i basenu szelfowego w kierunku osi rowu mazowiecko-lubelskiego. Interpretacja ta ma potencjalnie ważne implikacje dla możliwości występowania basenowych utworów macierzystych w wyższej części franu i niższej famenu. Wszelkstronne badania geochemiczne (M. Kotarba i zespół) wskazują na małe perspektywy występowania skał macierzystych na obszarze pomorskim, nawet w obrębie najbardziej obiecującej jednostki litostratygraficznej — ogniwa strzeżewskiego formacji człuchowskiej. Na obszarze radomsko-lubelskim najlepsze właściwości wykazuje pod tym względem formacja bychawska (zwłaszcza w swej dolnej części), zawierająca morsko-algowy, ropotwórczy typ kerogenu, oraz transgresywne systemy depozycyjne środkowodewońskich cykli transgresywno-regresywnych. W przypadku formacji bychawskiej stwierdzono powinowactwo genetyczne z ropami z górnego dewonu w otworach Kock IG 2 i Lublin IG 1 (ryc. 5).

Szczegółowe badania petrofizyczne potwierdziły niekorzystny rozkład parametrów zbiornikowych w utworach dewonu (M. Włodarczyk). Przy znacznych nieraz porowatościach skały są przeważnie nieprzepuszczalne. Istnienie miejscami przepuszczalności jest z reguły związane ze szczelinowatością i kawernistością skał węglanowych, w tym dolomitów krystalicznych ogniwa werbkowickiego



Ryc. 1. Schemat architektury depozycyjnej basenu czerwonego spągowca (wg H. Kiersnowskiego) ilustrujący w uproszczony sposób rozmieszczenie głównych systemów depozycyjnych odzwierciedlających cykliczność najwyższego rzędu. Rozciągłość przekroju ok. 300 km, maksymalna miąższość osadów około 1500 m

(Lubelszczyzna) i formacji koczalskiej (Pomorze). Ilościowa analiza subsydencji wskazuje na podobny jej rozwój na obu badanych obszarach w środkowym dewonie (M. Narkiewicz, P. Poprawa, M. Lipiec, H. Matyja, L. Miłaczewski i A.M. Żelichowski). W dewonie późnym, na obszarze pomorskim kontynuuje się wykładniczo malejąca subsydencja termiczna, typowa dla pasywnego obrzeża kontynentalnego. Obszar radomsko-lubelski wykazuje odnowienie się silniejszej subsydencji we franie, związane zapewne z ekstensją (transtensją ?)



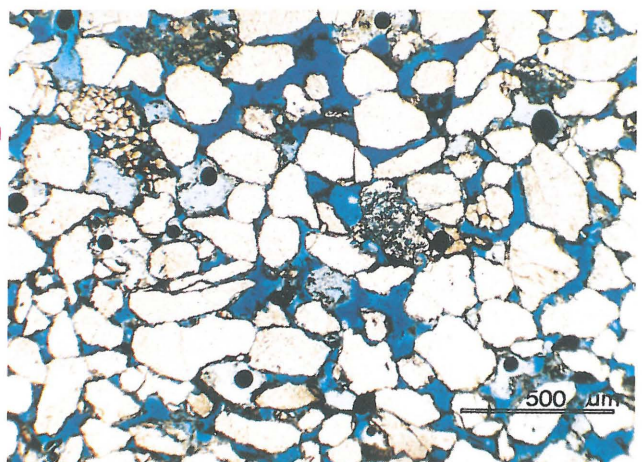
Ryc. 2. Porównanie krzywych subsydencji tektonicznej dla kluczowych profili obszaru radomsko-lubelskiego, z uwzględnieniem uzupełnionych i zrekonstruowanych miąższości. Skróty przy nazwach otworów odpowiadają jednostkom strukturalnym: ERK — elewacja radomsko-kraśnicka, RML — rów mazowiecko-lubelski, PPP — podniesiona część platformy prekambryjskiej. Opracowanie: M. Narkiewicz, P. Poprawa, M. Lipiec, H. Matyja, L. Miłaczewski, A.M. Żelichowski

w strefie tworzącego się rowu mazowiecko-lubelskiego (ryc. 2).

