

Wacława Piesik-Buś

Instytut Nafty i Gazu, Oddział Krosno

Analiza modelu geologicznego wytypowanego złoża gazu ziemnego do konwersji na PMG, z wykorzystaniem CO₂ jako gazu buforowego

W procesie poszukiwania oraz eksploatacji złóż ropy naftowej i gazu ziemnego PGNiG S.A. rozpoznało szereg struktur, które potencjalnie mogłyby być przydatne do sekwestracji CO₂, jednak priorytet zapewnienia bezpieczeństwa energetycznego kraju powoduje, że część obiektów będzie przeznaczona na magazyny gazu ziemnego, a dopiero w drugiej kolejności do ewentualnego składowania CO₂.

Celem tego opracowania jest przeprowadzenie analizy możliwości wykorzystania wybranego złoża gazowego – w tym przypadku złoża Załęczce – do konwersji na PMG, z wykorzystaniem dwutlenku węgla jako gazu buforowego. Dodatkowym atutem tego rozwiązania jest możliwość pozyskania środków finansowych od emitentów CO₂.

Utwory reprezentujące osady karbonu nawiercono w otworze Załęczce-6. Są to piaskowce, mułowce i iłowce, o barwie szaro-brunatnej, wiśniowej lub zielonkawej, ze szczątkami flory i fauny. Cała seria jest dość silnie zaangażowana tektonicznie, co sugerują liczne spękania, wypełnione kalcytem. Piaskowce i mułowce tej serii są zbudowane ze źle wysortowanych, źle obtoczonych okruchów kwarcu, kwarcytów, kryptokrystalicznych skał krzemionkowych, mułowców, iłowców i mniej lub bardziej zwietrzałych skaleni. Spoiwo jest typu kontaktowo-porowego; przeważa spoiwo ilaste lub żelaziste, rzadziej kwarcytowe, margliste lub węglanowe.

Górna seria osadów czerwonego spągowca (saksonu) wykształcona jest w postaci drobnoziarnistych piaskowców barwy ceglasto-czerwonej – na ogół kruchych i słabozwężłych, o spoiwie ilasto-żelazistym i podrzędnie węglanowym. W stropowej partii tej piaszczystej serii występują piaskowce jasnoszare i szare (biały spągowiec), drobnoziarniste, słabo zwięzłe, warstwowane równolegle

i skośnie, o spoiwie ilasto-węglanowym. Utwory górnej serii czerwonego spągowca charakteryzują się dobrymi właściwościami kolektorskimi.

Utwory cechsztynu reprezentowane są przez wszystkie 4 cyklotemy:

- *werra* – reprezentowany przez łupkę miedzionośny, wapień muszlowy, anhydryt dolny, sól najstarszą i anhydryt górny,
- *strassfurt* – reprezentowany przez dolomit główny i anhydryty leżące między dolomitami, a szarym iłem solnym; które nie rozdzielono, a określono ogólnie jako anhydryt podstawowy. Facjalnie odpowiada on soli starszej i anhydrytowi stropowemu,
- *leine* – rozpoczyna się sedymentacją szarego iłu solnego, wykształconego jako iłowce i mułowce ciemnoszare, czasem dolomityczne, z gruzłami anhydrytu. Nad iłem solnym zalega poziom dolomitu głównego oraz niewielkiej miąższości sól młodsza,
- *aller* – reprezentowany najczęściej przez ił solny, sól najmłodsza z przekładkami anhydrytu i iłowce czerwone, górne, z gruzłami anhydrytów, kończące sedymentację cechsztynu.

Utwory triasowe reprezentowane są przez:

- *pstry piaskowiec dolny* – wykształcony w dość monotonej serii nawzajem przeławicających się pstrych mułowców i piaskowców mikowych, wapnistych oraz iłowców; często spotyka się też w nich wkładki wapieni,
- *pstry piaskowiec środkowy* – reprezentujący kompleks osadów piaskowcowych z wkładkami węglanowymi. Sedymentację kończą czerwone iłowce niewarstwowane, z oczkami anhydrytu,
- *pstry piaskowiec górny „Ret”* – w dolnej części re-

prezentuje dwa poziomy anhydrytowe poprzedzielane marglami dolomitycznymi, a w górnej występuje seria o przewodzie szarych i szarozielonych margli dolomitycznych, z przekładkami dolomitów i anhydrytów,

- *wapień muszlowy* – tworzy podtrzeciorzędowe wychodnie i reprezentowany jest przez jego dolne ogniwa – serię wapieni falistych, piankowych.

Kajper reprezentują wszystkie ogniwa; dolny zbudowany jest z ilów i ilowców szarych, z wkładkami ilowców pstrych i piaskowców z mułowcami. Dolna seria gipsowa wypełniona jest ilowcami pstrymi, z przekładkami i gruzłami gipsu oraz anhydrytu. Poziom piaskowca trzcinowego zbudowany jest z mułowców oraz piaskowców. Górna seria gipsowa wypełniona jest ilowcami pstrymi, z przerostami i gniazdami gipsu. Serię ilasto-marglistą – przykrywającą różne ogniwa górnej serii gipsowej – zaliczono do retyku.

Na erozyjnej powierzchni utworów wapienia muszlowego leżą osady trzeciorzędowe i czwartorzędowe. Utwory trzeciorzędowe złożone są głównie z burowęglowej serii miocenińskiej, na której leżą ily pstre pliocenińskie. W spągowej partii trzeciorzędu leżą piaski mikowe pylaste, z przekładkami popielatych ilów. Osady czwartorzędowe to żwir, piaski i gliny morenowe.

W postwaryscyjskim rozwoju monokliny przedsudeckiej zaznacza się ciągle oddziaływanie tektoniki i reliefu paleomorfologicznego na rozwój sedymentów, przy czym wpływ reliefu słabnie w miarę jego wyrównywania przez sedymenty, a wpływ tektoniczny grzędy żarkowsko-rawicko-ostrzeszowskiej (jako zawiasu, wzdłuż którego następowało obniżenie się obszarów północnych), jak też wpływ grzędy kostrzyńsko-wolsztyńsko-gostyńskiej (jako elementu podniesionego), zachowuje się aż do dolnej jury.

