

Wacława Piesik-Buś, Jadwiga Zamojcin

Instytut Nafty i Gazu, Oddział Krosno

Perspektywiczność hydrodynamiczna występowania węglowodorów w utworach czerwonego spągowca, na przykładzie basenu monokliny przedsudeckiej

Zdefiniowanie typu basenu hydrodynamicznego polega na określeniu, w jakim stadium rozwoju znajduje się on aktualnie: przed, w trakcie, czy po inwazji wód infiltracyjnych. Na podstawie analizy hydrodynamicznej osadowych basenów naftowych można stosunkowo wcześnie stwierdzić, czy dany basen jest perspektywiczny, czy też nie. Wydzielono trzy główne typy basenów osadowych oraz dokonano analizy i klasyfikacji hydrodynamicznej basenów osadowych Polski – zwłaszcza basenu czerwonego spągowca monokliny przedsudeckiej. W publikacji zostaną przedstawione podstawy teoretyczne modelowania i hydrodynamicznej klasyfikacji basenów osadowych oraz wyniki analizy basenu czerwonego spągowca monokliny przedsudeckiej.

Hydrodynamic perspectiv of the gas fields in Rotliegend series basin in Fore-Sudetic Monocline

On the basis of hydrodynamic analysis concerning the basin of oil field we can clearly assume whether this basin is prospective or not. There are three major types of sedimentary basins. Some explorations were carried out and sedimentary basins were classified. Especially those located in Poland such as basin of red sedimentary rocks of Monoklina Przedsudecka. In this article we will present basics of theoretical modeling and classification of hydrodynamic, sedimentary basins and outcomes of analysis of red sedimentary rocks of Monoklina Przedsudecka.

Gazonośny zbiornik czerwonego spągowca tworzy niejednorodną przestrzeń litologiczną, mieszczącą się w typie utworów sedymentacji morskiej i lądowej. Różnicowane petrograficznie facje utworów terygenicznych pozostają w systemie regionalnej łączności hydraulicznej, o nieustalonym dotychczas stosunku przepływu płynu w obrębie facji i pomiędzy nimi. Trwający od oligocenu do chwili obecnej okres względnej stabilizacji geostukturalnej obszaru sprzyjał powstawaniu i nagromadzeniu węglowodorów w strefach gdzie istnieją odpowiednie pułapki. Dla lepszego przybliżenia warunków migracji i akumulacji węglowodorów istotne jest określenie wielkości i kierunków przepływu wód głębszych w skałach zbiornikowych czerwonego spągowca. W większości skał zawierających płyny złożowe stwierdzono istnienie podziemnego gradientu hydraulicznego [2]. W związku z tym, za normalną sytuację dla niemal wszystkich basenów naftowych przyjmuje się warunki hydrodynamiczne, a nie hydrostatyczne. Styl hydrodynamiczny basenu determinowany jest przez warunki sedymentacji oraz budowę basenu. Ruch płynów zależy zatem od parametrów hydrogeologicznych skał: przepuszczalności, zmian facyjnych oraz stref zasilania i drenażu. Stan akumulacji węglowodorów wyznaczają warunki równowagi zachodzące między statyczną fazą kolektora, a dynamiczną fazą płynów złożowych [12].

Monoklina przedsudecka jest mega strukturą, zbudowaną z kilku kompleksów strukturalnych: kaledońskiego, waryscyjskiego, laramijskiego oraz pokrywy polaramijskiej. Z punktu widzenia rozpoznania warunków akumulacji interesujące są dwa kompleksy: waryscyjski oraz laramijski. Kompleks waryscyjski, stanowiący podłoże dla utworów permu, zbudowany jest w swej najwyższej części z utworów karbońskich, wykazujących wysoki stopień zaangażowania tektonicznego. Utwory te uległy silnym procesom erozyjno-denudacyjnym, w wyniku których ukształtowała się ich powierzchnia morfologiczna. W zasięgu monokliny zaznaczają się elementy strukturalno-erozyjne:

- blok przedsudecki,
- zapadlisko zielonogórskie, wypełnione osadami saksonu,
- wał wolsztyński, o długości ok. 200 km i szer. 30-50 km, w większości pozbawiony osadów saksonu,
- zapadlisko poznańskie, wypełnione klastycznymi osadami saksonu, z udziałem zlepieńców w strefach brzeżnych,
- wyniesienie Myśliborza-Rokietnicy,
- zapadlisko pomorskie.

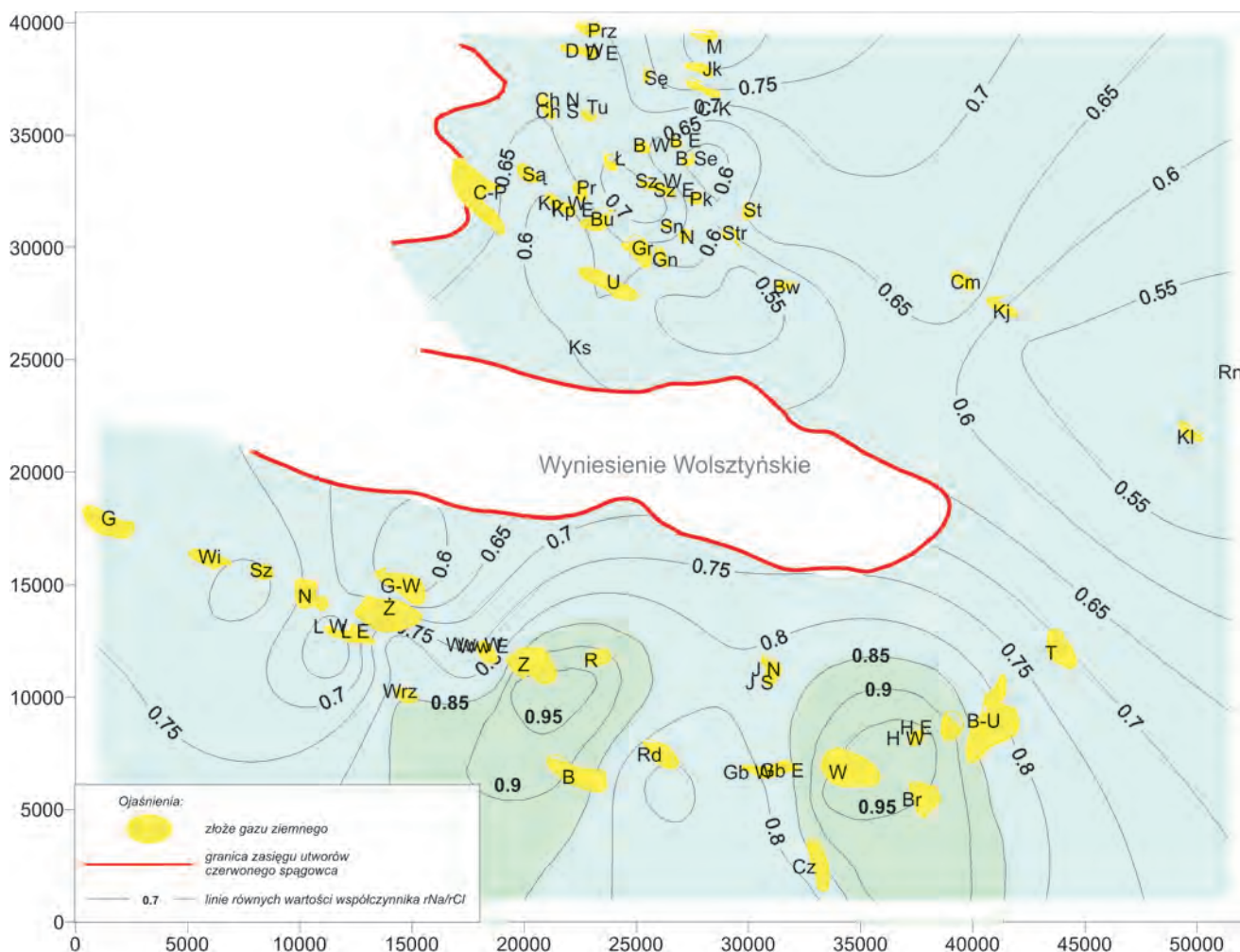
Elementy te miały istotny wpływ na warunki tworzenia osadów permskich (szczególnie czerwonego spągowca),