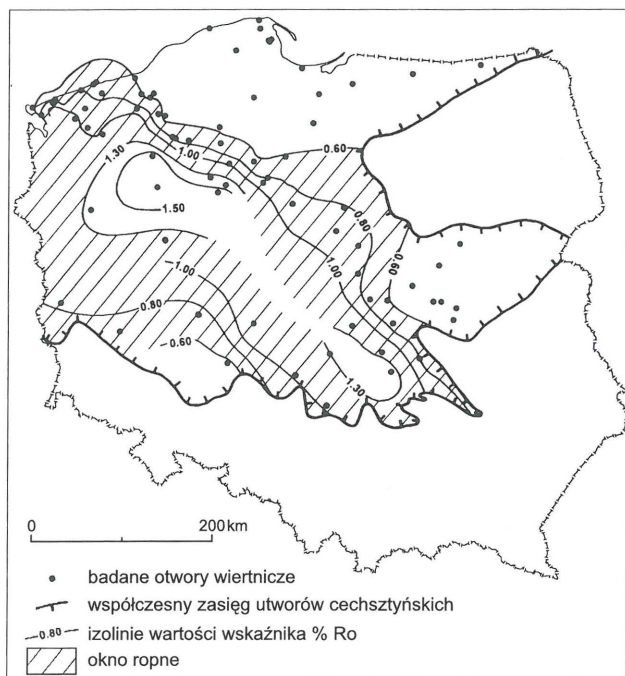
Przeważająca część obszaru radomsko-lubelskiego objęta jest zakresem okna ropnego. Na obraz stopniowych zmian dojrzałości zachodzących mniej więcej w kierunku NE-SW nakładają się anomalie termiczne związane z magmatyzmem wczesnokarbońskim w rejonie Lublina (I. Grotek, K. Narkiewicz). Obszar pomorski charakteryzuje się ogólnym wzrostem dojrzałości termicznej w kierunku SW i S, od strefy termicznie niedojrzałej w części północnej, przez rejon okna ropnego, po zakres generacji kondensatu i gazu suchego w części NW i S (I. Grotek, H. Matyja). Na obszarze radomsko-lubelskim utwory macierzyste dewonu weszły w fazę generowania ropy we wczesnym lub późnym karbonie w zależności od położenia profilu w planie strukturalnym (M. Kotarba, W. Burzewski, P. Kosakowski, D. Botor, K. Słupczyński). Próg ekspulsji ropy został osiągnięty tylko w przypadku strefy rowu mazowiecko-lubelskiego (ryc. 6). Na obszarze pomorskim jedynie jego NW część weszła w okno ropne jeszcze w dinancie, rejony położone dalej ku SE osiągnęły próg generacji ropy u schyłku karbonu lub już w mezozoiku, w zależności od położenia na tle stref subsydencji permsko-mezozoicznej. W obrębie basenu dewońskiego najbardziej perspektywiczny układ węglowodorowy obejmuje macierzyste utwory dewonu środkowego i famenu niższego, które osiągnęły odpowiednie warunki generacji i ekspulsji ropy w centralnym segmencie rowu mazowiecko-lubelskiego na przełomie karbonu wczesnego i późnego (M. Narkiewicz, L. Miłaczewski). Potencjalne skały zbiornikowe obejmują szczelinowo-kawerniste, węglanowe (głównie dolomitowe) utwory dewonu środkowego i górnego, ewentualnie piaszczyste serie karbońskie formacji magnuszewskiej.

Basen karboński

M. Lipiec przedstawił model rozwoju sedimentacji dinantu pomorskiego oparty na koncepcji jednego cyklu regresywnego z podrzędną cyklicznością uwarunkowaną procesami progradacji stożków podmorskich oraz barier klastycznych i oolitowych, a także wahaniem klimatycznymi. Z kolei, M.I. Waksmundzka przeprowadziła korelacje



Ryc. 3. Drobnziarnisty arenit kwarcowy z formacji z Drzewian wykazujący dobrze zachowaną pierwotną porowatość (różne odcienie niebieskiego). Opracowana przez M. Połoińską próbka pochodzi z wiercenia Koszalin IG 1, gdzie średnia porowatość całkowita formacji (n=12) wynosi 20,32 %, a przepuszczalność 509,00 mD (dane wg P. Sucha i A. Kobyłeckiej)