Utwory osadowe czerwonego spągowca, wolno przybierające na miąższości ku S i szybko ku N, akcentują symetrię grzędy żarkowsko-rawicko-ostrzeszowskiej (ż-r-o). W miąższości utworów czerwonego spągowca i morfologii powierzchni podpermskiej wyraźnie zaznacza się niecka zielonogórska oraz grzęda kętrzyńsko-wolsztyńsko-gostyńska.

Skąły eruptywne środkowego poziomu czerwonego spągowca – genetycznie związane z liniami tektonicznymi waryscydów – wypełniają głównie zachodnią część niecki zielonogórskiej. Górny poziom czerwonego spągowca nie w pełni kompensuje kontrasty morfologiczne wywołane częściową erozją i eruptywami; wypełniając strefy największych obniżen osadami o największej miąższości.

W czasie sedymentacji cechsztyńskiej grzęda ż-r-o stanowiła przestrzeń wolną, oddzielającą S obszar o typie sedymentów płytkonerytycznego morza od strefy N,

niewielkiej, charakteryzującej się pełnym rozwojem cechsztynu salinarnego. Charakter osadów cechsztyńskich wskazuje, że sedymentacja w znacznym stopniu była uzależniona od morfologii oraz ruchów pionowych podłoża, odżywiających najprawdopodobniej przez cały okres cechsztyński, a na pewno na granicy pięter *stassfurt* i *leine*.

Ostateczne ukształtowanie się form strukturalnych i powierzchni denudacyjnej nastąpiło przed eocenem górnym – w mastrychcie i paleocenie.

Ujęcie całości pokrywy permsko-mezozoicznej w zakończeniu jej zróżnicowanego rozwoju w formy laramijskie spowodowało wyodrębnienie się wielu nowych, dużych jednostek strukturalnych, odmiennych od tych, które kształtowały dotychczasowy jej rozwój. Do jednostek tych należą:

- niecka północnosudecka,
- blok przedsudecki,
- peryklina Żar,
- monoklina przedsudecka, dzieląca się wzdłuż grzędy waryscyjskiej na północną i południową.

Deformacje tektoniczne permsko-mezozoicznego piętra strukturalnego są deformacjami nieciągłymi lub mieszanymi. Dyslokacje stwierdzone w czerwonym spągowcu wykazują przesunięcia w pionie w granicach 100–400 m. Bloki zrzucone przy dyslokacjach WNW-ESE znajdują się po stronie NNE, a przy dyslokacjach zbliżonych do południkowych – od strony zachodniej.

Wydzielona przez A. Tokarskiego monoklina przedsudecka, przy bliższym rozpoznaniu pokrywy permsko-mezozoicznej i podłoża podpermskiego, musiała ulec rozbiciu na szereg mniejszych jednostek, charakteryzujących się odmiennością budowy geologicznej. Zasadniczą granicę w podłożu podpermskim stanowi waryscyjska grzęda ż-r-o, która dzieli monoklinę na północną (z rozwiniętymi w pełni utworami salinarnymi cechsztynu) oraz południową (z mocno zredukowanymi utworami cechsztynu i przeważającymi strukturami typu orogenicznego, występującymi na pograżonych grzbietach epiwaryscyjskich).

Z uwagi na swoje podobieństwo genetyczne i styl budowy lokalnych struktur, północny obszar monokliny przedsudeckiej na północ od grzędy został zaliczony do obniżenia wielkopolskiego, a południowy – do strefy fałdowo-blokowej, jako jednostek I rzędu.

Złoże gazu ziemnego Załęcze znajduje się na terenie woj. dolnośląskiego w gminie Wąsosz. Zajmuje ono obszar 20,27 km²; pod względem morfologicznym w większości płaski, a tylko w części SW pagórkowaty. Nazwa złoża pochodzi od pierwszych odwiertów wykonanych w miejscowości Załęcze. Bezpośrednio po zakończeniu wierceń

przystąpiono tam do ich zagospodarowania i budowy kopalni. Wydobycie rozpoczęto w 1973 r. i prowadzono je dwoma odwiertami: Z-4 i Z-23. W kolejnych latach następował dynamiczny rozwój kopalni; podłączono nowe odwierty, wybudowano gazociągi kopalniane i systemowe oraz urządzenia niezbędne do odbioru gazu z odwiertów i przygotowania gazu do przesyłu. Ze względu na dużą wydajność kopalni, gazociągi przesyłowe wybudowano w kierunku Poznania, Wrocławia, Odolanowa oraz huty miedzi Cedynia w Orsku.