których sedymentacja rozpoczynała się w największych obniżeniach i przechodziła stopniowo na obszary położone wyżej. Osady te pokryte są serią utworów anhydrytowo-solnych cechsztynu, a następnie triasu i jury oraz kredy. Najmłodszą pokrywą na całym obszarze stanowią utwory trzecio- i czwartorzędu.

W geotektonicznych kryteriach podziału waryscyjskiego systemu sedymentacyjno-orogenicznego, dolnopermski basen czerwonego spągowca odpowiada pozycji młodszej molasy postwaryscyjskiej [9].

Utwory czerwonego spągowca zalegają niezgodnie na sfałdowanym i zerodowanym podłożu karbońskim, i starszym. Utwory te, o bardzo zmiennej miąższości, składają się z serii piaskowcowo-zlepieńcowo-mułowcowych o zabarwieniu ceglasto-czerwonym, z niewielkim udziałem utworów szarych. Powstały one w warunkach lądowych, jako wynik działalności sedymentacji rzecznej, sedymentacji w zbiornikach wód śródlądowych, jak też

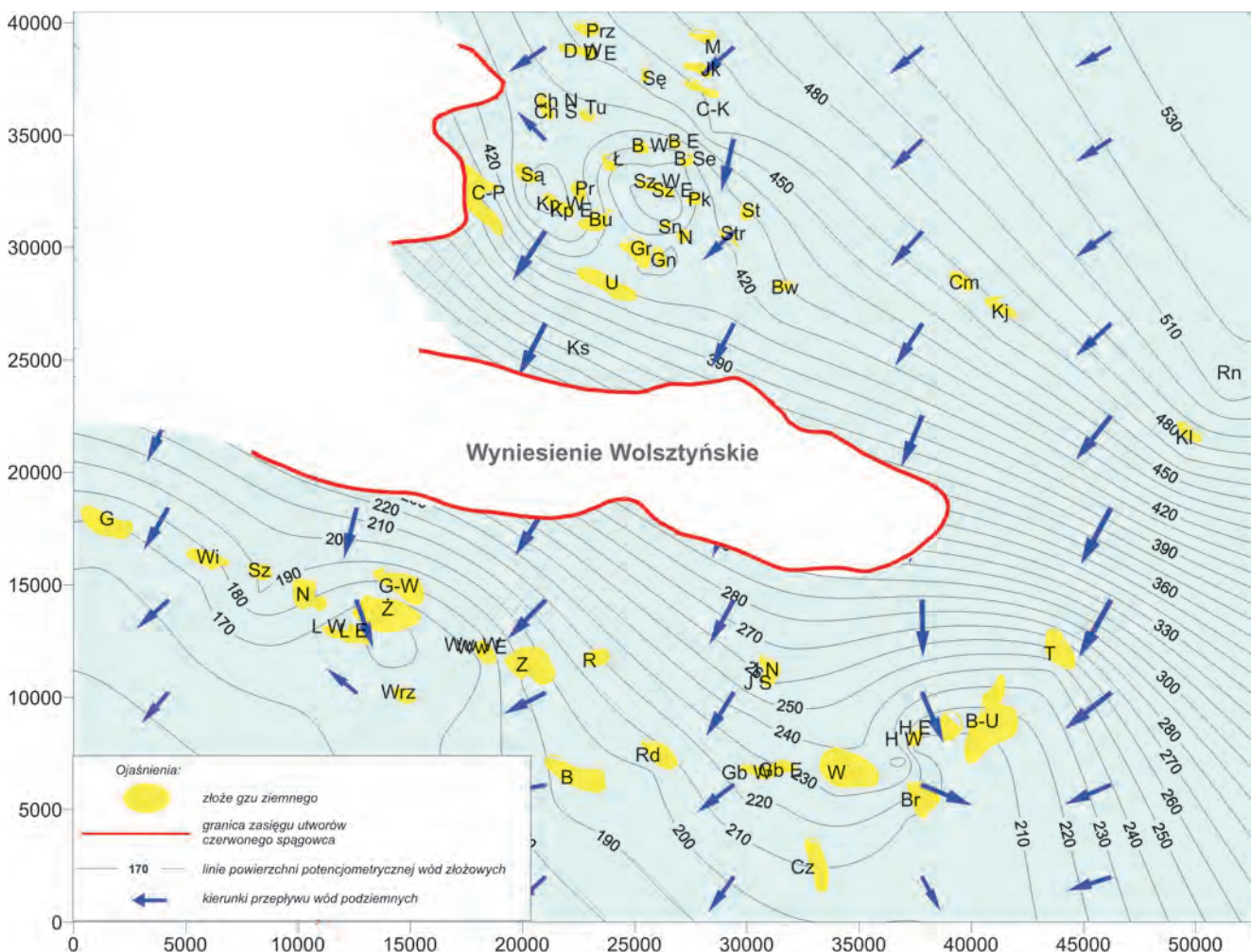
działalności eolicznej. Pojawiają się również poglądy, że wśród tych osadów znajdują się także osady pochodzenia morskiego – jako wynik chwilowych ingresji morskich. Utwory czerwonego spągowca dzieli się na dwa podpiętra: autun i sakson. Na pograniczu autunu i saksonu przypada nasilenie ruchów epejrogenicznych głównej fazy saalskiej, które spowodowały dość wyraźne zmiany paleogeograficzne, a tym samym nastąpiła zmiana warunków sedymentacyjnych. Podpiętro autunu tworzy seria piaskowców; przeważnie średnio- i gruboziarnistych, zlepieńcowatych, twardych i zbitych. Słabo wysortowane i źle obtoczone ziarna kwarcu i okruchów skał podłoża spójone są lepiszczem ilasto-żelazistym i ilasto-kaolinowym. Wśród piaskowców występują przewarstwienia zlepieńców drobnoziarnistych, a także mułowce i iłowce. Utwory autunu nie stanowią ciągłej pokrywy skalnej, a ich występowanie ogranicza się do dolin erozyjnych, jakie wypreparowane zostały w utworach karbońskich,