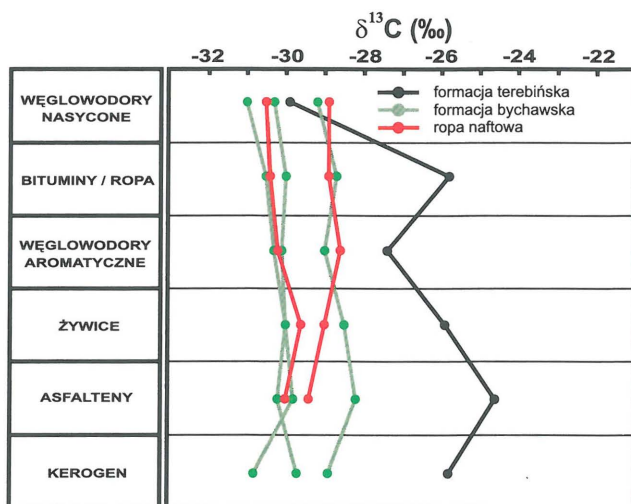


Ryc. 4. Mapa rozkładu wartości refleksyjności wityryny (Ro) w obrębie utworów cechoszyńskich; wg I. Grotek. W południowej części basenu przedstawiono zasięg dolomitu głównego

karbonu rowu lubelskiego opartą na wyróżnionych cyklach T-R.

Na podstawie szczegółowych badań geochemicznych I. Matyasik można było wyróżnić i scharakteryzować utwory potencjalnie macierzyste: formacje z Gozdu i z Sapolna oraz ogniwo grzybowskie na Pomorzu (spropelowo-humusowy, a więc ropo- i gazotwórczy typ kerogenu; ubogie skały macierzyste) oraz lubelską, dęblińską i Huczwy na Lubelszczyźnie (typ humusowy — gazotwórczy). Badania petrofizyczne P. Sucha i A. Kobyleckiej wskazują na terygeniczne utwory formacji z Drzewian i formacji magnuszewskiej jako najlepsze skały zbiornikowe karbonu, odpowiednio, pomorskiego i lubelskiego. Utwory formacji z Drzewian (ryc. 3) wykazują słabiej zaawansowane procesy kompaktacji i cementacji oraz obecność wtórnej porowatości związanej z rozpuszczaniem skałeni i dolomityzacją (M. Połomska). Bardzo dobre i dobre właściwości zbiornikowe utworów formacji magnuszewskiej są związane z nieznaną, wczesną cementacją kwarcową oraz z rozpuszczaniem skałeni potasowych (A. Kozłowska).

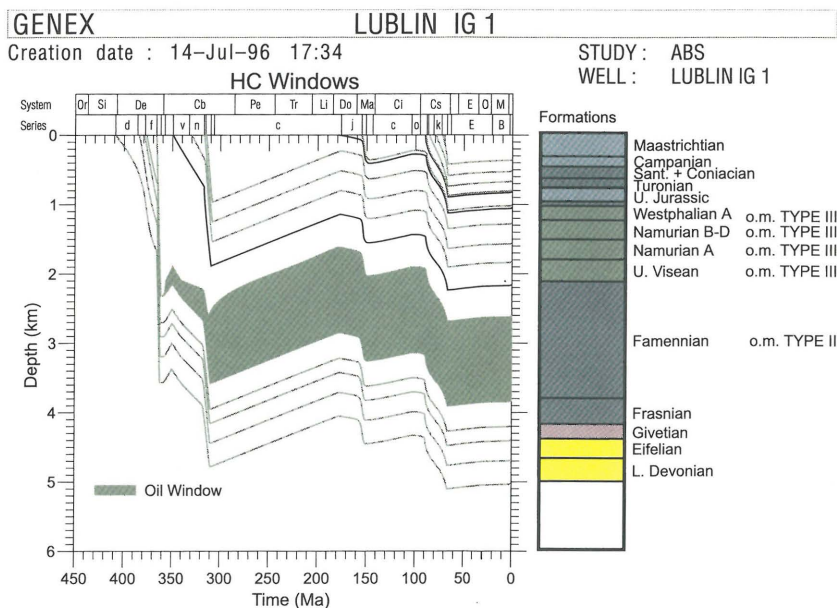
Oba badane obszary różnią się zasadniczo pod względem historii subsydencji (M. Narkiewicz, P. Poprawa, M. Lipiec, H. Matyja, L. Miłaczewski i A.M. Żelichowski). Na Pomorzu obserwujemy kontynuację malejącej stopniowo subsydencji późnodewońskiej, najprawdopodobniej o genezie termicznej, zakończoną inwersją tektoniczną na przełomie dinantu i silezu. Na obszarze mazowiecko-lubelskim występują dwa etapy subsydencji po okre-