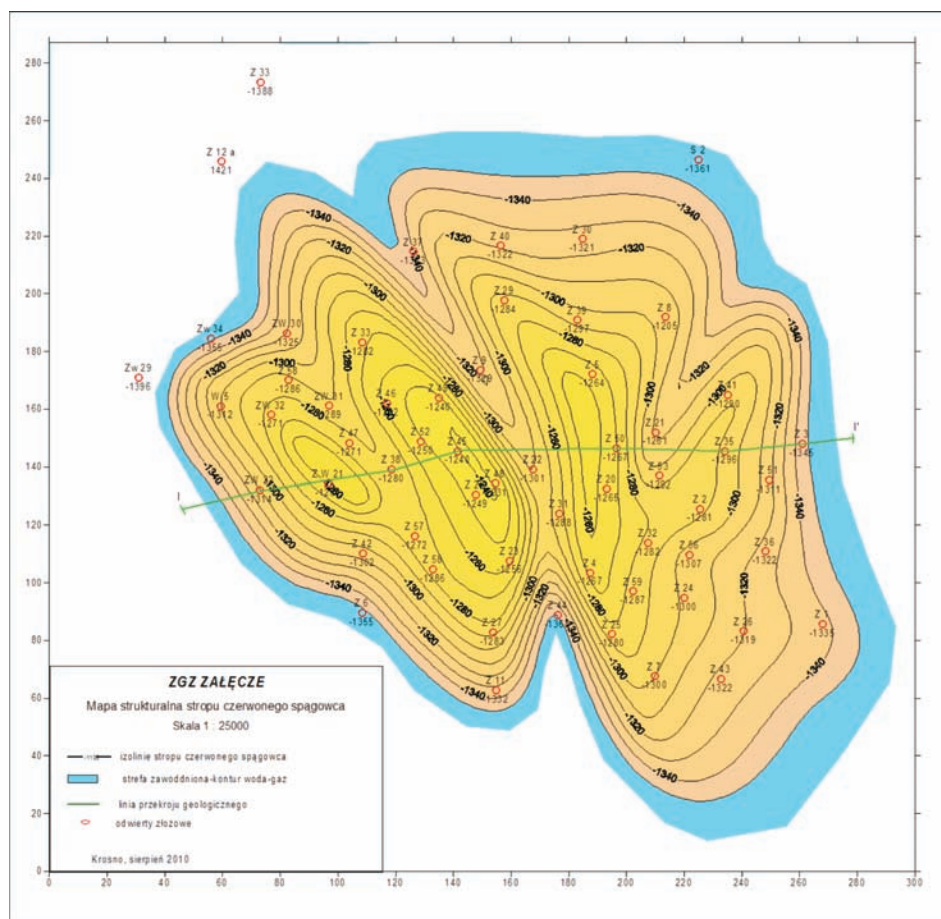
Podział utworów na podpiętro autuńskie i saksońskie oraz prześledzenie stref występowania utworów autunu wyraźnie uwidacznia obraz erozyjny powierzchni podpermskiej. W powierzchni tej zaznacza się nieckowata forma, z bardziej wciętą po środku doliną. Cały ten obszar, wykazujący w podłożu permskim morfologiczne obniżenie, znany jest jako niecka zielonogórska. Południowe skrzydło niecki przechodzi stopniowo w NE skłon bloku przedsudeckiego, a od strony NE nieckę ogranicza wyniesienie wolsztyńskie. W obecnym obrazie strukturalnym stropu saksonu, w osiowej partii niecki zielonogórskiej występuje ciąg brachyantyklinalnych wyniesień typu strukturalno-morfologicznego, w obrębie których odkryto złoża gazu ziemnego. Osady klastyczne czerwonego i białego spągowca przykryte są przez utwory wapienia podstawowego. W spągowej partii tych utworów występuje przeważnie seria łupków miedzionośnych. Wapień podstawowy składa się z facji węglanowo-teryogenicznej.

Złoża niecki zielonogórskiej charakteryzują się tym, że akumulacja gazu występuje w piaskowcowych osadach saksonu oraz w węglanowych osadach cechsztyńskiego wapienia podstawowego. Wykształcenie litologiczne utworów czerwonego spągowca i wapienia podstawowego decyduje o tym, czy w danym złożu skałami zbiornikowymi są obydwie poziomy geologiczne, czy tylko jeden z nich. Złoża tego rejonu są typu masowego, ale niektóre z nich w trakcie eksploatacji mogą zachowywać się jak złoża warstwowe. W złożach dominują ekspansyjne warunki

energetyczne, ale zaznacza się również napór wód złożowych podścielająco-okalających. Proces zawadniania się odwiertów jest zależny od budowy złóż, sposobu ich udostępnienia oraz reżimów eksploatacyjnych. Zgromadzone z okresu eksploatacji dane złożowe stanowią cenny zbiór informacji dla dokładnej oceny warunków złożowych.

Złoże Załącze występuje w rejonie monokliny przedsudeckiej, w obrębie obniżenia waryscyjskiego piętra strukturalnego – zwanego niecką zielonogórską. Niecka wypełniona jest osadami czerwonego spągowca, których miąższość w rejonie złoża przekracza 300 m. Utwory czerwonego spągowca reprezentowane są przez piaskowce. Nad utworami saksonu zalega seria utworów anhydrytowo-solnych cechsztynu, o miąższości 280÷300 m. Wyżej występują utwory triasu, o miąższości ok. 800 m, z czego ponad 520 m to utwory piaskowcowo-łupkowe, a ok. 270 m stanowią utwory marglisto-wapienne. Utwory triasowe sięgają do ok. 280 m od powierzchni, a przykryte są piaskowcowo-łupkowymi osadami trzecio- i czwartorzędowymi.