Rys. 1. Wartość wskaźnika rNa/rCl pozwala na ocenę wskaźnika wymiany jonu sodowego przez jony wapniowe i określa stopień metamorfizmu wód. Wody złożowe o wartości ilorazu rNa/rCl poniżej 0,75 wskazują na strefę perspektywną, a przy $< 0,50$ – na bardzo perspektywną

budujących waryscyjski kompleks strukturalny – stanowiących jednocześnie podłoże utworów permskich. Granica między autunem a saksonem jest wyraźna. Związana jest ona z okresem wyraźnej przebudowy tektonicznej tego obszaru, wynikającej z działalności subsfery saalskiej. W profilu utworów czerwonego spągowca w wielu otworach stwierdza się erozyjny charakter granicy między autunem a saksonem, co dowodzi występowania w tym czasie ruchów epejrogenicznych podłoża, powodujących długotrwały hiatus – zaznaczający się głównie w strefach brzeżnych i wyniesionych. Osady saksonu wyraźnie się różnią pod względem litologiczno-facjalnym od osadów autuńskich. Utwory te powstały w wyniku erozji i denudacji górotworu sudeckiego. Procesom sedymentacji towarzyszyły ruchy pionowe podłoża, które miały wpływ na zmiany litologiczne osadów. Osady saksonu wykształcone są jako seria piaskowcowo-zlepieńcowa, w której piaskowce i zlepieńce tworzą samodzielne kompleksy, bądź też warstwy wzajemnie się przegradzające. Wśród

utworów piaskowcowo-zlepieńcowatych występują cienkie pakiety iłowców lub mułowców. Dominującym typem osadów saksonu są piaskowce drobno- i średnioziarniste, rzadziej gruboziarniste oraz różnoziarniste, zlepieńcowate i mułowcowe. Barwa tych piaskowców jest przeważnie brunatno-czerwona, rzadziej szarzielona. Spoiwo jest zróżnicowane pod względem składu mineralnego. Zdecydowanie przeważającym jest spoiwo ilaste i ilasto-żelaziste, tworzące otoczki w ziarnach kwarcu i okruchach skał (jako głównych składników piaskowców) oraz występujące w przestrzeniach międzyziarnowych. Mineralami tworzącymi spoiwo są illit i chloryt, a sporadycznie kaolinit. Zlepieńce występujące wśród piaskowców są barwy brunatno-czerwonej. Materiałem detrytycznym są okruchy skał, kwarc oraz skalenie. Spoiwo w zlepieńcach jest typu właściwego i są to głównie minerały ilaste, węglany, krzemionka i tlenki żelaza – jako masa wypełniająca piaszczysto-mułowcowa. Mułowce i iłowce, występujące w postaci wkładek i przewarstwień wśród piaskowców i zlepieńców,



Rys. 2. Mapa w swoim obrazie przedstawia powierzchnię piezometryczną i przepływ wód podziemnych, wywołany różnicami ciśnień

są barwy ciemnobrunatnej. Tworzą one najczęściej cienkie warstewki i laminy, podkreślając warstwowość tych osadów.

Z powyższego wynika, że w warstwach saksonu można wydzielić trzy typy litofacjalne osadów: piaskowce, zlepieńce oraz mułowce i ilowce. W profilu pionowym tych osadów widoczna jest wyraźna ich zmienność, którą można scharakteryzować w następujący sposób:

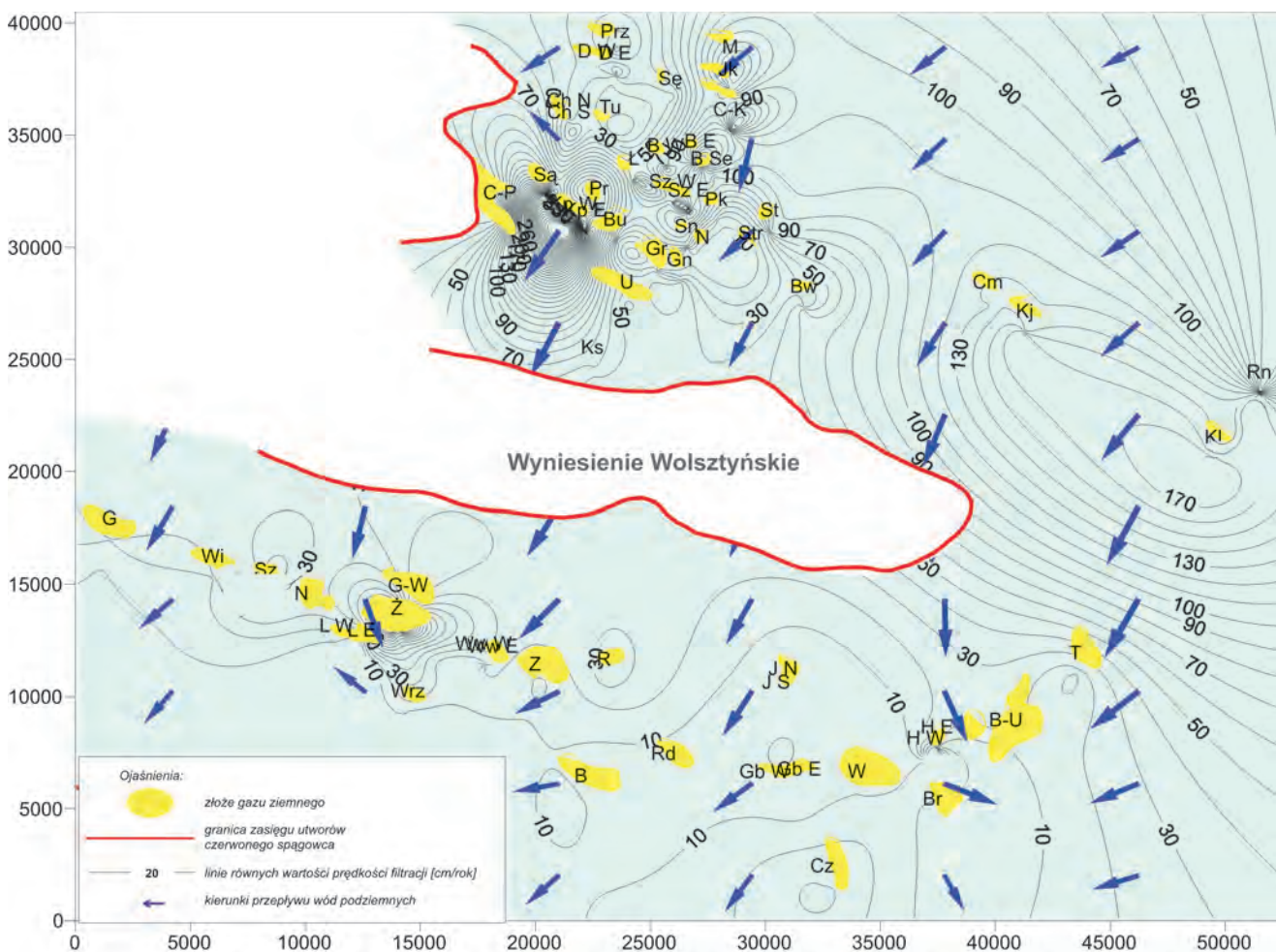
- dominującym typem osadów są piaskowce występujące na całym obszarze zasięgu saksonu,
- zlepieńce występują przeważnie w strefie brzeżnej zasięgu utworów saksonu, a ich udział w profilu wyraźnie maleje w kierunku N i NE,
- utwory mułowcowo-ilaste pojawiają się w strefie centralnej i powiększają swój udział w kierunku N i E.