Ryc. 5. Porównanie składu izotopów węgla w bituminach z formacji bychawskiej (dewon górny–famen) i terebińskiej (karbon górny –namur) z wiercenia Kock IG 2 ze składem ropy pochodzącej z tego samego otworu. Skały dewońskie, w przeciwieństwie do karbońskich, wykazują dobrą korelację z ropą pod względem charakterystyki izotopowej. Według M. Kotarby z zespołem

sie wypiętrzania i erozji w późnym turneju–wczesnym wizenie. Obejmują one kolejno późny wizen–wczesny namur i późny namur–westfal (ryc. 2). Prawdopodobnie, pulsy te są związane z okresowym odnawianiem się, zapoczątkowanego jeszcze w późnym dewonie, układu transtensyjnego w strefie rowu mazowiecko-lubelskiego.

Ocena termicznej dojrzałości materii organicznej, dokonana na podstawie rozkładu wartości Ro, CAI i Tmax, pozwoliła na wyznaczenie zasięgu okna ropnego na obszarze pomorskim i mazowiecko-lubelskim (I. Grotek, H. Matyja, S. Skompski). Najogólniej, wzrost stopnia dojrzałości następuje w kierunku południowo-zachodnim i jest skorelowany ze wzrostem głębokości maksymalnego pogrzebienia. Wyniki modelowania procesów generowania i ekspulsji węglowo-



Ryc. 6. Wykres historii pograżania dla profilu Lublin IG 1 obrazujący rozkład okna ropnego w czasie, modelowany za pomocą programu GENEX. Wg M. Kotarby, W. Burzewskiego, P. Kosakowskiego, D. Batora, K. Słupczyńskiego

dorów (M. Kotarba, W. Burzewski, P. Kosakowski, D. Botor, K. Słupczyński) wykazują silną zależność scenariusza tych procesów od pozycji badanego profilu na tle planu strukturalnego. Analiza układu węglowodorowego wskazuje na niewielkie prawdopodobieństwo wystąpienia układów czysto karbońskich, z powodu, przede wszystkim braku zbieżności między występowaniem odpowiednich skał macierzystych a reżimem termicznym sprzyjającym procesom generowania i ekspulsji (M. Lipiec). Z drugiej jednak strony, skały klastyczne karbonu mogą stanowić bardzo dobre kolektory dla węglowodorów wygenerowanych ze starszych skał macierzystych.

Basen czerwonego spagowca

H. Kiersnowski wyróżnił w profilach reperowych otworów wiertniczych pięć systemów depozycyjnych: wulkaniczny, fluwialny, eoliczny, playa-jezioro i płytkiego morza. Oprócz charakterystyki facjalno-sedymentologicznej, przedstawiono ich rozkład przestrzenny i ewolucję w czasie (ryc. 1). Osiem sekwencji depozycyjnych, skorelowanych wzdłuż przekrojów paleostrukturalnych poprzecznych i podłużnych, odzwierciedla sedymentację cykliczną, uwarunkowaną procesami tektonicznymi i zjawiskami klimatycznymi. J. Pokorski przedstawił interpretację przebiegu głównych stref uskokowych i bloków skorupowych warunkujących zróżnicowaną subsydencję basenu czerwonego spagowca. Wykorzystano tu wyniki najnowszych głębokich badań geofizycznych, w tym zwłaszcza sejsmicznych refrakcyjnych i refleksyjnych.