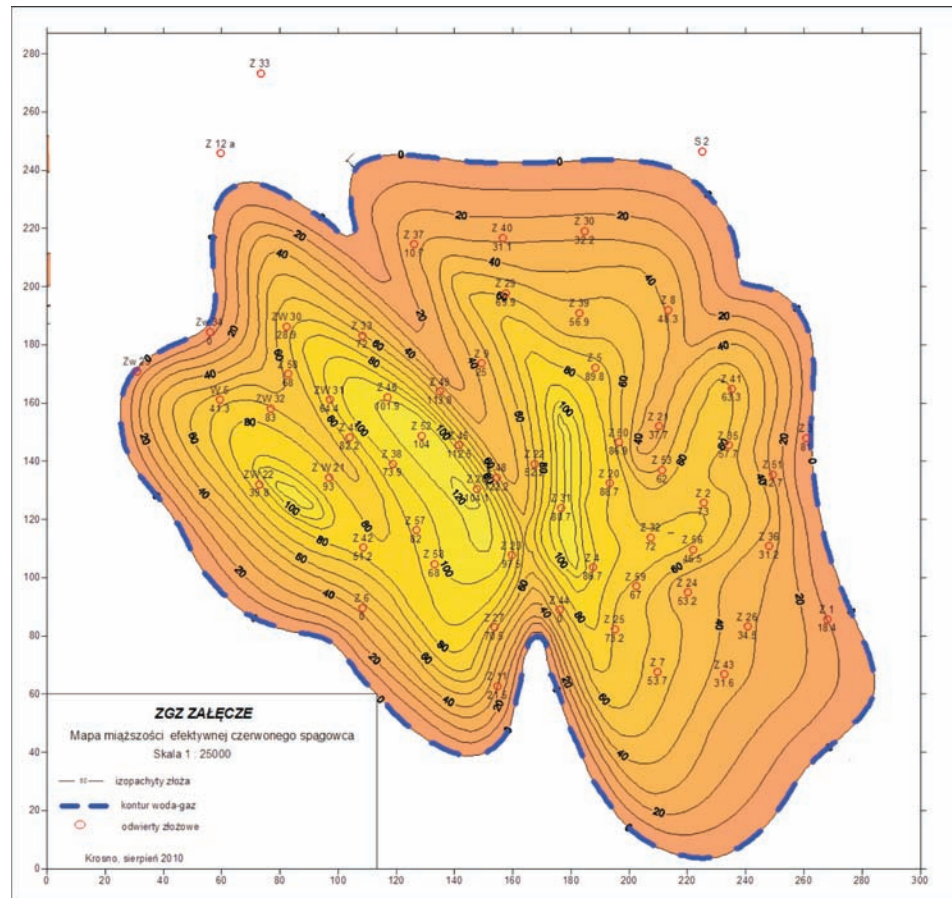
Skałami zbiornikowymi złoża są piaskowce czerwonego spągowca, które budują strukturalno-morfologiczne wyniesienie w formie nieregularnej brachyantykliny o wymiarach 13,5 × 10 km. Akumulacja gazu występuje w najwyższej części struktury i sięga do izobaty –1354 m, tj. do poziomu



wód podścielających. Najwyższa część struktury znajduje się na głębokości 1232 m, a zatem wysokość złoża wynosi 122 m. Wysokość struktury jest większa – wynosi ok. 140 m i zamyka się od strony W izohipsą (-1375 m). Złoże gazu Załęcze jest typu masywowego, ekranowane od stropu anhydrytowo-solnymi utworami cechsztynu, natomiast od dołu na całej powierzchni podścielone jest wodami złożowymi. Bezpośrednio na skałach zbiornikowych zalega poziom wapieni cechsztyńskich miąższości 4÷7 m (nie posiadający cech kolektorskich), a na nich – gruby na ok. 280 m kompleks anhydrytowo-solny cechsztynu, stanowiący ekran dla złoża. 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 sedimentacji rzecznej, sedimentacji w zbiornikach wód śródlądowych oraz działalności eolicznej. Pod

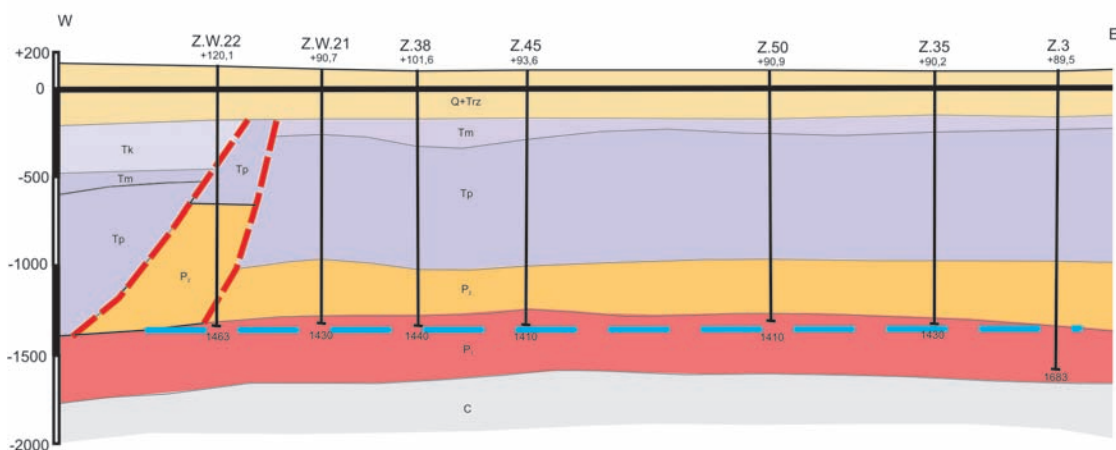


Złoże gazu ziemnego

ZAŁĘCZE

Przekrój geologiczny poprzeczny

1 : 25000



Objaśnienia:

Q+Trz Czwartorzęd + trzeciorzęd
Tk Kajper
Tm Wapień muszlowy

Tr Piaskowiec
P₁ Cechsztyń
C Czerwony spągowiec - sakson

C Karbon
— Uskok
— Kontur woda-gaz

względem litologiczno-facjalnym, osady saksonu wyraźnie różnią się od 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. Barwa tych piaskowców jest przeważnie brunatno-czerwona. Spoiwo jest zróżnicowane pod względem składu mineralnego; zdecydowanie przeważa spoiwo ilaste i ilasto-żelaziste. Zlepieńce występujące wśród piaskowców są barwy brunatno-czerwonej. Materiałem detrytycznym są okruchy skał, kwarc i skalenie. Spoiwo w zlepieńcach jest typu właściwego. Mułowce i iłowce – występujące w postaci wkładek i przewarstwień wśród piaskowców i zlepieńców – są barwy ciemnobrunatnej. Tworzą one najczęściej cienkie warstewki i laminy, podkreślając warstwowość tych osadów. Najwyższą, stropową część osadów saksonu tworzą utwory piaskowcowe o zabarwieniu jasnoszarym i szarym, zwanym „białym spągowcem”. Utwory białego spągowca występują w obrębie prawie wszystkich złóż; jeśli nie na całym obszarze, to przynajmniej częściowo. Piaskowce te posiadają spoiwo ilasto-węglanowe, a także ilasto-krzemionkowe.