Wody nasycające piaskowce saksonu i wapień cechsztyński, w obszarze niecki zielonogórsko-rawickiej posiadają w obrębie tych samych struktur jednakowy skład chemiczny. Są to silnie zmineralizowane solanki, o mineralizacji ogólnej od 230,4 do 312,6 g/l. W całym obszarze niecki zielonogórskiej skład chemiczny solanek jest zbli-

żony. Są to solanki chlorkowo-sodowo-wapniowe, które należy zaliczyć do klas IV-VI według klasyfikacji W.A. Sulina, zmodyfikowanej przez Bojarskiego. Poza głównymi składnikami, jakimi są Na^+ i Ca^+ , występują również (ale w znacznie mniejszej ilości) Mg^{++} i Fe^{++} . Ilość Mg^{++} jest bardzo zróżnicowana i waha się w granicach 0,5-4,4 g/l. Również zawartość Fe^{++} jest zróżnicowana i waha się od 0,3 do 2,3 g/l.

Pod względem stopnia metamorfizmu, wyróżniającego się stosunkiem jonów Na^+ do Cl^- , solanki niecki zielonogórskiej są silnie zmetamorfizowane. Stopień metamorfizmu jest wysoki.

Wody nasycające piaskowce i zlepieńce czerwonego spągowca w niecce poznańskiej są silnie zmineralizowanymi solankami, o mineralizacji ogólnej od 221 do 282 g/l. Skład chemiczny solanek jest zbliżony. Są to solanki chlorkowo-sodowo-wapniowe, zaliczane do klas IV-VI. Poza głównymi składnikami występuje również niewielka ilość Mg^{++} , w granicach 0,18-5,62 g/l. Wykonano także oznaczenia zawartości Br^- . Jest ona bardzo zróżnicowana i waha się od 0,53 do 2,29 g/l.



Rys. 3. Prędkości przepływu wód głębszych wynoszą od 0 do 450 cm/rok

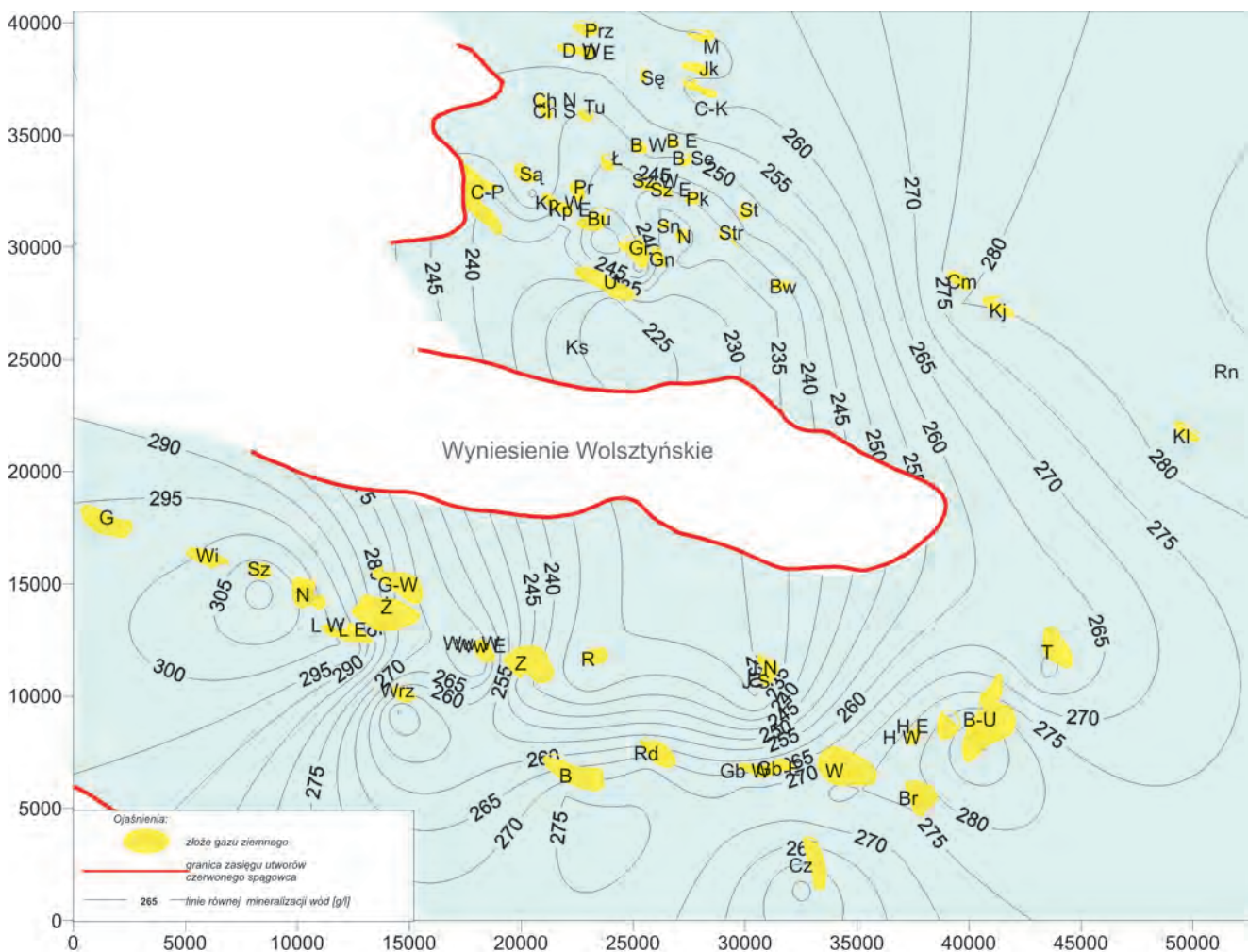
Pod względem stopnia metamorfizmu, solanki niecki poznańskiej są silnie zmetamorfizowane. Rozkład mineralizacji ogólnej wzrasta z głębokością i miąższością osadów saksonu.

Charakterystykę składu chemicznego wód wglębnych powszechnie uważa się za jeden z pośrednich wskaźników prognoz ropo-gazonośnych [1]. Celem scharakteryzowania wód złożowych w saksonie monokliny przedsudeckiej, pod kątem określenia perspektywiczności występowania złóż węglowodorów, wybrano grupę stosunków jonowych najczęściej stosowanych w geologii naftowej: rNa/rCl , $rSO_4 \times 100/rCl$ oraz Cl/Br [12]. Wartość wskaźnika rNa/rCl pozwala na ocenę wskaźnika wymiany jonu sodowego przez jony wapniowe i określa stopień metamorfizmu wód. Wody złożowe o wartości ilorazu rNa/rCl poniżej 0,75 wskazują na strefę perspektywiczną, a przy $< 0,50$ – na bardzo perspektywiczną [1]. Tak jest w przypadku monokliny przedsudeckiej. Solanki są silnie zmetamorfizowane.

Wielkość wskaźnika $rSO_4 \times 100/rCl$ jest wskaźnikiem przebiegu procesów redukcyjnych, jakie zachodzą w czasie migracji w wodach. Podwyższone wartości tego współczynnika wskazują na współczesną infiltrację wód powierzchniowych. Wartość ilorazu poniżej 1 pozwala zaliczyć daną strefę do perspektywicznych [1]. Wartości bromu powyżej 350 mg/l, przy wskaźniku Cl/Br poniżej 200, mogą także wskazywać na obecność złóż.

Mineralizacja wód wglębnych saksonu mieści się w granicach 221-312 g/l. Zmniejszenie mineralizacji następuje w rejonie wyniesienia wolsztyńskiego, po obu jego stronach. Wyniesienie to stanowi niejako zapórę, wokół której następuje stopniowe wysładzanie wód wglębnych.