Badania petrofizyczne (G. Leśniak) potwierdziły korzystne cechy kolektorskie najbardziej perspektywicznych systemów depozycyjnych, w tym zwłaszcza fluwialnego i eolicznego. Najmniej korzystne właściwości zbiornikowe wykazują utwory playi oraz systemu wulkanicznego. W pozostałych systemach parametry te zależą głównie od składu mineralnego materiału ziarnowego (zależnego z kolei od litologii obszarów alimentacyjnych), rozmiarów cementacji i zaawansowania procesów rozpuszczania diagenetycznego — wnioski zgodne z wynikami wcześniejszych badań (A. Maliszewska, M. Kuberska). Ogólnie, występowanie korzystnych właściwości zbiornikowych jest zależne od regionalnego rozkładu systemów depozycyjnych, na co nakłada się wtórna zmienność wywołana przez czynniki diagenetyczne (H. Kiersnowski, A. Maliszewska, J. Pokorski). Uwarunkowania depozycyjne udokumentowano i przedstawiono w postaci kartograficznej. Obecne rozpoznanie procesów diagenetycznych, choć umożliwia ich charakterystykę petrologiczną i rekonstrukcję następstwa w czasie, to jednak nie pozwala jeszcze na dokładniejszą rejonizację. Można jedynie wskazać pewne obszary o większym potencjale diagenetycznym, związanym z niestabilnym, wyjściowym składem mineralnym.

Basen cechsztyński

Na podstawie badań geochemicznych skał potencjalnie macierzystych stwierdzono w cechszynie niską do średniej zawartość substancji organicznej w utworach wapienia podstawowego wraz z łupkiem miedzionośnym i dolomitu płytkowego, natomiast średnią do wysokiej w poziomie dolomitu głównego. We wszystkich przypadkach zaznacza się zdecydowana dominacja morsko-algowego, ropotwórczego typu kerogenu (M. Kotarba z zesp.). W dolomicie głównym R. Wagner wyróżnił trzy główne systemy depozycyjne: platformy węglanowe, stoki platform i równię basenową. Szczegółowe badania geochemiczne, w tym izotopowe wskazują, że wę-

glowodory nagromadzone w obrębie utworów dolomitu głównego obszaru pomorskiego (Wysoka Kamieńska, Kamień Pomorski i Petrykozy) zostały wytworzone na etapie mikrobialnym i w początkowej fazie etapu termogenicznego z macierzystej substancji organicznej związanej z tym samym poziomem stratygraficznym.

Badania petrofizyczne (B. Darlak) pozwoliły na wyróżnienie w obrębie dolomitu głównego trzech odmian skał reprezentujących trzy typy przestrzeni porowej o różnych właściwościach zbiornikowych — od dobrych właściwości kumulacyjnych i przewodzących (typ I) do zerowych parametrów zbiornikowych (typ III). W rejonie platformy pomorskiej poziomy o potencjalnie dobrych właściwościach zbiornikowych występują w rejonie Benic i Gorzysławia. Obserwuje się jedynie częściową zależność parametrów zbiornikowych (głównie przepuszczalności) od pierwotnej charakterystyki sedymentacyjnej: ogólnie korzystniejsze właściwości kolektorskie w facjach ziarnistych. Na powstawanie wtórnej porowatości wpływ miały głównie procesy spękania i rozpuszczania diagenetycznego, natomiast na jej zapełnianie — głównie cementacja minerałami ewaporatowymi (A. Gąsiewicz).

Stopień dojrzałości odpowiadający oknu gazowemu osiągnęła pierwotna materia organiczna w centralnej części basenu, zgodnej z przebiegiem osi depocentrum bruzdy śródpolskiej (I. Grotek). W kierunku NE i SW od tej osi występują symetrycznie strefy o dojrzałości odpowiadającej, kolejno, zakresowi generacji kondensatów oraz ropy (ryc. 4). Utwory niedojrzałe termicznie występują jedynie we wschodnich częściach (paleo)zatoeki nadbałtyckiej i podlaskiej. Wyniki modelowania procesów generowania i ekspulsji węglowodorów przez zespół M. Kotarby wskazują, że utwory cechsztyńskie w różnym stopniu i w różnym czasie, choć na ogół poczynając od przełomu jury wczesnej i środkowej, weszły w fazę generacji ropy i miejscami nie osiągnęły progu jej ekspulsji.