W cechsztyńskim wapieniu podstawowym, w spągowej partii występuje przeważnie seria łupków miedzionośnych. Miąższość ich nie jest duża i waha się od 0,1 do 2,0 m. Utwory wapienia podstawowego na obszarze niecki zielonogórskiej występują w trzech zasadniczych facjach:

- I facja: węglanowo-teryogeniczna,
- II facja: dolomitów i wapieni masywnych,
- III facja: węglanowo-mułowcowa.

Główne składniki mineralogiczne budujące utwory wapienia podstawowego to dolomit, kalcyt oraz anhydryt (czasami nieznaczne domieszki stanowi też kwarc oraz minerały ilaste). W oparciu o analizy rentgenowskie skał można zauważyć, że kalcyt występuje praktycznie tylko w stropowej partii utworów, zaś poniżej pojawia się w znikomych ilościach, lub nie pojawia się wcale. Dolomit jest minerałem dominującym praktycznie w całym przekroju wapienia podstawowego. Uwagę zwraca także powszechność występowania anhydrytu, będącego ważnym składnikiem wapienia podstawowego. Odgrywa on ważną rolę w kształtowaniu się właściwości kolektorskich. Naturalne predyspozycje anhydrytu do dobrej łupliwości i rozpadu powodują, że w skałach dolomitowych z gniazdami anhydrytowymi

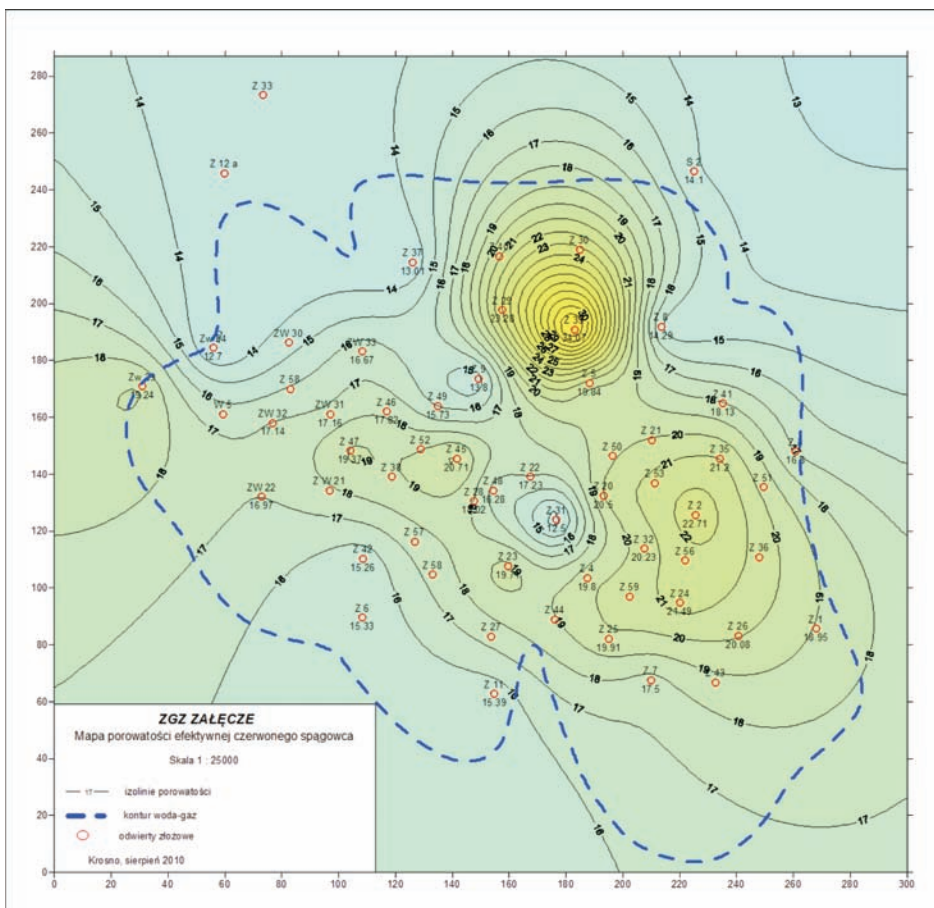
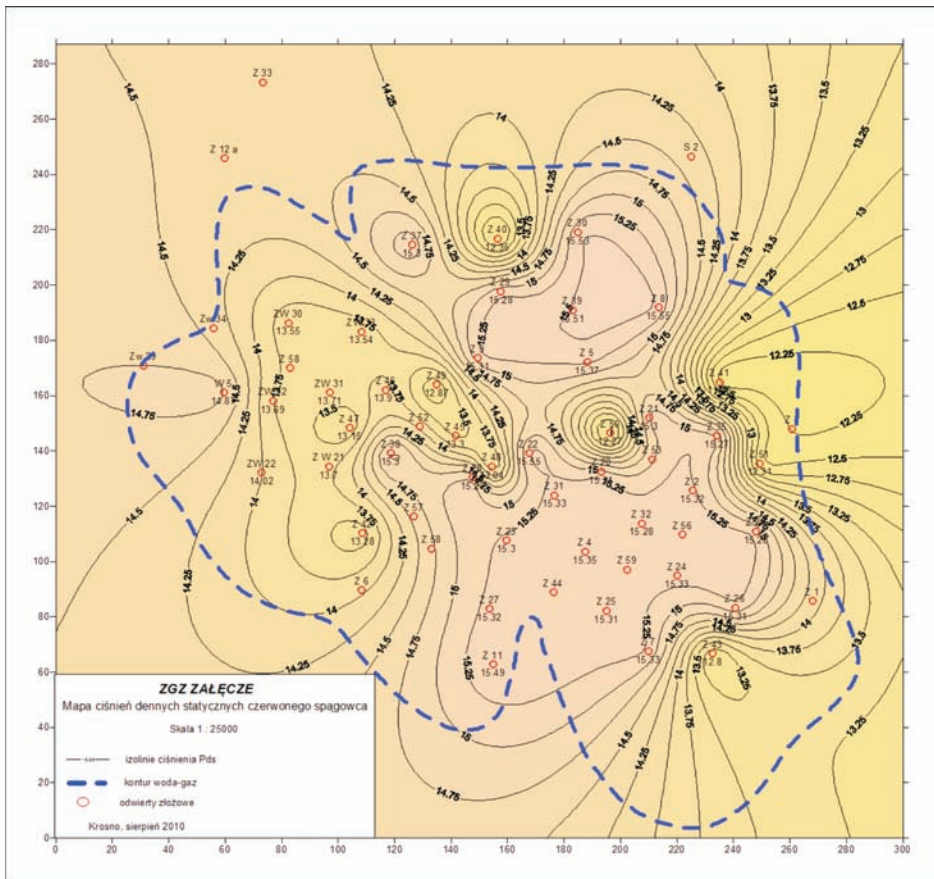
obserwuje się liczne szczeliny i mikroszczeliny. Utwory wapienia podstawowego charakteryzują się wykształceniem węglanowym w postaci wapieni i dolomitów beżowych oraz szaro-beżowych, twardych, spękanych, sporadycznie silnie porowatych, onkolitowych, z wtrąceniami i przerostami anhydrytu. Od góry osady wapienia podstawowego ekranują wyższe poziomy cyklotemu *werra*, wykształcone w postaci anhydrytów i soli. Charakter strukturalny poziomu wapienia podstawowego można uważać za zbliżony do obserwowanego w poziomie czerwonego spągowca.