Gaz ziemny występujący w złożach niecki zielonogórskiej jest gazem metanowym, zaazotowanym. Zawartość metanu w nim waha się od 35 do 73%, węglowodorów wyższych C_{2+} od 0,48 do 2,53%, azotu od 22,6 do 68,92% i helu od 0,03 do 0,42%. Obecne też są znikome ilości CO_2



Rys. 4. Mineralizacja wód wglębnych saksonu mieści się w granicach 221-312 g/l. Zmniejszenie mineralizacji następuje w rejonie wyniesienia wolsztyńskiego, po obu jego stronach. Wyniesienie to stanowi niejako zapórę, wokół której następuje stopniowe wysładzanie wód wglębnych

i H₂. Cechą odróżniającą ten gaz od gazu ze złóż NE obszaru jest znacznie wyższa zawartość azotu. W rozkładzie terytorialnym zauważa się, że zawartość azotu w gazie wzrasta w kierunku zachodnim.

W złożach niecki poznańskiej występuje gaz ziemny zaazotowany. Zawartość węglowodorów w gazie zmienia się w przedziale 70,3-85,1%, przy czym jest to wyłącznie metan. Zawartość węglowodorów cięższych C₂₊ jest znikoma (poniżej 1%). Drugim głównym składnikiem gazu jest azot. Występuje on w ilości od 12,7 do 29,4%. W gazie występuje również hel, w ilości od 0,04 do 0,25%.

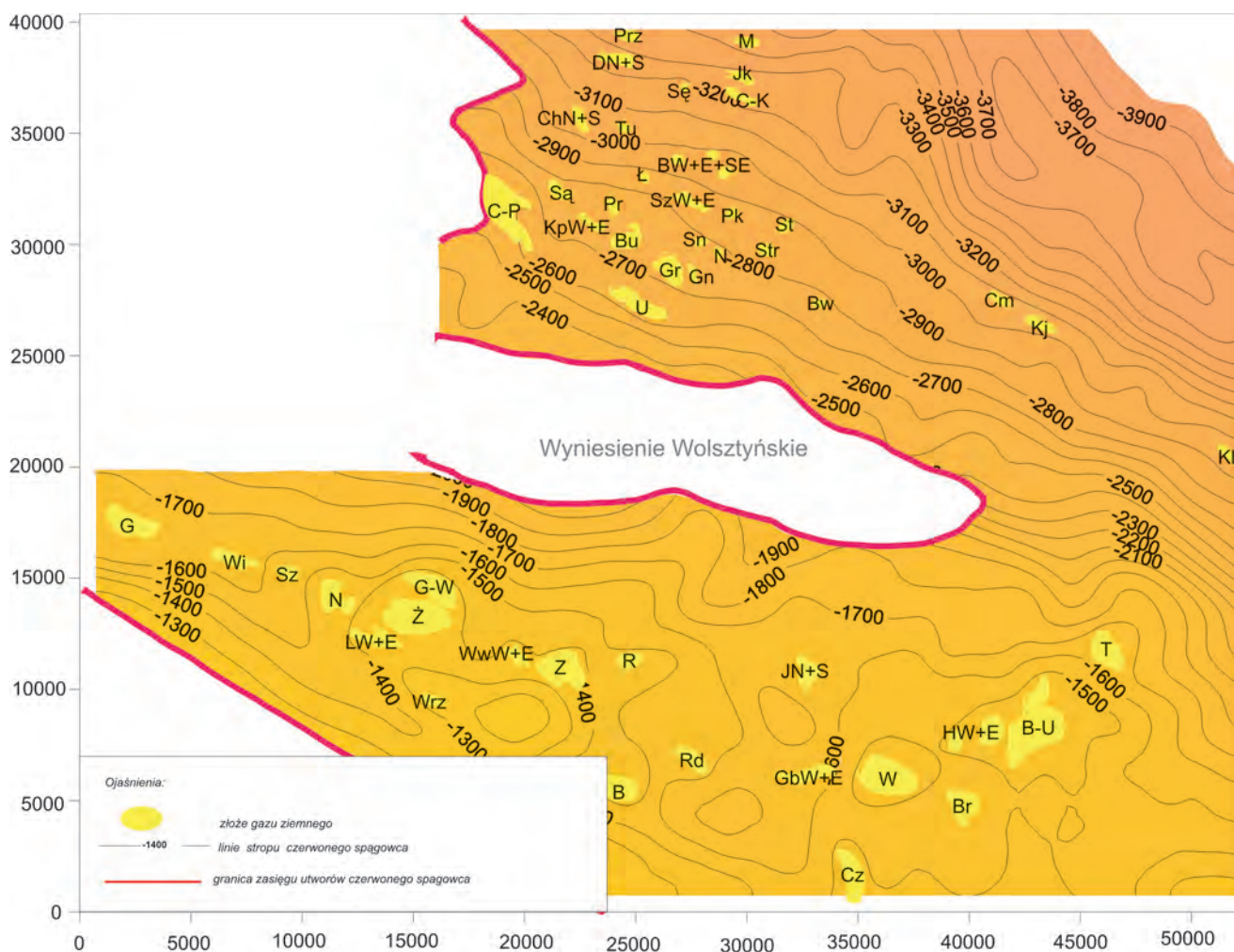
Ze względu na skład chemiczny gazu ziemnego, złoża można podzielić na trzy typy:

- złoża wysokoazotowane, o zawartości węglowodorów do 20% objętości, azotu ponad 70% oraz H₂S,
- złoża średnioazotowane, zawierające gaz o zawartości do 60% objętości węglowodorów,

– złoża zawierające gaz o dużej zawartości węglowodorów – rzędu 60-90% objętości.

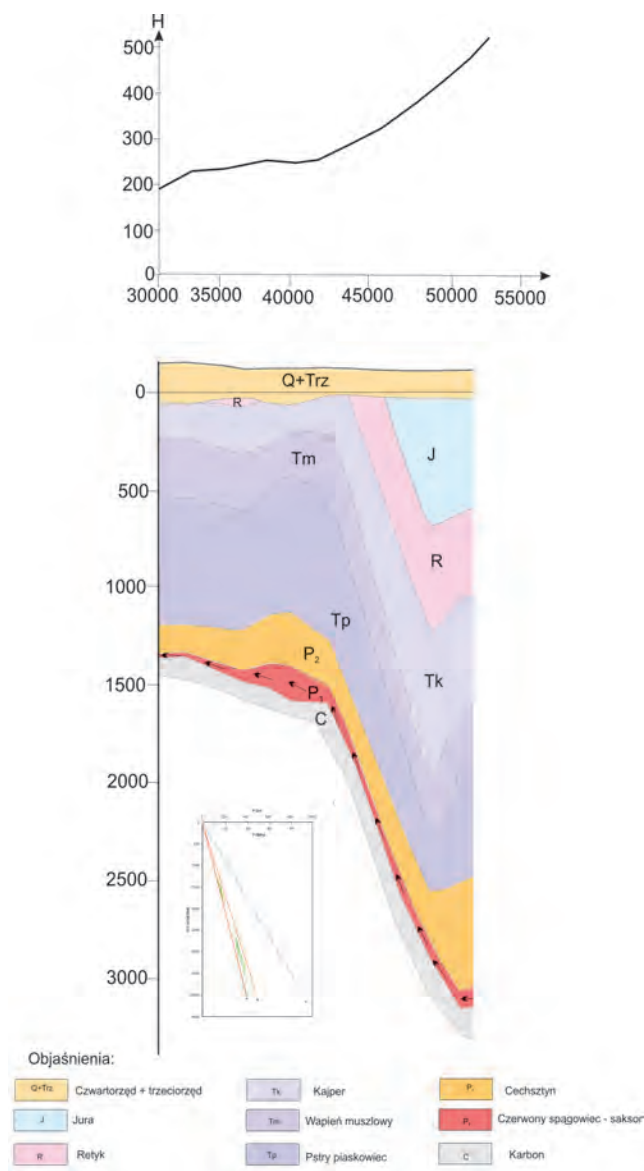
Wspólną cechą dla prawie wszystkich złóż jest to, że pułapki złożowe są wypełnione w zupełności do tzw. zamknięcia strukturalnego [6].