Utwory dolomitu głównego stanowią samowystarczalny układ węglowodorowy, w którym sąsiadują ze sobą dobre skały macierzyste i potencjalne skały zbiornikowe, a stopień przeobrażeń termicznych z reguły sprzyjał procesom generowania i ekspulsji węglowodorów (R. Wagner). Jednakże, z powodu nieregularnego rozwoju przestrzeni porowej w późnych na ogół fazach diagenety, migracja węglowodorów była utrudniona, jej drogi krótkie, a powstałe złoża niewielkie. Szczególnie perspektywiczne dla poszukiwań są obszary bezpośredniego sąsiedztwa skał macierzystych i zbiornikowych w następujących strefach: (1) izolowanych platform węglanowych na równi basenowej, (2) stoków platform węglanowych, (3) stref barierowych przy stromych stokach, (4) stref lagunowych na pograniczu płyczn oolitowych i przegłębień.

Basen mezozoiczny

W trzaskie wyróżniono i omówiono 6 systemów depozycyjnych: eoliczny, fluwialno-jeziorny, deltowy, szelfu silikoklastycznego, szelfu węglanowego i zbiornika ewaporatowego. W ich obrębie wyróżniono 11 podsystemów (A. Iwanow). Opisano także 4 główne cykle T-R, z których każdy dzieli się na wiele cykli niższego rzędu. Przeprowadzono korelację cykli wzdłuż trzech linii profilowych podłużnych i poprzecznych względem osi bruzdy śródpolskiej. W jurze dolnej wyróżniono 5, a w środkowej 7 systemów depozycyjnych, od głębokiego szelfu silikoklastycznego po fluwialny (A. Feldman-Olszewska). Systemy wydzielono, podobnie jak w przypadku całego mezozoiku, w reperowych profilach wiertniczych. Omó-

wiono krótko ich cechy facjalno-sedymentologiczne, pozycję stratygraficzną i zasięg w basenie. Ciągi systemów składają się na 11 cykli T-R, które zostały skorelowane wzdłuż dwóch linii profilowych. Przedyskutowano też wiek granic cykli i ich stosunek do sekwencji/cykli ponadregionalnych wyróżnianych w zachodniej części Europy. W jurze górnej wyróżniono i omówiono 7 systemów depozycyjnych reprezentujących dwie domeny paleogeograficzne: węglanowo-ewaporatową i szelf silikoklastyczny, a także strefę pośrednią między nimi (E. Gaździcka). W utworach tych można było wydzielić trzy główne cykle T-R i szereg cykli wyższego rzędu, które skorelowano wzdłuż trzech linii profilowych. Omówiono wiek cykli na podstawie dostępnych danych biostratygraficznych oraz ich stosunek do cykliczności rejestrowanej poza obszarem Polski. W obrębie kredy dolnej wyróżniono 6 systemów depozycyjnych — od bagienno-limnicznego i fluwialnego po rampę węglanową i szelf silikoklastyczny, natomiast w kredzie górnej — 3 systemy: płytkiego szelfu silikoklastycznego, węglanów pelagicznych morza otwartego i podmorskich stożków piaszczystych (K. Leszczyński). Wydzielono 15 pełnych cykli T-R 3. rzędu, które skorelowano w 4 liniach profilowych.

Analizę subsydencji i tektoniki synsedymentacyjnej mezozoiku przeprowadzili R. Dadlez, S. Marek i M. Narkiewicz na podstawie map paleomiąższości i litofacji, krzywych subsydencji całkowitej i tektonicznej (*backstripping*) i geologicznych przekrojów poprzecznych do osi wału śródpolskiego. Materiały sejsmiczne opracowane m.in. przez zespół L. Antonowicza stanowiły materiał wyjściowy do dokonanej przez R. Dadleza interpretacji 6 przekrojów umiejscowionych od Bałtyku po dalekie NW obrzeżenie Gór Świętokrzyskich. Przeanalizowane materiały pozwoliły na odtworzenie ewolucji subsydencji w różnych strefach basenu mezozoicznego, umożliwiły prześledzenie znaczenia różnych elementów strukturalnych w rozwoju sedymentacji i subsydencji w kolejnych planach czasowych, pozwoliły na zilustrowanie geometrii oraz scharakteryzowanie rozwoju solnych i niesolnych struktur tektonicznych w ujęciu regionalnym.