Skałami zbiornikowymi złoża Załęcze są piaskowce pochodzenia eolicznego – jedynie stropowa część powstała w środowisku morskim, w czasie transgresji cechsztyńskiej. Są to przeważnie piaskowce drobno- i średnioziarniste, o spoiwie ilastym, żelazistym, węglanowym lub kwarcowym. Barwa ich jest brunatno-czerwona, a jedynie w stropowej części piaskowców jasnoszara. Piaskowce są średnio- lub słabo zwięzłe, niekiedy kruche i rozsypliwe.

W świetle badań laboratoryjnych, właściwości fizyczne skał zbiornikowych przedstawiają się korzystnie. Porowatość piaskowców oznaczona była na próbkach pobranych z 42 odwiertów, a wyniki mieszczą się w przedziale 11,37÷30,07%; średnio 18,5%. Z interpretacji pomiarów geofizycznych z 24 otworów uzyskano średnie porowatości w granicach 9,2÷23,4%; średnio dla złoża 19,27%. Badania przepuszczalności wykonano na 278 próbkach – uzyskano wyniki w granicach 0,05÷128,6 mD; z tym, że większość wyników mieściła się w granicach 40÷128 mD. Nasycenie porów gazem oznaczono na podstawie pomiarów geofizycznych. Średnia ważona wartość tego współczynnika wynosi 0,684.

Skałami ekranującymi złoża są anhydryty i sole cyklotemu *werra* o miąższości od 122÷249 m. Bezpośrednio na skałach zbiornikowych zalega warstwa łupków miedzionośnych o miąższości do 2 m, a na niej – wapienie cechsztyńskie o miąższości 5,5÷7,0 m, o bardzo niekorzystnych właściwościach zbiornikowych. Nad wapieniami występują anhydryty o miąższości 19,5÷99,5 m oraz sole kamienne o miąższości 2,0÷183,0 m i ponownie anhydryty, o miąższości 16,5÷46,5 m. Skały te nie były badane laboratoryjnie, ale z ogólnych informacji wiadomo, że charakteryzują się bardzo dobrymi cechami izolacyjnymi.

Warunki hydrogeologiczne i energetyczne złoża rozpoznane zostały w wyniku wykonanych wierceń oraz eksploatacji złoża. Na podstawie danych wiertniczych, na głębokości 1354 m ppm udokumentowano występowanie wód podścielających złoża. Wyniki dotychczasowej eksploatacji potwierdzają przemieszczanie się wód złożowych do strefy gazowej. Potwierdzeniem tego zjawiska



jest spowolnienie tempa spadku ciśnienia złożowego w stosunku do ilości wydobywanego gazu; począwszy od 1988 r., kiedy to ciśnienie złożowe wynosiło 7,02 MPa. W toku eksploatacji, w kilku otworach leżących w strefie konturowej nastąpił wzrost wykładników wodnych, co również potwierdza zjawisko ruchu wód złożowych. Z oceny dotychczasowej eksploatacji wynika, że do roku 1987 w złożu panowały warunki ekspansyjne, a od 1988 występuje również napór wód złożowych. Początkowe ciśnienie złożowe wynosiło 15,05 MPa, a temperatura – 320 K.

Gaz ziemny występujący w złożach niecki zielonogórskiej, w tym w złożu Załęcze, jest gazem metanowym, zaazotowanym. 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.

Wody nasycające piaskowce saksonu i wapień cechsztyński w obszarze niecki zielonogórskiej posiadają (w obrębie tych samych struktur) jednakowy skład chemiczny – są to silnie zmineralizowane solanki. W całym obszarze niecki zielonogórskiej ich skład chemiczny jest zbliżony; są to solanki chlorkowo-sodowo-wapniowe, które według klasyfikacji W.A. Sulina, zmodyfikowanej przez Bojarskiego, należy zaliczyć do klas IV÷VI. Poza głównymi składnikami, jakimi są Na^+ i Ca^+ , występują również (ale w znacznie mniejszej ilości) Mg^{++} i Fe^{++} . Zarówno ilość Mg^{++} , jak i Fe^{++} jest bardzo

zróznicowana. Wody złożowe są wysoko zmineralizowanymi solankami, o mineralizacji 261,6 g/dm³.