Dolnopermski basen gazonośny stanowi integralną część permskiej prowincji naftowej NW Europy. Terygeniczne utwory dolnego permu, wchodzące w skład profilu produktywnego tej prowincji, tworzą w skali kontynentu europejskiego megazbiornik gazu ziemnego. Geologiczne warunki występowania złóż gazu ziemnego w tym megazbiorniku są podobne w odniesieniu do utworów dolnego permu w całej prowincji. Charakteryzuje je obecność macierzystych dla węglowodorów skał przedpermskich, a zwłaszcza utworów karbonu górnego (będących głównym źródłem gazu ziemnego [7]) oraz występowanie piaskowcowych skał saksonu, stanowiących główny horyzont



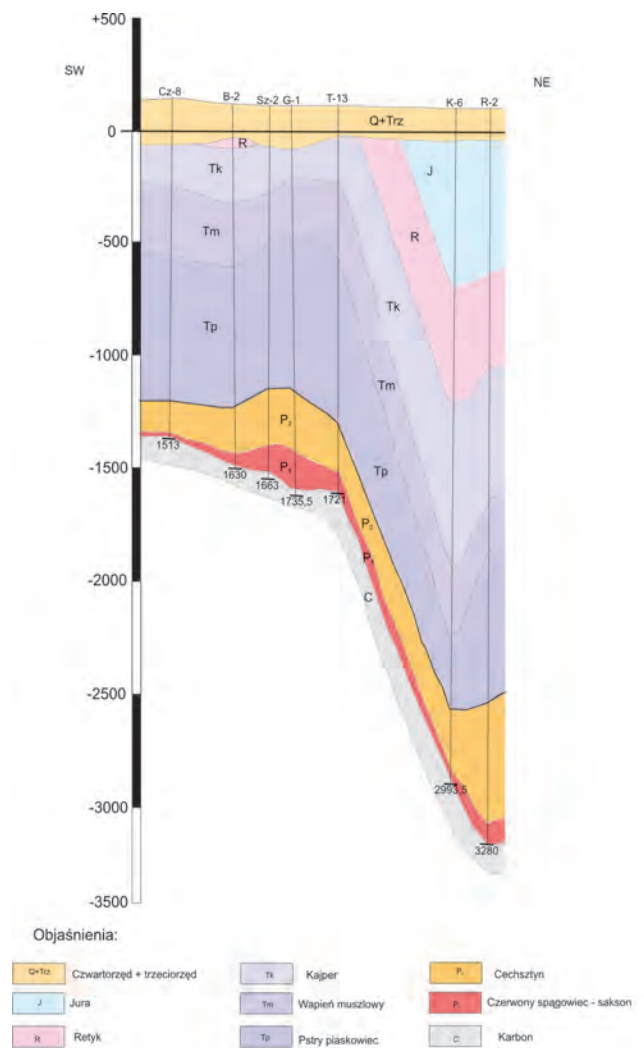
Rys. 5. Gazonośny zbiornik czerwonego spągowca tworzy niejednorodną przestrzeń litologiczną, mieszczącą się w typie utworów sedymentacji wodnej i lądowej. Trwający od oligocenu do chwili obecnej okres względnej stabilizacji geostrukturalnej obszaru sprzyjał powstawaniu i nagromadzeniu węglowodorów w strefach, gdzie istnieją odpowiednie pułapki

zbiornikowy, a także ewaporatowych utworów cechsztynu – tworzących horyzont uszczelniający. W sytuacji, gdy gazonośne utwory czerwonego spągowca kontaktują się z węglanowymi utworami cechsztynu o korzystnych własnościach zbiornikowych, skały węglanowe mogą stanowić dodatkowy horyzont zbiornikowy, mający swe uszczelnienie w anhidrytowo-solnych skałach cyklotemu Werra. Charakterystyczną cechą rozmieszczenia akumulacji węglowodorów w dolnopermskim profilu sedimentacyjnym jest ich związek z występowaniem piaskowcowej facji saksonu, rozwiniętej głównie w południowej części basenu permskiego. Polska strefa przemysłowych akumulacji gazu ziemnego, związanych z profilem osadowym czerwonego



Rys. 6. Utwory czerwonego spągowca zalegają niezgodnie na sfałdowanym i zerodowanym podłożu karbońskim, i starszym. Utwory te, o bardzo zmiennej miąższości, składają się z serii piaskowcowo-zlepieńcowo-mułowcowych o zabarwieniu ceglasto-czerwonym, z niewielkim udziałem utworów szarych

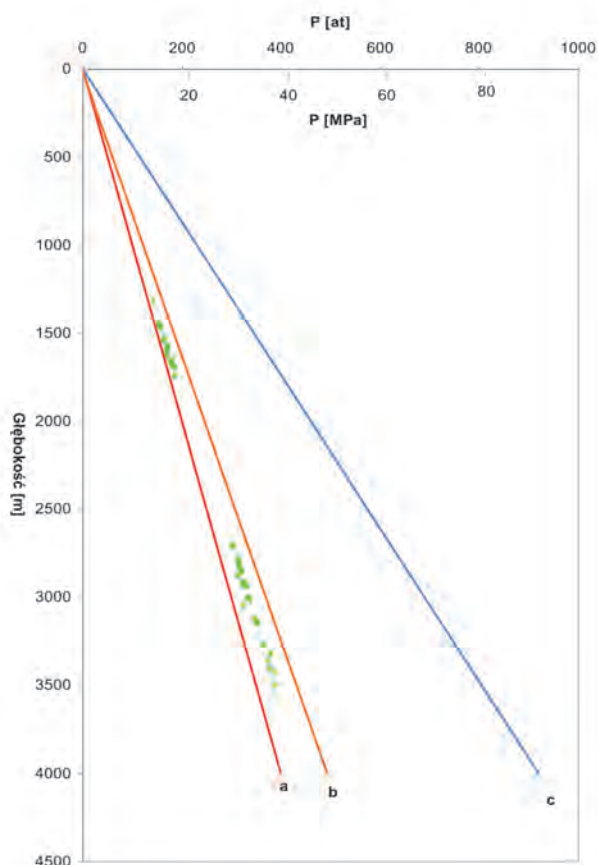
spągowca, leży na SE przedłużeniu zachodnioeuropejskiej strefy złożowej. W intrakratonicznym etapie rozwoju pokrywy osadowej paleozoicznej platformy zachodniej Europy zostało utworzone powaryscyjskie megazapadlisko, wypełnione górnokarbońskimi, a następnie dolnopermskimi utworami molasowymi [8]. Obszar rozprzestrzeniania dolnopermskich utworów molasowych powaryscyjskiego zapadliska NW Europy rozciąga się równoleżnikowo; od wschodnich granic Anglii, przez południowy rejon Morza Północnego, Holandię, Niemcy i Polskę, do zachodnich granic Rosji. Oś dolnopermskiego basenu molasowego przebiega równolegle do czoła orogenu waryscyjskiego i pokrywa się z osią ewaporatowej facji saksonu, występującej w centralnej części megazapadliska. Na polską część dolnopermskiego basenu molasowego przypada ok. 20% obszaru całości basenu. Dolnopermski basen epiwaryscyjskiej depresji przedsudeckiej, utworzony w końcowym etapie rozwoju cyklu orogenicznego, podporządkowany



Rys. 7. Przekrój geologiczny poprzeczny przez utwory monokliny przedsudeckiej

był postorogenicznym warunkom tektonicznym, determinującym paleogeologiczne czynniki formowania basenu sedymentacyjnego. Produktem tej postorogenicznej sedymentacji jest terygeniczna formacja osadowo-wulkaniczna czerwonego spągowca.