Uwagi końcowe

Projekt zamawiany *Analiza basenów sedymentacyjnych Niżu Polskiego* jest jednym z etapów na drodze do pełnego wprowadzenia strategii ABS do polskiej geologii regionalnej i naftowej. Jego przełomowe znaczenie polega na tym, że stanowi pierwsze przedsięwzięcie naukowe podjęte w Polsce na tak dużą skalę regionalną i z równie szerokim zakresem aspektów i metod badań. Projekt stworzył wspólną platformę badawczą dla czołowych ośrodków badań geologicznych Niżu Polskiego, co umożliwiło zespolenie wysiłków w duchu zintegrowanej analizy basenowej. Niezależnie od zebrania oryginalnego materiału obserwacyjnego i przedstawienia nowych interpretacji różnych aspektów badanych basenów, projekt umożliwił zgromadzenie wielu doświadczeń i wyciągnięcie wielu wniosków natury metodologicznej. Wnioski i implikacje płynące z projektu — trudne do choćby pobieżnego podsumowania w tym krótkim komunikacie — mogą okazać się pomocne przy wytyczaniu bliższych planów i

dalszych perspektyw badawczych w dziedzinie ABS. Perspektywy te powinny oczywiście uwzględniać objęcie analizą nowych basenów, w tym m.in. staropaleozoicznych i kenozoicznych. Ponadto, powinny zmierzać do bardziej szczegółowego rozpoznania jednostek uwzględnionych w projekcie, przez zagęszczenie obserwacji, a więc uwzględnienie szerszych, bardziej wyczerpujących baz danych.

Przyszłe badania architektury depozycyjnej basenów w większym stopniu będą korzystać z danych sejsmicznych, w tym sejsmiki 3-D. Na większy udział zasługuje analiza tektoniczna w różnej skali: od mezostrukturalnych obserwacji rdzeni, przez analizę materiałów karotażowych po interpretację profili sejsmicznych i innych badań geofizycznych. Rozszerzaniu repertuaru metod rozpoznania historii termicznej oraz doskonaleniu metod analizy subsydencji powinna towarzyszyć ściślejsza integracja z badaniami sekwencji procesów diagenetycznych w skałach zbiornikowych i macierzystych. W Polsce są już dostępne zaawansowane programy komputerowe do modelowania procesów generowania i ekspulsji w wersji zarówno 1-D, jak i 2-D, w tym drugim przypadku z uwzględnieniem procesów migracji i akumulacji wygenerowanych faz (Betlej & Zagórski, 1992; Jagosiak & Merta, 1995; Karnkowski, 1996). Narzędzia te będą wymagały bardziej precyzyjnych i lepiej udokumentowanych danych, m.in. dotyczących położenia granic chronostratygraficznych, odtworzenia brakujących miąższości związanych z ważniejszymi lukami tektonicznymi, danych paleobatymetrycznych i eustatycznych, informacji o historii termicznej i parametrach petrofizycznych serii skalnych.

Można przewidywać, że potrzeby przemysłu naftowego i (lub) cele naukowe narzucą konieczność zawężenia badań do pewnych fragmentów polskich basenów. Nawet jednak w takich przypadkach, niezbędne będzie odwoływanie się w badaniach szczegółowych do szerszego kontekstu regionalnego, przedstawionego w równoległe opracowywanych syntezach poszczególnych basenów. Te z kolei muszą uwzględniać w większym niż dotychczas stopniu wyniki głębokich badań geofizycznych, w tym sejsmicznych, grawimetrycznych, magnetycznych i innych. Badania te są niezbędne do rekonstrukcji strukturalnych ram basenów, warunkujących ich powstanie i rozwój. Dochodzimy tu do kwestii ważnego etapu przyszłych badań ABS obejmującego ilościowe modelowanie rozwoju i inwersji basenów w celu ustalenia najbardziej prawdopodobnych modeli genetycznych. Takie wszechstronne modele, w możliwie wyczerpującym stopniu tłumaczące obserwacje geologiczne, powinny stanowić ukoronowanie przyszłych prac. Jeżeli wyniki projektu ABS Niżu Polskiego przybliżają nas do osiągnięcia tego celu, to, jak sędzę, spełnił on swoje zadanie.

Literatura

- BETLEJ K. & ZAGÓRSKI J. 1992 — Nafta Gaz, 48: 105–109.
 JAGOSIAK P. & MERTA H. 1995 — Prz. Geol., 43: 637–644.
 KARNKOWSKI P. 1996 — Ibidem, 44: 159–164.
 NARKIEWICZ M. 1991 — Kwart. Geol., 32: 189–206.