Odkrycie złoża Załęcze nastąpiło w 1971 r. odwiertem Załęcze-2. W 1972 r. odwiercono 8 otworów. W latach 1973–1974 odwiercono 20 otworów eksploatacyjnych, z których jeden okazał się negatywny. W latach 1977–1979 nastąpiła rozbudowa kopalni, w ramach której odwiercono 17 otworów eksploatacyjnych. W oparciu o wyniki tych otworów dokładnie rozpoznana została budowa przestrzennej złoża. W latach 1984–1986 dowieziono 6 otworów, celem powstrzymania spadku wydobywania gazu. Ogółem na przestrzeni lat na złożu odwiercono 55 odwiertów z produkcją gazu. Eksploatację złoża rozpoczęto w 1973 r. i jest ona prowadzona w warunkach ekspansyjnych. Aktualnie eksploatowanych jest (samoczynnie oraz przy pomocy środków pianotwórczych) 40 odwiertów. Używane środki są elementem wspomagającym wynoszenie wody ze spodu odwiertu. Rozkład ciśnień na złożu oraz kolejność odwiertów, których eksploatacja została zakończona wykazuje na dużą prawidłowość zachowania na przestrzeni wieloletniej eksploatacji. Odwierty, na których zakończono eksploatację są odwiertami skrajnymi złoża. Prowadzone analizy parametrów złożowych dowodzą właściwej eksploatacji złoża – poprzez odpowiedni dobór wydatków poszczególnych odwiertów, ustalanych corocznie podczas pomiarów produkcji potencjalnej. Przestrzeganie reżimów i korygowanie wydobywania na podstawie analiz wód złożowych, a także wyliczeń dopuszczalnych spadków ciśnień oraz bieżącej kontroli ciśnień pozwala prowadzić racjonalne wydobywanie.

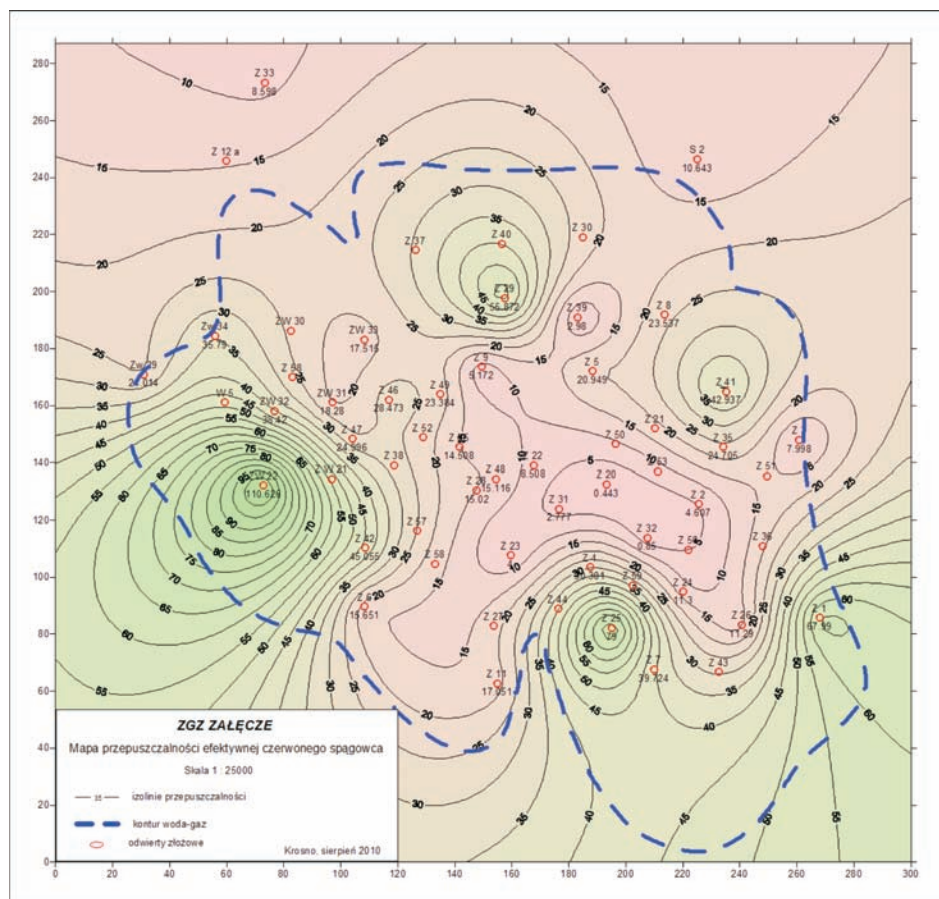
W wyniku długotrwałej eksploatacji gazu ziemnego ciśnienie złożowe w naturalny sposób obniża się, osiągając wartość uniemożliwiającą przesyłanie gazu z kopalni do gazociągów przesyłowych. Zadaniem tłoczni gazu jest więc odbiór gazu z kopalni i sprężenie go do wymaganego ciśnienia, tj. 6,4 MPa, a następnie skierowanie do gazociągów przesyłowych. Całość sprężanego gazu przesyłana jest – poprzez główny węzeł pomiarowy kopalni gazu – do gazocią-

gu przesyłowego i dalej kierowana do odbiorcy – KRIO w Odolanowie.

Zasoby gazu w złożu Załęcze obliczone zostały dwiema metodami: bilansu mas i objętościową. Z obydwu metod uzyskano zbliżone wyniki. Początkowe zasoby gazu wynosiły 20 400,0 mln nm³ i zostały zatwierdzone przez Centralny Urząd Geologii decyzją z dnia 14 maja 1981 r. (znak: KZK/012/M/4139/80/81). Do 31 grudnia 1992 r. ze złoża wydobyto 14,023 mld m³ gazu, zatem stan zasobów w dniu 1 stycznia 1993 r. wynosił 6,377 mld m³. W 2008 r. zasoby wydobywalne na złożu wynosiły 1552,53 mln m³; przemysłowe – 1144,78 mln m³, a wydobywanie – 206,11 mln m³.