Zjawiska zachodzące między węglowodorami a wodami złożowymi i ciśnieniem skłaniają do stwierdzenia, że typ odśrodkowy jest najbardziej perspektywiczny, natomiast typ dojrzały uważany jest za nieperspektywiczny. Na podstawie klasyfikacji hydrodynamicznej można określić perspektywiczność basenu [13]. Płyny złożowe oraz ich ruch zmieniają się regionalnie. Zmiany hydrodynamiczne dotyczą przeważnie całego zbiornika. Faza dynamiczna płynów złożowych zmienia się w czasie. Między elementami fazy dynamicznej mediów złożowych zachodzą związki fizyczne i chemiczne. Istnieje zależność między charakterem wód złożowych, ich genezą, mineralizacją i składem chemicznym, a częstością występowania złóż



Rys. 8. Wykres ciśnień złożowych w utworach czerwonego spągowca monokliny przedsudeckiej

- a = normalny gradient ciśnienia hydrostatycznego, odpowiadający ciężarowi słupa wody słodkiej $a = 0,1 \text{ at/m}$,
- b = gradient ciśnienia hydrostatycznego, odpowiadający ciężarowi solanki o średniej mineralizacji $b = 0,11 \text{ at/m}$,
- c = gradient ciśnienia geostatycznego, odpowiadający ciężarowi skal nadkładu $c = 0,23 \text{ at/m}$.

węglowodorów. Wody infiltracyjne mają wpływ na proces niszczenia nagromadzeń węglowodorów. Powodują rozformowanie złóż, dyfuzję oraz utlenianie węglowodorów. Podstawą klasyfikacji hydrodynamicznej basenów osadowych są procesy różnicujące fazę płynną, a zwłaszcza czynniki związane z ruchem płynów złożowych. Określenie typu hydrodynamicznego basenu polega na stwierdzeniu, w jakim stadium rozwoju znajduje się basen: czy wody infiltracyjne wkroczyły do niego, czy też nie [15].

Podstawowym problemem hydrogeologicznym – z punktu widzenia eksploatacji złóż – są warunki hydrodynamiczne, jako czynnik energetyczny. Warunki hydrodynamiczne każdego basenu geologicznego ulegają zmianom w czasie, stosownie do zmian termodynamicznych; w szczególności zmienia się wartość ciśnienia, temperatury i objętość przestrzeni porowej – powodowanych przebudową strukturalną obszaru. Ostatnia przebudowa omawianego obszaru, jaka dokonała się w fazie laramijskiej, spowodowała istotne zmiany w warunkach hydrogeologicznych. Zmiany głębokościowe stały się głównym czynnikiem decydującym o kierunkach filtracji wód podziemnych. Jednocześnie w osadach czerwonego spągowca, pograżonych na dużej głębokości, postępował proces diagenety i kompaktacji skał pod grubą pokrywą osadów młodszych. Wypadkową tych czynników jest obecny stan hydrodynamiczny utworów saksonu [6]. Dzięki pomiarom ciśnień złożowych, pomierzonym w odkrytych złożach gazu ziemnego, możliwe jest odtworzenie panujących tam warunków dynamicznych. Do oceny tego wykorzystano dane ze złóż gazu. Uzyskane wartości ciśnień wykorzystano do sporządzenia mapy potencjometrycznej poziomów wodonośnych stropowej partii utworów saksonu. Opracowanie tej mapy miało na celu przedstawienie w ujęciu regionalnym warunków hydrodynamicznych. Mapa w swoim obrazie przedstawia powierzchnię piezometryczną i przepływ wód podziemnych, wywołany różnicami ciśnień. Celem prawidłowego wyznaczania tych parametrów konieczne było zastosowanie takiej metody, która uwzględni wszystkie ważniejsze czynniki.

Rozważania hydrogeologiczne w monoklinie przedsudeckiej doprowadziły do następujących wniosków:

- wody złożowe w utworach saksonu posiadają wysoką mineralizację: 221-312 g/l,
- ciśnienia złożowe są hydrostatyczne lub wyższe od hydrostatycznych,
- kierunki przepływu wód w głębszych są odśrodkowe,
- gradienty hydrauliczne wynoszą od 0,0015 do 0,045,
- prędkości przepływu wód w głębszych są w zakresie 0-450 cm/rok,

– odkryte do tej pory złoża występują w strefach o wysokiej mineralizacji oraz średniej przepuszczalności i dość wysokiej prędkości filtracji.

Wynika z tego, że monoklina przedsudecka jest basenem aktywnym hydrodynamicznie. Występuje tu duża perspektywiczność oraz bardzo wysoka przewodność hydrauliczna.

Permski basen sedymentacyjny monokliny przedsudeckiej, na tle przedstawionej klasyfikacji jest basenem odśrodkowym i należy do obszarów bardzo perspektywicznych. Jak potwierdzają odkryte już złoża, pułapki złożowe powinny być związane ze strefami o podwyższonej mineralizacji wód głębszych, podwyższonej przepuszczalności i średniej prędkości filtracji.

Utwory czerwonego spągowca i wapienia podstawowego, ze względu na ich gazoność, były intensywnie rozwiercane, opróbowywane i badane. Wykonano wiele analiz rutynowych i specjalistycznych, zamieszczonych w dokumentacjach odwiertowych i złożowych. Równocześnie szereg badaczy postawiło sobie za cel stworzenie syntetycznego obrazu całości basenu.

W filtracyjnym profilu warstw czerwonego spągowca monokliny przedsudeckiej można wyodrębnić zarówno horyzont ekranujący dla węglowodorów, jak i horyzont zbiornikowy. Horyzont ekranujący tworzą osadowe i wulkaniczne utwory autunu. Stanowią one przede wszystkim barierę nieprzepuszczalną dla wertykalnej migracji węglowodorów podłoża permu. Horyzont zbiornikowy zbudowany jest z utworów górnej serii osadowej. Filtracja płynów złożowych w horyzoncie zbiornikowym determinowana jest zmianami filtracyjnymi [6].

Rozpoznanie budowy geologicznej i hydrologicznej regionu, a także warunków akumulacji, hydrogeologicz-

nych i energetycznych – oparte na danych geologicznych i eksploatacyjnych, daje podstawę do sformułowania pewnych wniosków:

1. Akumulacja gazu w złożach niecki zielonogórskiej występuje w przystropowych partiach utworów saksonu, które tworzą kopulaste lub brachyantyklinalne podniesienia, ekranowane od góry utworami anhydrytowo-solnymi cechsztynu. Złoża niecki poznańskiej występują w przystropowych partiach utworów saksonu, które tworzą niewielkich rozmiarów kopulaste podniesienia, ekranowane od góry utworami anhydrytowo-solnymi cechsztynu.
2. Złoża są typu masywowego, na całej powierzchni podścielone wodą. Niektóre złoża mogą przyjmować charakter złóż typu warstwowego.
3. Warunki energetyczne złóż są mieszane. Dominują warunki ekspansyjne, ale zaznacza się również napór wód złożowych.
4. Odkryte do tej pory złoża występują w strefach o wysokiej mineralizacji oraz średniej przepuszczalności i dość wysokiej prędkości filtracji.
5. Występuje również średnio zauważalna inwazja wód infiltracyjnych.
6. Monoklina przedsudecka jest basenem aktywnym hydrodynamicznie; występuje tu duża perspektywiczność oraz bardzo wysoka przewodność hydrauliczna.
7. Permski basen sedymentacyjny monokliny przedsudeckiej na tle przedstawionej klasyfikacji jest basenem odśrodkowym i należy do obszarów bardzo perspektywicznych. Jak potwierdzają odkryte już złoża, pułapki złożowe powinny być związane ze strefami o podwyższonej mineralizacji wód głębszych, podwyższonej przepuszczalności i średniej prędkości filtracji.

Recenzent: prof. dr hab. inż. Andrzej Kostecki

Literatura

- [1] Bojarski L. i in.: *Opracowanie zmienności warunków hydrogeologicznych i geochemicznych w utworach czerwonego spągowca w strefie wyklinowań*. ZOG Geonafta, s. 3-4, Warszawa 1982.
- [2] Coustau H. i in.: *Classification hydrodynamique des bassins sedimentaires utilisations combinee d'autres methodes pour rationaliser l'exploration dans des bassins non-productifs*. IX World Petroleum Congress, s. 1, Tokyo 1975.
- [3] Dahlberg E.C.: *Applied Hydrodynamics in Petroleum Exploration*. Springer-Verlag, New York, Berlin, Heidelberg, London, Paris, Tokyo, Hong Kong, Barcelona, Budapest.
- [4] Dokumentacje geologiczne złóż gazu ziemnego Wilków, Wierzychowice, Czeszów, Cicha Góra-Paproc, Bukowiec, Grodzisk, Grochowice, Załęcze, Żuchłów, Bogdaj-Uciechów, Ujazd, Lipowiec, Góra-Wroniniec i inne złoża monokliny przedsudeckiej. Arch. INiG, Oddz. Krosno.
- [5] Dudek J. i in.: *Regionalne badania warunków akumulacji hydrogeologicznych i energetycznych czerwonego spągowca*. Dokumentacja. Arch. INiG, Kraków 1985.
- [6] Dudek J. i in.: *Rozpoznanie warunków akumulacji gazu w nowozagospodarowanych złożach gazowych czerwonego spągowca w basenie permskim*. Dokumentacja. Arch. INiG, s. 4-6, Kraków 1990.
- [7] Karnkowski P., Krzysztofowicz S., Solak M.: *Podcechsztyńska budowa geologiczna basenu permskiego*. Kwartalnik Geologiczny, 4, s. 4. Warszawa 1978.
- [8] Karnkowski P.: *Złoża gazu ziemnego i ropy naftowej w Polsce*. Niż Polski. Geos, s. 4. AGH, Kraków 1993.
- [9] Pożarski W.: *Budowa geologiczna waryscydów w Polsce*. Inst. Geol. Biul., 252, s. 2, 1970.
- [10] Such P.: *Model fizyczny przestrzeni filtracji basenu czerwonego spągowca*. Prace INiG nr 88, Kraków 1996.

- [11] Such P.: *Studium badań przestrzeni porowej skal dla potrzeb geologii naftowej*. Prace INiG nr 104, Kraków 2000.
- [12] Zawisza L.: *Hydrodynamic Conditiona of Hydrocarbon Accumulation Exemplified by the Carboniferous Formation in the Lublin Synclinorium*. Society of Petroleum Engineers Formation Evaluation, vol. 1, no 3, p. 1, 3, 5, Richardson, USA 1986.
- [13] Zawisza L.: *Warunki hydrodynamiczne dla akumulacji węglowodorów w karbonie i dewonie synklinorium lubelskiego*. PAN Prace Geol. nr 134, s. 5, 1988.
- [14] Zawisza L., Jucha S, Kulczyk T., Żołnierczuk T.: *Ocena hydrodynamiczna złóż gazu ziemnego Lipowiec, Żuchłów, Góra-Wroniniec*. Gospodarka Surowcami Mineralnymi T. 8, z. 3-4, 1992.
- [15] Zawisza L. i in.: *Hydrodynamiczne modelowanie basenów osadowych na przykładzie basenów naftowych Polski*. AGH, s. 5, Kraków 1995.
- [16] Zawisza L., Piesik-Buś W.: *Hydrodynamiczne modelowanie basenów osadowych na przykładzie basenu permskiego monokliny przedsudeckiej*. Wiertnictwo Nafta Gaz, 22/1, Kraków 2005.



Mgr inż. Wacława PIESIK-BUŚ – absolwentka Wydziału Geologii Poszukiwawczej AGH w Krakowie. Specjalizuje się w zagadnieniach geologii naftowej (praca magisterska na temat genezy anomalnych ciśnień złożowych i porowych w wytypowanych strefach Karpat fliszowych). Od 1987 r. pracownik Zakładu Podziemnego Magazynowania Gazu w INiG. Autorka wielu publikacji.



Mgr inż. Jadwiga ZAMOJCIN – absolwentka Wydziału Wiertniczo-Naftowego AGH w Krakowie. Od października 1980 r. pracownik Zakładu Eksploatacji IGNiG, od 1986 r. pracownik w Zakładzie Podziemnego Magazynowania Gazu INiG. Wykonuje prace w zakresie projektowania i eksploatacji podziemnych magazynów gazu ziemnego.

ZAKŁAD PODZIEMNEGO MAGAZYNOWANIA GAZU

Zakres działania:

- analiza struktur geologicznych złóż gazu ziemnego, ropy naftowej oraz obiektów zawodnionych, pod kątem możliwości ich przekształcenia w PMG;
- szczegółowa analiza warunków geologiczno-złożowych, ocena dotychczasowej eksploatacji złoża, warunków hydrodynamicznych, zdolności wydobywczych odwiertów;
- ocena stanu technicznego istniejącej infrastruktury pod kątem jej wykorzystania w pracy PMG;
- wykonywanie cyfrowych modeli geologicznych PMG, złóż gazu ziemnego i ropy naftowej;
- wykonanie projektu budowy PMG;
- analiza dotychczasowej pracy istniejących PMG w celu optymalizacji parametrów dalszej eksploatacji magazynów na bazie symulacji komputerowej;
- opracowanie projektów prac geologicznych, dotyczących poszukiwania i rozpoznawania złóż gazu ziemnego i ropy naftowej;
- opracowanie dokumentacji geologicznych złóż ropy naftowej i gazu ziemnego;
- opracowanie programu optymalnej eksploatacji złoża, wydajności poszczególnych odwiertów, tempa szczyperwania itp.

Kierownik: mgr inż. Bogdan Filar

Adres: ul. Armii Krajowej 3, 38-400 Krosno

Telefon: 13 436-89-41 w. 202

Faks: 13 436-79-71

E-mail: bogdan.filar@inig.pl