Przydatność struktur złóż ropy naftowej i gazu ziemnego pod kątem możliwości składowania w nich CO₂ oceniono pod kątem spełniania następujących kryteriów:

1. kryterium strukturalne: obiekt powinien stanowić pułapkę strukturalną lub stratygraficzną, odpowiednio wyniesioną ponad swoje otoczenie, aby mogła ona uzyskać odpowiednią pojemność magazynową,
2. kryterium zbiornikowe: skały zbiornikowe muszą posiadać odpowiednią porowatość i przepuszczalność, aby zapewnić odpowiednią pojemność i wydajność magazynu,



3. kryterium szczelności: zbiornik magazynowy powinien być przykryty od góry skałami nieprzepuszczalnymi, aby zapewnić odpowiednie uszczelnienie,
 4. kryterium głębokości: zbiornik magazynowy powinien znajdować się na odpowiedniej głębokości, aby zapewnić odpowiednie ciśnienie i pojemność zatłaczanego CO₂.
- Złoże gazu ziemnego Załączce spełnia wszystkie te kryteria. Ponadto starano się obliczyć możliwe do osiągnięcia parametry magazynowania gazu przy buforowym CO₂; wyglądają one następująco:

- zakres ciśnień pracy magazynu: pierwotne ciśnienie złożowe wynosiło 15,05 MPa; biorąc pod uwagę warunki złożowe, eksploatacyjne i techniczno-ekonomiczne, ocenia się, że optymalnym przedziałem było-

by 7,0÷15,0 MPa; ze względów złożowych przedział ten mógłby być rozszerzony maksymalnie od 6,0 do 16,0 MPa,

- pojemność magazynu: w przedziale ciśnień 7÷15 MPa pojemność czynna (*V_a*) wynosiłaby 9500 mln m³, a pojemność buforowa (*V_b*) – 7700 mln m³,
- potencjalna pojemność do zatłaczania CO₂: 82,88 mln ton,
- wydajność „średniego” odwiertu: opierając się na danych złoża; średnia wydajność 1 odwiertu w zależności od depresji, w przedziale ciśnień 7÷15 MPa, przedstawiałaby się następująco:
 - a) przy depresji 3 MPa: 14 tys. m³/h,
 - b) przy depresji 3,5 MPa: 15,3 tys. m³/h.

Artykuł nadesłano do Redakcji 24.09.2010 r. Przyjęto do druku 11.10.2010 r.

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 „Geonafita”, Warszawa 1982.
- [2] Dahlberg E.C.: *Applied Hydrodynamics in Petroleum Exploration*. Springer-Verlag, N. York, Berlin, Heidelberg, London, Paris, Tokyo, Hong Kong, Barcelona, Budapest.
- [3] Dokumentacje geologiczne złóż gazu ziemnego Załączce.
- [4] Dudek J. i in.: *Regionalne badania warunków akumulacji hydrogeologicznych i energetycznych czerwonego spągowca*. Arch. INiG, Kraków 1985.
- [5] Dudek J. i in.: *Rozpoznanie warunków akumulacji gazu w nowozagospodarowanych złożach gazowych czerwonego spągowca w basenie permskim*. Arch. INiG, Kraków 1990.
- [6] Karnkowski P., Krzysztofowicz S., Solak M.: *Podcechsztyńska budowa geologiczna basenu permskiego*. Kwartalnik Geologiczny, 4, Warszawa 1978.
- [7] Karnkowski P.: *Złoża gazu ziemnego i ropy naftowej w Polsce*. Niż Polski. Geos, AGH, Kraków 1993.
- [8] Parczewski Z., przy współpracy ekspertów z PGNiG S.A.: *Wstępna ocena potencjalnych możliwości magazynowania CO₂ we wglębnych strukturach geologicznych, z uwzględnieniem uwarunkowań produkcji gazu ziemnego oraz MG w Polsce w horyzoncie 2030 roku*. Praca w raporcie 2030 „Wpływ proponowanych regulacji unijnych w zakresie wprowadzania europejskiej strategii rozwoju energetyki wolnej od emisji CO₂ na bezpieczeństwo energetyczne Polski, a w szczególności możliwości odbudowy mocy wytwórczych wykorzystujących paliwa kopalne oraz poziom cen energii elektrycznej”, 19.06.2008.
- [9] Pożarski W.: *Budowa geologiczna waryscydów w Polsce*. Instytut Geologii, Biuletyn, 252, 1970.
- [10] Such P.: *Model fizyczny przestrzeni filtracji basenu czerwonego spągowca*. Prace INiG nr 88, Kraków 1996.
- [11] Such P.: *Studium badań przestrzeni porowej skał dla potrzeb geologii naftowej*. Prace INiG nr 104, Kraków 2000.
- [12] Szurek J.: *35 lat eksploatacji na Załączcu*. Szejk – czasopismo PGNiG S.A. Oddział w Zielonej Górze, 1(93), 2008.
- [13] Zawisza L. i in.: *Hydrodynamiczne modelowanie basenów osadowych na przykładzie basenów naftowych Polski*. AGH, Kraków 1995.
- [14] Zawisza L., Jucha S., Kulczyk T., Żołnierczuk T.: *Ocena hydrodynamiczna złóż gazu ziemnego Lipowiec, Żuchłów, Góra-Wroniniec*. Gosp. Surow. Min. t. 8, z. 3–4, 1992.
- [15] Zawisza L., Piesik-Buś W.: *Hydrodynamiczne modelowanie basenów osadowych na przykładzie basenu permskiego monokliny przedsudeckiej*. Wiertnictwo Nafta Gaz, 22/1, Kraków 2005.
- [16] 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, Richardson, USA, 1986.
- [17] Zawisza L.: *Warunki hydrodynamiczne dla akumulacji węglowodorów w karbonie i dewonie synklinorium lubelskiego*. PAN, Prace Geol. nr 134, 1988.



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.